

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского**

**Инженерный факультет
Кафедра “Технический сервис и общепрофессиональные дисциплины”**

В.А. Беломестных

Надежность технических систем

Учебное пособие

Молодежный 2021

УДК. 631.3.004.67.192

Б 435

Б 435 Беломестных В.А. Надежность технических систем: учебное пособие / В.А. Беломестных. – Иркутск : ИрГАУ , 2021. – 104 с.

Рекомендовано к печати научно-методическим советом инженерного факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (протокол № от 2021 г.)

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент Г.Н. Поляков, кафедра “Технического обеспечения АПК”; кандидат технических наук, доцент П.И. Ильин, кафедра “Эксплуатации МТП, БЖД и ПО” инженерного факультета.

Учебное пособие содержит рекомендации студентам для изучения программы курса и выполнения контрольной работы по дисциплине «Надежность технических систем». В пособии дана краткая программа предмета, рассмотрены вопросы теории надежности и показатели надежности ремонтируемых объектов, методы оценки надежности с вопросами для самопроверки.

Пособие предназначено для изучения дисциплины и выполнения контрольной работы студентами очного и заочного обучения по направлению подготовки 35.03.06 - «Агроинженерия».

© Беломестных В.А., 2021

© Издательство ИрГАУ, 2021

1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель и задачи дисциплины “Надежность технических систем”

Целью изучения дисциплины является приобретение студентами знаний, навыков по осуществлению мероприятий, направленных на поддержание и восстановление работоспособности и ресурса транспортных технологических машин и комплексов.

Надежность является важнейшим технико-экономическим показателем качества любого технического устройства. Отказы машин и комплексов в процессе эксплуатации наносят значительный ущерб народному хозяйству.

Изучая дисциплину, студент должен знать основы надежности и причины возникновения неисправностей машин, методы их предупреждения, выявления и устранения; производственный процесс ремонта машин и оборудования; современные технологические процессы восстановления деталей; конкретную технологию ремонта тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин, оборудования для механизации животноводческих ферм; основы управления качеством ремонта машин; основы организации ремонта машин и проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий, а также правила безопасной работы при ремонте машин.

Он должен уметь определить основные показатели надежности технических объектов с применением математических методов; ана-

лизировать показатели надежности сельскохозяйственной техники и разрабатывать мероприятия по ее повышению.

Дисциплину рекомендуется изучать в порядке, установленной программой и методическими указаниями. Поскольку дисциплина “Надежность технических систем” является профилирующей для данной специальности, включает в себя наряду с теоретическими вопросами значительную часть и практических вопросов, то при освоении материала рекомендуется пользоваться учебной литературой, но и посещать ремонтные предприятия.

В межсессионный период студент выполняет одну контрольную работу.

На лабораторно-экзаменационной сессии студенты сдают зачет.

При возникновении трудностей по изучению отдельных вопросов дисциплины и при выполнении контрольной работы студенту рекомендуется обращаться (лично или письменно) за консультацией на кафедру “Технический сервис и общепромышленные дисциплины”, Иркутского ГАУ.

1.2 Библиографический список литературы

При выполнении заданий и усвоения курса “Надежность технических систем” рекомендуется ознакомиться со следующими литературными источниками:

1. С.И. Малафеев Надежность технических систем. Примеры и задачи : учеб. пособие для вузов : / С. И. Малафеев, А. И. Копейкин, 2012. – 313 с.
2. В.В. Курчаткин и др. Надежность и ремонт машин/В.В. Курчаткин, Н.Ф.Тельнов, К.А. Ачкасов и др. – М: Колос, 2000. – 776с.
3. В.А. Острейковский Теория надежности : учеб. для вузов : рек. УМО / В. А. Острейковский, 2008. – 463 с.
4. ГОСТ 27.002. – 89. Надежность технике. Термины и определения.
5. А.С. Васильев, А.М. Дальский и др. Технологические основы управления качества машин – М: Машиностроение, 2003. – 256 с.
6. И.М. Жарский, И.Л. Баршай, Н.А. Свидунович, Н.В. Свиридонов Технологические методы обеспечения надежности деталей машин – Минск: Высшая школа, 2005. – 299 с.

1.3 Содержание дисциплины

Дисциплина “Надежность технических систем” включает 6 разделов

Таблица 1 – Содержание разделов дисциплины

«Надежность технических систем»

№ разделов	Наименование разделов и тем курса
1	Надежность и теоретические основы ремонта машин 1.1. Основные понятия и определения надежности 1.2. Оценочные показатели надежности 1.3. Физические основы надежности машин
2	Математические методы определения показателей надежности 2.1. Показатели надежности неремонтируемых объектов 2.2. Теоретические распределения наработки до отказа 2.3. Сбор статистической информации о надежности объекта 2.4. Методы расчета показателей надежности технических систем
3	Анализ надежности невосстанавливаемых систем 3.1. Надежность нерезервированных систем 3.2. Надежность резервированных систем 3.3. Надежность систем при общем и раздельном резервировании 3.4. Надежность резервированных систем, защищенных от одного отказа

Продолжение таблицы 1

4	<p>Анализ надежности восстанавливаемых систем</p> <p>4.1. Анализ надежности восстанавливаемых систем</p> <p>4.2. Расчет надежности восстанавливаемых систем</p> <p>4.3. Расчет резервированных восстанавливаемых систем</p> <p>4.4. Дублированная система с постоянно включенным резервом</p>
5	<p>Методы обеспечения и повышения надежности техники</p> <p>5.1. Классификация методов</p> <p>5.2. Методы обеспечения и повышения надежности техники в процессе проектирования</p> <p>5.3. Обеспечение надежности техники в процессе производства и эксплуатации</p> <p>5.4. Свойства структурного резервирования</p> <p>5.5. Влияние резервирования на интенсивность отказов системы</p>
6	<p>Научные методы эксплуатации техники</p> <p>6.1. Способы поддержания надежности техники в процессе ее технической эксплуатации</p> <p>6.2. Профилактика и ее эффективность</p>

2 КРАТКАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Надежность машин, как объективная необходимость для поддержания и восстановления работоспособности, ресурса машин и prolongation срока их службы. Научно-технический прогресс и перспективы развития ремонта машин и восстановления изношенных деталей. Роль отечественных ученых в развитии науки о надежности и ремонте машин.

Надежность технических систем как наука о причинах нарушения, поддержания и восстановления работоспособности и ресурса машин.

2.1 Надежность и теоретические основы ремонта машин

2.1.1 Основные понятия и определения теории надежности и ремонта машин. Понятие о качестве и надежности машин. Изделие, система, элемент, объект. Техническое состояние объекта: исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное, предельное. Понятие о дефекте, неисправности, отказе. Восстанавливаемые и невосстанавливаемые, ремонтируемые и неремонтируемые объекты. Понятие о ремонте, ресурсе, наработке.

Структура надежности. Безотказность. Классификация отказов. Долговечность. Ремонтпригодность. Сохраняемость.

2.1.2 Оценочные показатели надежности с.х. техники

Единичные и комплексные, расчетные, экспериментальные, групповые и индивидуальные показатели надежности.

Единичные показатели безотказности, долговечности, ремонтно-пригодности, сохраняемости.

Комплексные показатели надежности.

2.1.3 Физические основы надежности машин

Причины нарушения работоспособности машин.

Трение и смазка деталей машин. Классификация видов трения и смазки, их характеристики. Понятие об изнашивании и износе. Классификация видов изнашивания и их физическая сущность. Характеристики и закономерности изнашивания.

Усталостное разрушение деталей машин.

Другие виды повреждения деталей: ухудшение физико-механических свойств материала деталей, коррозия, накипь и др.

Предельные значения износов и повреждений. Критерий и методы обоснования предельного состояния деталей, соединений, агрегатов и машин. Допускаемые при ремонте значения износов и повреждений и методы их обоснования.

2.1.4 Методы определения показателей надежности.

Сбор статистической информации о надежности с.х. техники.

Методика обработки полной информации. Проверка информации на выпадающие точки. Графическое изображение опытного распределения. Выбор теоретического закона распределения и определения его параметров. Расчет дифференциальной и интегральной функ-

ций. Доверительные границы рассеивания показателей надежности. Абсолютная и относительная ошибка расчета.

Графические методы обработки информации по показателям надежности.

2.1.5 Надежность сложных систем.

Надежность типовых элементов машин: валов, соединений с натягом, сварных и резьбовых соединений, зубчатых и клиноременных передач, подшипников качения и скольжения, предохранительных муфт.

Надежность сложных систем. Вероятность безотказной работы системы с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов. Резервирование.

2.2 Основные понятия и определения в теории надежности

2.2.1 Основные понятия и определения

Понятие о производственном и технологическом процессах. Общая схема и особенности технологического процесса ремонта машин по сравнению с их изготовителем.

Приемка объектов в ремонт и хранение.

Подготовки машин и агрегатов к ремонту. Предремонтное диагностирование. Приемка объектов в ремонт. Технические требования на приемку машин в ремонт.

2.2.2 Очистка объектов ремонта

Виды и характеристики загрязнений. Сущность очистки от различных загрязнений. Характеристика моющих средств: органических

растворителей и растворяюще–эмульгирующих средств, кислотных и щелочных растворов, синтетических моющих средств и др. Классификация способов очистки.

2.2.3 Разборка машин и агрегатов

Последовательность разборки машин. Общие правила разборки машин. Способы разборки различных соединений. Особенности разборки при обезличенном и не обезличенном ремонте машин.

2.2.4 Дефектация деталей

Понятие о дефектации и составлении ведомости дефектов. Требования на дефектацию деталей. Способы определения технического состояния деталей. Методы обнаружения скрытых дефектов.

2.2.5 Комплектование деталей

Сущность и задачи комплектования. Методы комплектования деталей. Технические требования на комплектование деталей.

2.2.6 Балансировка восстановленных деталей и сборочных единиц.

Причины возникновения дисбаланса вращающихся деталей и его влияние на безотказность и долговечность агрегатов и машин. Назначение, виды балансировки, их сущность и области применения.

2.2.7 Сборка, обкатка и испытание объектов ремонта

Последовательность и общие правила сборки соединений, агрегатов и машин. Особенности сборки подвижных, неподвижных, резьбовых, шпоночных, шлицевых и других соединений. Особенности сборки и регулировки зубчатых, цепных, ременных и других передач. Сборка и регулировка с.-х. машин. Назначение и сущность обкатки агрегатов и машин.

2.2.8 Окраска и антикоррозионная обработка машин

Назначение и технология окрасочных работ. Подготовка поверхностей к окраске. Способы окраски и сушки лакокрасочных покрытий. Классификация лакокрасочных материалов, особенности их выбора и применения.

2.3 Оценочные показатели надежности

2.3.1 Основные понятия и классификация способов восстановления

Основные понятия. Классификация способов восстановления деталей машин.

2.3.2 Восстановление деталей слесарно-механическими способами

Восстановление соединений регулировкой и перестановкой деталей, сущность перекомпоновки, методов ремонтных размеров и установки дополнительных ремонтных деталей, Методика расчета ремонтных размеров.

2.3.3 Восстановление деталей пластическим деформированием

Сущность пластического деформирования. Классификация способов пластического деформирования. Сравнительный анализ и области применения способов.

2.3.4 Восстановление деталей сваркой и наплавкой

Классификация способов сварки и наплавки. Теоретические основы сварочных процессов. Применение газовой сварки при ремонте машин. Дуговые методы сварки и наплавки. Ручная и механи-

зированная сварка и наплавка в среде защитных газов, под слоем флюса, порошковыми проволоками и т. д. Бездуговые методы нанесения металлов. Электроконтактная приварка металлического слоя. Достоинства и недостатки, области применения.

Контроль качества и пути совершенствования процессов.

2.3.5 Восстановление деталей напылением.

Сущность напыления. Классификация способов напыления.

Сущность процессов технология, оборудование материалы, достоинства и недостатки, области применения. Методы напыления без осаждения, с одновременным и последующим осаждением.

2.3.6 Восстановление деталей гальваническими и химическими покрытиями. Сущность, основные закономерности. Классификация способов химического и электрохимического осаждения материалов. Виды и назначение покрытий. Способы получения химических и электрохимических покрытий. Методы нанесения покрытий. Особенности нанесения различных металлов: хрома, железа, меди, цинка и т.д. Особенности охраны труда и обеспечения экологической безопасности.

2.3.7 Применение полимерных материалов при ремонте машин

Классификация, основные свойства и области применения полимерных материалов при ремонте машин.

Технологии заделки трещин и пробок. восстановления неподвижных соединений и т.д.

Технологии склеивания, герметизации неподвижных и подвижных соединений, стопорения резьбы.

2.3.8 Применение пайки и ремонте машин

Сущность пайки и области ее применения. Классификация методов пайки. Виды припоев и флюсов их выбор при пайке черных и цветных металлов.

2.3.9 Восстановление деталей машин химико-термической обработкой.

Изменение линейных размеров деталей при химико-термической обработке. Сущность диффузионной металлизации. Классификация покрытий, за физико-механические свойства: твердость, износостойкость и т.д.

2.3.10 Другие способы восстановления деталей

Заделка трещин фигурными вставками. Ремонт резьбовых соединений постановкой спиральных вставок и другими способами.

2.3.11 Упрочнение восстановленных деталей машин

Назначение и классификация способов упрочнения деталей машин. Объемное поверхностное упрочнение. Физические и химические способы. Термические, химико-термические и термомеханические способы упрочнения, пластическое деформирование.

2.3.12 Особенности механической обработка восстановленных деталей

Особенности обработки деталей: отсутствие или повреждение баз, ограниченные значения пропусков, особенности структуры и свойств изношенных и восстановленных поверхностей. Выбор и создание установочных баз. Обработка деталей после наплавки, с напыленными и гальваническими покрытиями.

2.3.13 Технологии восстановления типовых деталей

Номенклатура классов и групп деталей машин. Характерные дефекты и способы устранения их у типовых деталей: корпусные детали, валы, коленчатые и распределительные валы, цилиндры и гильзы цилиндров. шатуны шестерни, клапаны, пружины, резьбовые соединения и другие детали.

2.4 Физические основы надежности машин

2.4.1 Ремонт двигателей

Влияние износов деталей и соединений двигателя. На его технико-экономические показатели. Характерные дефекты ремонт деталей и сборочных единиц цилиндропоршневой группы. кривошипно-шатунного механизма, газораспределительного механизма, смазочной и охлаждающей систем. Особенности комплектования, сборки, регулировки, обкатки и испытания.

2.4.2 Ремонт агрегатов и механизмов трансмиссии и ходовой части автомобилей, тракторов и с-х. машин

Характерные дефекты агрегатов и механизмов. Ремонт агрегатов, сборочных единиц и деталей механизмов сцеплений, коробок передач, передних и задних мостов, раздаточных коробок и редукторов. механизмов рулевого управления, подвески, колес, гусениц и т. д. Особенности сборки и регулировки.

2.4.3 Ремонт рам, кабин и элементов оперения сельскохозяйственной техники

Характерные дефекты рам, кабин и элементов оперения. Правка, рихтовка, устранение трещин, удаление поврежденных участков,

установка ремонтных деталей и усиливающих элементов, и усиление элементов.

2.4.4 Ремонт сельскохозяйственных машин

Особенности ремонта уборочных, посевных, почвообрабатывающих машин, техники для внесения удобрений и заготовки кормов и та Характерные дефекты, технология ремонта машин и восстановления основных деталей.

2.4.5 Ремонт топливной аппаратуры двигателей

Характерные дефекты топливной аппаратуры дизелей. дефекты топливных Насосов высокого давления, подкачивающих помп, форсунок. Особенности восстановления прецизионных деталей топливной аппаратуры дизелей. Характерные дефекты топливной аппаратуры карбюраторных двигателей. Особенности ремонта карбюраторов, бензонасосов и систем впрыска топлива

2.4.6 Ремонт агрегатов гидросистем.

Характерные дефекты и технология ремонта деталей и сборочных единиц гидронасосов, гидрораспределителей, силовых цилиндров, гидроувеличителей сцепного веса и гидроусилителей рулевого управления, гидромеханических трансмиссий. Особенности сборки, регулировки, обкатки и испытания.

2.4.7 Ремонт автотракторного электрооборудования.

Характерные дефекты и технология ремонта стартеров, генераторов, прерывателей-распределителей, магнето и других элементов электрооборудования. Особенности сборки, регулировки. обкатки и испытания.

2.4.8 Ремонт оборудования животноводческих ферм и оборудования для первичной переработки с.-х. продукции

Особенности ремонта теплопередающих систем водоснабжения, микроклимата, навозоудаления, оборудования для приготовления кормов, доильных установок.

Характерные неисправности и отказы в работе холодильных установок, танков-охладителей, пастеризаторов, сепараторов, экструдеров и т.д. Особенности ремонта и испытания.

2.4.9 Проектирование технологических процессов ремонта машин

Классификация видов технологических процессов ремонта машин и восстановления изношенных деталей (единичный, типовой, групповой). Исходные данные и последовательность разработки технологических процессов. Принципы формирования и разработка технологических маршрутов восстановления деталей и сборочных единиц. Порядок оформления технологической документация. Определение номенклатуры и выбор рационального способа восстановления деталей.

3 ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

3.1 Методические указания по выполнению теоретической части контрольной работы

Дисциплина “Надежность технических систем”, является специальной профилирующей дисциплиной, определяющей подготовку инженера-механика в области организации и технологии ремонта сельскохозяйственной техники. Дисциплину рекомендуется изучать в порядке установленном программой и методическими указаниями. Поскольку дисциплина “Надежность технических систем”, является профилирующей для данной специальности, включает в себя наряду с теоретическими вопросами значительную часть и практических вопросов, то при освоении материала рекомендуется пользоваться не только учебной литературой, но и посещать ремонтные предприятия.

После изучения всех разделов дисциплины студенты выполняют контрольную работу, в которой нужно ответить на 4 теоретических вопроса (приложение Е) и решить две задачи:

1 Определение показателя надежности указанного в задании (приложение Г);

2 Определить полный ресурс и допустимые износы без ремонта размеров соединяемых деталей (приложение Г).

Номера вопросов для теоретической части представлен в таблице приложения Е1.

При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующее:

- в работе должны быть привлечены вопросы согласно заданию;
- на все вопросы следует дать четкие ответы, только по существу и сущности самого вопроса;
- ответы на вопросы должны сопровождаться эскизами, схемами, рисунками и обязательно примерами;
- не допускается дословное списание (дословно должно быть при ведены лишь термины и определения по ГОСТ) ответов на вопросы из книг, такие работы не могут быть зачтены;
- в конце работы необходимо дать перечень использованной литературы, выполненный по ГОСТ, подписать работу и указать дату окончания ее выполнения.

Контрольную работу следует выполнять на листах формата А4 на одной стороне страницы.

3.2 Вопросы для теоретической части контрольной работы

Раздел 1

1 Причины нарушения работоспособности и снижения надежности машин.

2 Основные состояния технических объектов; исправное неисправное предельное, работоспособное, неработоспособное, события: повреждение, отказ.

Что такое техническое обслуживание и ремонт машин? Понятие о восстанавливаемом, невосстанавливаемом, ремонтируемом и неремонтируемом объектах.

3 Что такое надежность сельскохозяйственной техники?

4 Поясните термины относящиеся к свойствам надежности технического объекта; безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

5 Что такое наработка, технический ресурс срок службы, срок сохраняемости и каковы единицы их измерения?

6 Охарактеризуйте основные виды отказов технических объектов.

7 Приведите классификацию видов трения в машинах, опишите Влияние трения на изнашивание.

8 Виды изнашивания деталей. Факторы, влияющие на изнашивание, сущность этого влияния.

9 Приведите классификацию видов смазки и их характеристику.

10 Понятие о механическом изнашивании деталей. Меры борьбы с этим видом изнашивания, приведите примеры.

11 Абразивное и гидроабразивное (газоабразивное) изнашивание деталей. Меры борьбы с этими видами изнашивания, приведите примеры.

12 Эрозионное, гидроэрозионное (газоэрозионное), усталостное, кавитационное изнашивание деталей. Меры борьбы с этими видами изнашивания. Приведите примеры.

13 Коррозионно-механическое изнашивание деталей: окислительное изнашивание, изнашивание при фреттинг-коррозии. Меры борьбы с этим видом изнашивания. Приведите примеры.

14 Изнашивание при заедании и электроэрозионное изнашивание.

15 Основные показатели и закономерности изнашивания.

16 Когда и как используются основные закономерности изнашивания деталей (при конструировании, эксплуатации и ремонте машин)?

17 Методы определения износов деталей машин и область их применения.

18 Что такое предельное состояние машин, соединений и деталей? Опишите критерии предельного состояния и методы их определения. Приведите примеры.

19 Допустимые и предельные значения износа деталей при ремонте машин. Зависимость между ними.

20 Коррозионные повреждения деталей и узлов, условия протекания коррозии и меры борьбы с ней. Приведите Примеры.

21 Приведите классификацию отказов машин

22 Приведите числовые характеристики (параметры) распределения случайных величин и формулы для их расчета.

23 Основные законы распределения случайных величин, применяемые при оценке надежности сельскохозяйственной техники, и порядок их определения.

24 Изложите порядок обработки информации о надежности машин.

25 Понятие показателей качества продукции.

26 Понятие показателя надежности. Единичные и комплексные показатели надежности.

27 Какими показателями характеризуется безотказность технических объектов?

28 Какими показателями характеризуется долговечность технических объектов?

29 Единичные показатели ремонтпригодности сельскохозяйственной техники. Показатели сохраняемости технических объектов и их сущность.

30 Комплексные показатели надежности технических объектов: коэффициент готовности коэффициент технического использования и коэффициент оперативной готовности.

31 Каковы цель, назначение и особенности испытаний сельскохозяйственной техники на надежность?

32 Изложите порядок сбора и обработки статистических данных о надежности сельскохозяйственной техники.

33 Перечислите основные требования к ремонтпригодности сельскохозяйственной техники.

34 Перечислите основные конструктивные мероприятия повышения надежности машин.

35 Перечислите основные технологические мероприятия повышения надежности машин.

Раздел 2

36 Что называется производственным и технологическим процессами ремонта машин? дайте их характеристику.

37 Опишите общую схему технологического процесса ремонта машин. Чем отличается технология ремонта машин от технологии их изготовления?

38 Дайте характеристику загрязнений деталей сельскохозяйственной техники и условий их образования.

39 Назначение и сущность очистки деталей, агрегатов и машин. Роль очистки в повышении качества ремонта машин.

40 Характеристика современных моющих средств. Основы действия моющих растворов.

41 Характеристика способов очистки деталей, агрегатов и машин. Методы интенсификации очистки.

42 Синтетические моющие средства и их характеристика.

43 Опишите схему растворного узла с замкнутой системой использования моющих растворов.

44 Разборка машин и агрегатов. Основные требования к разборке. Требования к конструкции машины по облегчению разборки.

45 Роль дефектации в ремонтном производстве, способы обнаружения дефектов их сущность, области применения, преимущества и недостатки.

46 Опишите методы обнаружения скрытых дефектов (трещин, потери упругости, намагниченности и др.).

47 Сущность капиллярных методов обнаружения скрытых дефектов.

48 Сущность магнитной дефектоскопии. Схемы и методы намагничивания.

49 Сущность ультразвукового метода дефектоскопия.

50 Пред ремонтное диагностирование, его задачи и содержание.

51 Каково назначение и сущность комплектования деталей при ремонте машин?

52 Последовательность и общие правила сборки машин. Способы сборки. Основы достижения точности сборки в ремонтном производстве.

53 Особенности сборки резьбовых, зубчатых, шлицевых и шпоночных соединений, соединений с гарантированным натягом, установки подшипников качения.

54 Сущность селективного подбора деталей при комплектовании.

55 Сборка узлов с подшипниками скольжения.

56 Опишите технологический процесс сборки трактора (при ремонте).

57 Каково назначение обкатки, испытания и контрольного осмотра при ремонте агрегатов и машин?

58 Технология обкатки двигателей внутреннего сгорания.

59 Изложите технологию окраски и сушки машин, способы сушки окрашенных поверхностей.

60 Изложите характеристику лакокрасочных и др. материалов применяемых при окраске ремонтируемых машин,

61 Технология подготовки поверхности перед окраской.

62 Способы и технология нанесения лакокрасочных покрытий.

63 Способы и технология сушки лакокрасочных покрытий.

64 Контроль качества лакокрасочных покрытий.

65 Требования, предъявляемые к отремонтированным машинам
Выдача отремонтированных машин.

66 Защита водоемов от загрязнений сточными водами ремонтных предприятий (мочные растворы, стоки гальванических участков и др.)

67 Какое оборудование применяется для моечных и разборочно-сборочных работ?

68 Какие приборы и измерительный инструмент применяют при дефектации деталей?

69 Приведите методы восстановления посадок соединений. Преимущества и недостатки каждого из методов, области их применения.

70 Изложите методику расчета количества ремонтных размеров.

Раздел 3

71 Приведите классификацию способов восстановления деталей. Значение восстановления деталей в снижении себестоимости и повышении качества ремонта машин.

72 В чем заключается сущность восстановления деталей пластическим деформированием? Назовите достоинства, недостатки и области применения этого способа.

73 Расскажите о восстановлении деталей правкой, раздачей, обжатием, вытяжкой и осадкой. Приведите примеры применения этих способов.

74 Каковы сущность и область применения восстановления Деталей выдавливанием, накаткой и раскаткой? Приведите примеры применения этих способов.

75 Каковы сущность, достоинства и область применения восстановления деталей электромеханической высадкой?

76 Каковы особенности сварки чугуновых деталей? Технология, достоинства и недостатки горячей сварки чугуновых деталей.

77 Способы и технология холодной сварки чугунных деталей, Преимущества и недостатки холодной сварки чугунных деталей.

78 Каковы особенности сварки и наплавки деталей из алюминиевых сплавов? Изложите способы и технологию сварки таких деталей.

79 В чем сущность автоматической наплавки под флюсом? Каковы ее достоинства, недостатки и область применения?

80 Какими параметрами характеризуется режим наплавки под флюсом? Их влияние на качество покрытий.

81 Каковы особенности и сущность вибродуговой наплавки? Назовите все достоинства, недостатки и область применения.

82 Каковы сущность, достоинства, недостатки и область применения автоматической сварки и наплавки в среде защитных газов (аргона, углекислого газа, пара и др.)?

83 Каковы особенности, достоинства, недостатки и область применения плазменно-дуговой наплавки?

84 Широкойслоная наплавка, ее достоинства и область применения.

85 В чем сущность электрошлаковой сварки и наплавки, каковы ее достоинства и область применения?

86 Индукционная наплавка, ее достоинства и область применения.

87 Каковы сущность, достоинства, недостатки и область применения электроконтактной приварки стальной ленты (проволоки и др.)?

88 Поясните сущность электролиза. Каков физический смысл законов Фарадея и выхода металла потоку?

89 Какими параметрами характеризуется режим электролиза и как они влияют на производительность процесса и свойства гальванических покрытий?

90 Изложите общую схему технологического процесса нанесения гальванических покрытий. Каково назначение обезжиривания и травления?

91 Каковы особенности хромирования? Технологический процесс горячего хромирования деталей, составы электролитов и режимы электролиза, виды хромовых покрытий.

92 Изложите технологический процесс железнения. Область применения этого покрытия.

93 Изложите технологию подготовки деталей перед гальванопокрытием.

94 Изложите технологию обработки деталей после нанесения гальванического покрытия.

95 Сущность восстановления деталей термическим напылением, преимущества и недостатки этого способа восстановления деталей, особенности подготовки поверхности.

96 Сущность дуговой металлизации, ее достоинства, недостатки и область применения.

97 Сущность плазменной металлизации, ее достоинства. Недостатки и область применения

98 Сущность газопламенного напыления, его достоинства, недостатки и область применения,

99 Сущность детонационного напыления его достоинства, недостатки и область применения.

100 Какова область применения термопластов и реактопластов при ремонте машин? Кратко поясните их основные свойства, достоинства и недостатки. Приведите примеры.

101 Изложите технологию устранения трещин составами на основе эпоксидных смол.

102 Технология применения анаэробных герметиков при ремонте машин, достоинства, недостатки и область их применения.

103 Технология восстановления деталей вибрационным вихревым и вибровихревым напылением.

104 Изложите технологию восстановления неподвижных соединений полимерными материалами. Преимущества и недостатки этого способа восстановления.

105 Какова область применения синтетических клеев БФ-2 и ВС-10Т, эластомера ГЭН-150(В) при ремонте машин? Технология применения эластомера ГЭН-150(В).

106 Применение диффузионного наращивания и заливки жидким металлом при восстановлении деталей. Сущность процессов и области их применения.

107 Изложите технологию заделки трещин фигурными вставками, ремонта резьб, спиральными вставками.

108 Каковы особенности механической обработки деталей при их восстановлении.

Раздел 4

109 Характер и причины износа шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания. Способы и технология восстановления шеек валов.

110 Характер и причины износа гильз (цилиндров) двигателей внутреннего сгорания; технология расточки и хонингования цилиндров.

111 Основные износы и дефекты шатунов, втулок верхней головки шатуна и поршневых пальцев. Способы ремонта шатунов и пальцев.

112 Дефекты блока цилиндров и способы их устранения.

113 Дефекты и технология ремонта головок цилиндров.

114 Характер и причины износов деталей механизмов газораспределения. Влияние их на работу двигателя.

115 Способы и технология восстановления распределительных валов, клапанных гнезд и клапанов.

116 Характерные износы прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры, Влияние их на работу топливной аппаратуры. Технология ремонта плунжерных пар.

117 Характерные дефекты способы и технология восстановления валов коробки передач.

118 Характерные дефекты, способы и технология восстановления корпусных деталей (коробок передач и др.)

119 Характерные дефекты, способы и технология восстановления шестерен.

120 Дефекты, способы и технология восстановления опорных катков, поддерживающих роликов и направляющих колес гусеничных тракторов.

121 Дефекты способы и технология восстановления ведущих колес гусеничных тракторов.

122 Способы и технология восстановления звеньев гусениц.

123 Способы и технология восстановления лемехов, лап и других деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин. Сущность самозатачивания лемехов и условия его обеспечения.

124 Технология ремонта покрышек и шин.

125 Назначение и сущность статической, динамической балансировки деталей и узлов. В каких случаях необходима динамическая балансировка, а когда достаточно статической?

126 По каким критериям, и в каком порядке выбирают рациональный способ восстановления деталей?

127 Способы определения и технология устранения основных неисправностей карбюраторов.

128 Способы определения технического состояния и ремонта масляных насосов, центрифуг и фильтров.

129 Основные неисправности дисков сцепления и способы их устранения.

130 Особенности сборки и регулировки агрегатов силовой передачи машин и способы центрирования агрегатов при сборке машин.

131 Технология ремонта гидронасосов (НШ - 10, НШ - 46 и др.).

132 Технология ремонта гидрораспределителей.

133 Технология ремонта гидроцилиндров.

134 Технология ремонта баков, кабин, кузовов, оперения. Контроль качества ремонта. Требования к внешнему виду.

135 Технология ремонта цепей сельскохозяйственных машин.

136 Основные неисправности рабочих органов посевных и посадочных машин и способы их ремонта.

3.3 Методические указания по выполнению расчетной части контрольной работы

3.3.1 Методические указания по определению теоретических законов распределения показателя надежности

Основные принципы, положенные в основу обработки информации:

1 Все показатели надежности относятся к категориям случайных величин.

2 Основными характеристиками каждого показателя надежности являются:

- среднее значение (математическое ожидание);
- характеристики рассеивания (среднее квадратическое отклонение σ и коэффициент вариации V);
- доверительные границы рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности;
- наибольшие возможные абсолютная и относительная погрешности.

3 Показатели надежности являются существенными положительными величинами. В связи с этим у них начало зоны рассеивания может существенно смещаться относительно их нулевых значений. Величину смещения ($t_{см}$) следует учитывать при определении коэффициента вариации и последующем подборе теоретического закона распределения показателя надежности.

Полученную информацию обрабатывают в следующем порядке:

- 1 Составление статистического ряда исходной информации.
- 2 Определение среднего значения показателя надежности и среднего квадратического отклонения.
- 3 Проверка информации на выпадающие точки.
- 4 Определение коэффициента вариации.
- 5 Выбор теоретического закона распределения для выравнивания опытной информации.
- 6 Оценка совпадения опытных данных с теоретически полученными значениями при сглаживании с помощью теоретических законов распределения показателей надежности по критерию согласия.
- 7 Графическое изображение опытной и теоретически выравненной информации.
- 8 Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности.
- 9 Определение абсолютной и относительной предельных ошибок переноса характеристик показателя надежности
- 10 Расчет гамма процентного ресурса доремонтной наработки машин и агрегатов.

Пример обработки полной информации по показателям надежности рассмотрим по доремонтному ресурсу двигателя типа ЯМЗ-238.

Задание. Определить средний доремонтный ресурс $\bar{t}_{др}$ двигателя ЯМЗ-238 и его доверительные границы при доверительной вероят-

ности $\beta_1 = 0,80$, 80 % гамма ресурс и вероятность доремонтной наработки до 3,5 тыс. мото-ч.

Исходная опытная информация по доремонтным ресурсам семидесяти двигателей в виде вариационного ряда представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Доремонтные ресурсы двигателей ЯМЗ-238

№ двигателя	Доремонтный ресурс, ч	№ двигателя	Доремонтный ресурс, ч	№ двигателя	Доремонтный ресурс, ч
1	1500	24	3700	47	4470
2	1870	25	3720	48	4490
3	2010	26	3740	49	4490
4	2080	27	3760	50	4570
5	2720	28	3920	51	4600
6	2900	29	3940	52	4710
7	3020	30	3970	53	4730
8	3060	31	4000	54	4820
9	3080	32	4000	55	4850
10	3100	33	4100	56	4410
11	3100	34	4130	57	4430
12	3110	35	4130	58	4990
13	3120	36	4 80	59	5150
14	3140	37	4210	60	5200
15	3205	38	4230	61	5210
16	3300	39	4260	62	5350
17	3300	40	4280	63	5400
18	3420	41	4310	64	5670
19	3460	42	4310	65	5790
20	3480	43	4320	66	5840
21	3580	44	4340	67	5900
22	3610	45	4420	68	5950
23	3620	46	4470	69	6600
				70	7800

1 Составление статистического ряда исходной информации

Статистический ряд исходной информации составляется для упрощения дальнейших расчетов в том случае, когда повторность исходной информации и количество испытываемых объектов $N > 25$. При $N < 25$ статистический ряд не составляют.

В примере повторность информации $N = 70 > 25$. Следовательно, целесообразно составить статистический ряд, при этом информацию разбивают на n равных интервалов. Каждый последующий интервал должен примыкать к предыдущему без разрывов. Обычно принимают 6–10 интервалов. При увеличении их числа повышается точность расчетов, но одновременно возрастает их трудоемкость.

Число интервалов статистического ряда

$$n = \sqrt{N} \pm 1. \quad (1)$$

Полученный результат округляют до ближайшего большего целого числа.

В данном примере $n = \sqrt{70} \pm 1 = 8,4$. Для повышения точности расчетов принимаем $n = 9$.

Длина (протяженность) интервала

$$A = \frac{t_{max} - t_{min}}{n}, \quad (2)$$

где t_{max}, t_{min} – соответственно наибольшее и наименьшее значения показателя надежности в сводной таблице информации.

В данном примере

$$A = (7800 - 1500)/9 = 700 \text{ ч.}$$

Протяженность интервала всегда округляют в большую сторону. При этом интервалы должны быть одинаковыми по величине.

За начало первого интервала рекомендуют принимать наименьшее значение показателя надежности.

В данном примере начало первого интервала $t_{н1} = 1500$ ч.

Статистический ряд исходной информации представлен в таблице 2.

В первой строке указывают границы интервалов в единицах показателя надежности; во второй строке – значения середины интервалов, в третьей – число случаев (опытную частоту t_i), попадающих в каждый интервал. Если точка информации попадает на границу интервалов, то в предыдущий и последующий интервалы вносят по 0,5 точки; в четвертой строке – опытную вероятность P_i , в пятой строке – накопленную опытную вероятность $\sum_{i=1}^n P_i$.

Таблица 2 – Статистический ряд исходной информации

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Интервал, тыс. ч	1,5... 2,2	2,2... 2,9	2,9... 3,6	3,6... 4,3	4,3... 5,0	5,0... 5,7	5,7... 6,4	6,4... 7,1	7,1... 7,8
2 Середина интервала t_{ic} , тыс. ч	1,85	2,55	3,25	3,95	4,65	5,35	6,05	6,75	7,45
3 Опытная частота m_i	4	1,5	15,5	19	18	6	4	1	1
4 Опытная вероятность (частость) P_i	0,057	0,022	0,222	0,271	0,257	0,086	0,057	0,014	0,014
5 Накопленная опытная вероятность $\sum_{i=1}^n P_i$	0,057	0,079	0,301	0,572	0,829	0,915	0,972	0,986	1,000

Опытную вероятность определяем из выражения

$$P_i = \frac{m_i}{N}, \quad (3)$$

где t_i – опытная частота в i -м интервале статистического ряда.

Например, опытная вероятность в первом интервале

$$P_1 = 4 / 70 = 0,057.$$

Накопленную опытную вероятность определяют суммированием опытных вероятностей интервалов статистического ряда.

Например, накопленная опытная вероятность во втором интервале $\sum P_2 = 0,057 + 0,022 = 0,079$.

2 Определение среднего значения показателя надежности и среднего квадратического отклонения

Среднее значение – важная характеристика показателя надежности. По среднему значению планируют работу машин, составляют потребность в запасных частях, определяют объемы ремонтных работ и т. д.

При отсутствии статистического ряда, когда $N < 25$, среднее значение показателя надежности

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i , \quad (4)$$

где t_i – значение i -го показателя надежности.

При наличии статистического ряда среднее значение показателя надежности $N > 25$

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n t_{ic} \cdot P_i , \quad (5)$$

где n – число интервалов в статистическом ряду;

t_{ic} – значение середины i -го интервала;

P_i – опытная вероятность i -го интервала.

Результаты расчетов среднего значения показателя надежности и среднего квадратического отклонения сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение характеристик показателя надежности

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Интервал, тыс. ч	1,5... 2,2	2,2... 2,9	2,9... 3,6	3,6... 4,3	4,3... 5,0	5,0... 5,7	5,7... 6,4	6,4... 7,1	7,1... 7,8
Середина интервала, t_{ic} тыс. ч	1,85	2,55	3,25	3,95	4,65	5,35	6,05	6,75	7,45
Опытная вероятность (частота) P_i	0,057	0,022	0,222	0,271	0,257	0,086	0,057	0,014	0,014
$t_{ic} \times P_i$	0,1055	0,0561	0,7215	1,0705	1,1951	0,4601	0,3449	0,0945	0,1043
$\bar{t} = \sum_{i=1}^n t_{ic} P_i$, тыс. ч									4,15
$t_{ic} - \bar{t}$	-2,3	-1,6	-0,9	-0,2	0,5	1,2	1,9	2,6	3,3
$(t_{ic} - \bar{t})^2$	5,29	2,56	0,81	0,04	0,25	1,44	3,61	6,76	10,89
$(t_{ic} - \bar{t})^2 \cdot P_i$	0,3015	0,0563	0,1798	0,0108	0,0643	0,1238	0,2058	0,0946	0,1525
$\sum_{i=1}^n (t_{ic} - \bar{t})^2 \cdot P_i$									1,1894

$$\bar{t} = 1,85 \cdot 0,057 + 2,55 \cdot 0,022 + 3,25 \cdot 0,222 + 3,95 \cdot 0,271 + 4,65 \cdot 0,257 + 5,35 \cdot 0,086 + 6,05 \cdot 0,057 + 6,75 \cdot 0,014 + 7,45 \cdot 0,014 = 4,15 \text{ тыс. ч.}$$

Характеристика рассеивания показателя надежности – дисперсия или среднее квадратическое отклонение, которое определяют при отсутствии ($N < 25$) статистического ряда по уравнению

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (t_{ic} - \bar{t})^2 / N - 1} \quad (6)$$

При наличии статистического ряда ($N > 25$)

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_{ic} - \bar{t})^2 \cdot P_i} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{(1,85 - 4,15)^2 \cdot 0,057 + (2,55 - 4,15)^2 \cdot 0,022 + (3,25 - 4,15)^2 \cdot 0,222 +} \\ &\sqrt{+(3,95 - 4,15)^2 \cdot 0,271 + (4,65 - 4,15)^2 \cdot 0,257 + (5,35 - 4,15)^2 \cdot 0,086 +} \\ &\sqrt{+(6,05 - 4,15)^2 \cdot 0,057 + (6,75 - 4,15)^2 \cdot 0,014 + (7,45 - 4,15)^2 \cdot 0,014} = \\ &= 1,091 \text{ тыс. ч.} \end{aligned}$$

3 Проверка информации на выпадающие точки

Грубую проверку информации проводят по правилу $(\bar{t} \pm 3\sigma)$.

В данном примере границы достоверности информации будут равны:

нижняя $4150 - 3 \cdot 1091 \text{ ч} = 877 \text{ ч}$;

верхняя $4150 + 3 \cdot 1091 \text{ ч} = 7423 \text{ ч}$.

Наименьший доремонтный ресурс двигателя $t_{др1} = 1500 \text{ ч}$.

Следовательно, эта точка информации действительна и должна быть учтена при дальнейших расчетах. Наибольший ресурс двигателя $t_{др70} = 7800 \text{ ч}$. Эта точка информации выходит за верхнюю границу достоверности. Поэтому она должна быть признана недействительной (выпадающей) и не учитываться в дальнейших расчетах.

Более точно информацию на выпадающие точки проверяют по критерию Ирвина λ , теоретическое значение которого приведено в таблице А.3 (приложение А).

Фактическое значение критерия

$$\lambda_{оп} = (t_i - t_{i-1})/\sigma, \quad (8)$$

где t_i и t_{i-1} - смежные точки информации.

Наименьшая точка информации

$$\lambda_{оп1} = (1870 - 1500)/1091 = 0,341.$$

Наибольшая точка информации

$$\lambda_{оп70} = (7800 - 6600)/1091 = 1,10.$$

По таблице А.3 (приложение А) находим (способом интерполяции), что при повторности информации $N = 70$ и доверительной вероятности $\beta = 0,95$, $\lambda_t = 1,05$.

Первую точку информации следует признать достоверной, так как

$$\lambda_{оп1} = 0,34 < \lambda_t = 1,05,$$

последнюю точку следует считать **выпадающей**, так как

$$\lambda_{оп70} = 1,10 > \lambda_t = 1,05.$$

Учитывая, что последнюю точку информации статистического ряда исключили в данном примере, проведем перерасчет среднего значения показателя надежности и среднего квадратического отклонения.

Число интервалов статистического ряда с учетом исключенной точки информации.

В данном примере $n = \sqrt{69} \pm 1 = 8,3 \pm 1$. Принимаем $n = 9$.

Длина (протяженность) интервала по (2)

$$A = \frac{t_{max} - t_{min}}{n},$$

где t_{max}, t_{min} – соответственно наибольшее и наименьшее значения показателя надежности в сводной таблице информации с учетом исключенной точки.

В данном примере

$$A = (6600 - 1500)/9 = 567, \text{ принимаем } = 570 \text{ ч.}$$

Корректировочный расчет характеристик показателей надежности проведем, используя таблицу 4.

В результате перерасчета характеристик показателей надежности получили значения

$$\bar{t} = 4020 \text{ ч, } \sigma = \sqrt{1,022} = 1,011 \text{ тыс. ч.}$$

Таблица 4 – Определение характеристик показателя надежности с учетом корректировки статистического ряда

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Интервал, тыс. ч	1,50... 2,07	2,07... 2,64	2,64... 3,21	3,21... 3,78	3,78... 4,35	4,35... 4,92	4,92... 5,49	5,49... 6,06	6,06... 6,63
Середина интервала, t_{ic} тыс. ч	1,785	2,355	2,925	3,495	4,065	4,635	5,205	5,775	6,345
Опытная частота m_i	3	2	10	12	17	13	6	5	1
Опытная вероятность (частость) P_i	0,044	0,029	0,145	0,174	0,246	0,188	0,087	0,073	0,014
$\sum_{i=1}^n P_i$	0,044	0,073	0,218	0,392	0,638	0,826	0,913	0,986	1,0
$t_{ic} \times P_i$	0,0785	0,0683	0,4241	0,6081	1,0000	0,8714	0,4528	0,4216	0,0952
$\bar{t} = \sum_{i=1}^n t_{ic} P_i$, тыс. ч									4,02
$t_{ic} - \bar{t}$	-2,235	-1,665	-1,095	-0,525	0,045	0,615	1,185	1,755	2,325
$(t_{ic} - \bar{t})^2$	4,9952	2,7722	1,199	0,2756	0,002	0,3782	1,4042	3,080	5,4056
$(t_{ic} - \bar{t})^2 \cdot P_i$	0,2198	0,0804	0,1739	0,0480	0,0005	0,0711	0,1222	0,2248	0,0811
$\sum_{i=1}^n (t_{ic} - \bar{t})^2 \cdot P_i$									1,022

4 Определение коэффициента вариации

Коэффициент вариации V представляет собой относительную безразмерную величину, характеризующую рассеивание показателя надежности

$$V = \sigma / (\bar{t} - t_{см}), \quad (9)$$

где $t_{см}$ – смещение рассеивания показателя надежности – расстояние от начала координат до начала рассеивания случайной величины.

При наличии статистического ряда ($N > 25$)

$$t_{см} = t_{н1} - 0,5 \cdot A, \quad (10)$$

где $t_{н1}$ – начало первого интервала статистического ряда;

A - длина интервала.

Тогда

$$t_{см} = 1500 - 0,5 \cdot 570 = 1215 \text{ ч.}$$

Коэффициент вариации

$$V = 1011 / (4020 - 1215) = 0,36.$$

5 Выбор теоретического закона распределения для выравнивания опытной информации

Опытная исходная информация об изменениях случайной величины обычно представляет собой некоторую выборку из всей генеральной совокупности возможных значений случайной величины. Поэтому ряд распределения и эмпирическая интегральная функция, наряду с числовыми характеристиками распределения, содержат ошибки исходной информации. К тому же на них отражается некоторый произвол в выборе количества и границ частичных интервалов при статистической обработке опытных данных.

Однако эти ошибки можно аннулировать, если подобрать и использовать при определении показателей надежности деталей теоретический закон распределения (ТЗР).

Теоретический закон распределения выражает общий характер изменения показателей надежности машин и исключает частные отклонения, связанные с недостатками первичной информации. По

опытному распределению вычисляют различные показатели, которые будут характеризовать среднее значение признака и его рассеивание. Затем на основе всестороннего анализа этих данных, общих теоретических предпосылок и особенностей теоретических распределений подбирают то распределение, которое ближе всего аппроксимирует опытное распределение случайной величины. Такой процесс замены опытных закономерностей теоретическими в теории вероятностей и математической статистики называют процессом выравнивания, или сглаживания, статистической информации.

Применительно к показателям надежности тракторов и сельскохозяйственной техники и их элементов используют в основном закон нормального распределения и закон распределения Вейбулла. Предварительно выбор теоретического закона распределения осуществляется по величине коэффициента вариации V .

Действительно ТЗР случайной величины может быть точно установлен лишь по данным наблюдений, включающим несколько тысяч значений исследуемой случайной величины. Однако при практических инженерных расчетах надежности изделий в большинстве случаев уже примерно известны возможные теоретические законы распределения, а окончательный выбор одного из них проводится с использованием предварительно обоснованных научными исследованиями критериев. Так, в практических заданиях выбор ТЗР ресурса двигателя может проводиться по значению коэффициента вариации:

если $V \leq 0,3$ выбирается закон нормального распределения (ЗНР);

если $V \geq 0,5$ выбирается закон распределения Вейбулла (ЗРВ);

если $0,3 < V < 0,5$ выбирают тот закон распределения (ЗНР или ЗРВ), который обеспечивает лучшее совпадение с распределением опытной информации. Точность совпадения проверяют по критериям согласия.

Функции ТЗР характеризуются параметрами.

У закона нормального распределения их два:

- среднее значение \bar{t} ;
- среднее квадратическое отклонение σ .

У закона распределения Вейбулла три:

- смещение зоны рассеивания показателя надежности $t_{см}$;
- параметр a ;
- параметр b .

В рассматриваемом примере коэффициент вариации равен $V = 0,36$. В этом случае выбирают тот закон распределения, который лучше совпадает с распределением опытной информации.

Использование для выравнивания распределения опытной информации закона нормального распределения (ЗНР)

Закон нормального распределения характеризуется дифференциальной (функцией плотностей вероятностей) и интегральной (функцией распределения) функциями. Отличительная особенность дифференциальной функции – симметричное рассеивание частных значений показателей надежности относительно среднего значения.

Дифференциальную функцию описывают уравнением

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}}, \quad (11)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение;

e – основание натурального логарифма ($e = 2,718$);

t – показатель надежности;

\bar{t} – среднее значение показателя надежности.

Если принять $\bar{t} = 0$ и $\sigma = 1$, то получим выражение для центрированной нормированной дифференциальной функции

$$f_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (12)$$

Центрированная нормированная функция приведена в таблице А.1 приложения А.

Для определения дифференциальной функции через центрированную нормированную функцию используют уравнение

$$f(t) = \frac{A}{\sigma} f_0\left(\frac{t_{ci} - \bar{t}}{\sigma}\right), \quad (13)$$

где A – длина i -го интервала;

t_{ci} – середина i -го интервала.

Кроме того, следует пользоваться уравнением

$$f(-t) = f(+t) \quad (14)$$

Определим значение дифференциальной функции в первом интервале статистического ряда нашего примера используя (14)

$$\begin{aligned} f(1500 \dots 2070) &= \frac{570}{1011} f_0\left(\frac{1785 - 4020}{1011}\right) = 0,564 f_0(-2,21) = 0,564 f_0(2,21) = \\ &= 0,564 \cdot 0,04 = 0,02. \end{aligned}$$

Интегральная функция или функция распределения

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}} dt. \quad (15)$$

При условии $\bar{t} = 0$ и $\sigma = 1$ получим центрированную и нормированную интегральную функцию

$$F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (16)$$

Эта функция приведена в таблице А.2 (приложение А).

Для определения интегральной функции $F(t)$ через $F_0(t)$ применяют уравнение

$$F(t) = F_0\left(\frac{t_{ik} - \bar{t}}{\sigma}\right), \quad (17)$$

где t_{ik} – значение конца i -го интервала.

При этом используют также уравнение

$$F_0(-t) = 1 - F_0(+t). \quad (18)$$

Определим значение интегральной функции, в первом интервале статистического ряда используя уравнение (18) и табличные значения из таблицы А.2

$$F(1500 \dots 2070) = F_0\left(\frac{2070 - 4020}{1011}\right) = F_0(-1,93) = 1 - F_0(1,93) = 1 - 0,97 = 0,03.$$

Рассчитанные аналогичным образом значения дифференциальной и интегральной функций для выравнивания опытной информации с помощью закона нормального распределения по всем интервалам статистического ряда приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения дифференциальной и интегральной функций по всем интервалам статистического ряда ЗНР

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Интервал, тыс. ч	1,50... 2,07	2,07... 2,64	2,64... 3,21	3,21 ... 3,78	3,78... 4,35	4,35... 4,92	4,92... 5,49	5,49... 6,06	6,06... 6,63
Середина интервала, t_{ic} тыс. ч	1,785	2,355	2,925	3,495	4,065	4,635	5,205	5,775	6,345
$f(t)$	0,02	0,056	0,124	0,197	0,226	0,186	0,11	0,050	0,02
$F(t)$	0,03	0,09	0,21	0,40	0,63	0,81	0,93	0,98	1,00

На основании полученных значений $f(t)$ и $F(t)$ могут быть построены графики дифференциальной (рисунок 1) и интегральной функций (рисунок 2). Дифференциальная кривая заменяет полигон распределения, а интегральная – кривую накопленных опытных вероятностей.

По оси абсцисс дифференциальной и интегральной кривых откладывают в определенном масштабе значения интервалов статистического ряда, а по оси ординат – значения $f(t)$ или $F(t)$. Точки на графике дифференциальной функции находят на пересечении абсцисс, равных серединам интервалов статистического ряда, и ординат, равных $f(t)$, а на графике интегральной функции – на пересечении абсцисс, равных концам интервалов статистического ряда, и ординат, равных $F(t)$.

Для определения числа двигателей, отказавших в каком-либо интервале наработки, нужно площадь под дифференциальной кривой,

соответствующую этому интервалу, отнести к общей площади под дифференциальной кривой и полученное значение перемножить на общее число испытываемых двигателей.

Число двигателей, отказавших в каком-либо интервале наработки, на графике интегральной функции определяют перемножением полученного значения по оси ординат на общее число двигателей.

С помощью ранее приведенных уравнений можно определить число отказавших двигателей не только в интервалах статистического ряда, но и в любом интервале наработки. Эту задачу можно решать по дифференциальной или интегральной функции.

Например, необходимо определить число двигателей, отказавших в интервале наработки 4350–4920 ч.

Решим задание с помощью различных функций полученных значений в таблице 5:

– дифференциальной

$$f(4350...4920) = \frac{570}{1011} f_0 \left(\frac{4635-4020}{1011} \right) = 0,564 \cdot 0,33 = 0,186 ,$$

или $0,19 \cdot 69 = 13$ двигателей;

– по интегральной

$$F(4350...4920) = F(0...4920) - F(0...4350) = F_0 \left(\frac{4920-4020}{1011} \right) - F_0 \left(\frac{4350-4020}{1011} \right) = F_0(0,89) - F_0(0,33) = 0,81 - 0,63 = 0,18$$

или $0,18 \cdot 69 = 12$ двигателей.

Использование для выравнивания распределения опытной информации закона распределения Вейбулла (ЗРВ)

Дифференциальную функцию или функцию плотности вероятностей определяют при законе распределения Вейбулла по уравнению

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a} \right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{a} \right)^b}, \quad (19)$$

где a и b – параметры распределения Вейбулла;

e – основание натурального логарифма;

t – показатель надежности.

Параметр b определяют по таблице А.4 приложения А. Для этого необходимо предварительно найти коэффициент вариации V . Из таблицы выписывают значение параметра b , коэффициенты K_b и C_b .

При $V = 0,36$, $b = 3,02$, $K_b = 0,893$ и $C_b = 0,323$.

Параметр a рассчитывают по одному из уравнений

$$a = \frac{\bar{(t-t_{CM})}}{K_b} \quad (20)$$

$$a = \frac{\sigma}{C_b} \quad (21)$$

В данном примере $a = (4020 - 1215)/0,893 = 3141$ ч.

Дифференциальную функцию определяют по таблице А.5 приложения А.

При этом используют уравнение

$$f(t) = \frac{A}{a} f\left(\frac{t_{ic} - t_{см}}{a}\right), \quad (22)$$

где A – длина интервала статистического ряда;

t_{ic} – середина интервала статистического ряда;

$t_{см}$ – смещение рассеивания показателя надежности.

Находят дифференциальную функцию в первом интервале статистического ряда

$$f(1500...2070) = \frac{570}{3141} f\left(\frac{1785 - 1215}{3141}\right) = 0,18f(0,18) = 0,18 \cdot 0,12 = 0,02.$$

Интегральная функция или функция распределения закона Вейбулла

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}. \quad (23)$$

Эту функцию определяют по таблице А.6 приложения А, используя при этом следующее уравнение

$$F(t) = F\left(\frac{t_{ik} - t_{см}}{a}\right), \quad (24)$$

где t_{ik} – значение конца i -го интервала.

Например, интегральная функция в первом интервале статистического ряда

$$F(1500...2070) = F\left(\frac{2070 - 1215}{3141}\right) = F(0,27) = 0,02.$$

Аналогично определим значения дифференциальной и интегральной функций в остальных интервалах статистического ряда. Полученные значения дифференциальной и интегральной функций заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Значения дифференциальной и интегральной функций по всем интервалам статистического ряда ЗРВ

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Интервал, тыс. ч	1,5... 2,07	2,07... 2,64	2,64... 3,21	3,21... 3,78	3,78... 4,35	4,35... 4,92	4,92... 5,49	5,49... 6,06	6,06... 6,63
$f(t)$	0,02	0,07	0,13	0,19	0,21	0,17	0,14	0,07	0,02
$F(t)$	0,02	0,07	0,22	0,43	0,63	0,80	0,91	0,97	1,0

С помощью ранее приведенных уравнений закона распределения Вейбулла можно найти число отказавших двигателей не только в каждом интервале статистического ряда, но и в любом интервале наработок.

Например, необходимо определить число отказавших двигателей в интервале наработки 4350–4920 ч, **если предположить**, что рассеивание ресурса двигателей подчиняется закону распределения Вейбулла.

Задача может быть решена как по дифференциальной, так и по интегральной функции.

При решении по дифференциальной функции

$$f(4350...4920) = \frac{570}{3141} f\left(\frac{4635 - 1215}{3141}\right) = 0,18 f(1,08) = 0,17 \cdot 1,0 = 0,17$$

или $0,17 \cdot 69 = 11$ двигателей.

При решении по интегральной функции

$$F(4350...4920) = F(0...4920) - F(0...4350) = F\left(\frac{4920 - 1215}{3141}\right) - \left(\frac{4350 - 1215}{3141}\right) = F(1,18) - F(1,0) = 0,80 - 0,63 = 0,17$$

или $0,17 \cdot 69 = 11$ двигателей.

6 Оценка совпадения опытных данных с теоретически полученными значениями при сглаживании с помощью теоретических законов распределения показателей надежности по критерию согласия

Критерий согласия Пирсона χ^2 наиболее часто используется при большом числе наблюдений. Этот критерий применяют в тех случаях, когда теоретические значения параметров функции распределения случайной величины неизвестны.

Критерий согласия Пирсона χ^2 определяется по уравнению

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n_y} \frac{(m_i - m_{\pi i})^2}{m_{\pi i}}, \quad (25)$$

где n_y – число интервалов укрупненного статистического ряда;

m_i – опытная частота в i -ом интервале статистического ряда;

$m_{\pi i}$ – теоретическая частота в i -ом интервале.

Теоретическая частота

$$m_{\pi i} = N \left[F(t_i) - F(t_{i-1}) \right], \quad (26)$$

где $F(t_i)$ и $F(t_{i-1})$ – интегральные функции i -го и $(i-1)$ -го интервалов статистического ряда.

валов статистического ряда.

Для определения χ^2 строят укрупненный статистический вариационный ряд, соблюдая при этом условия: $n_y > 4$, $m_i \geq 5$. Если эти условия не выполняются, допускается объединение соседних интервалов.

Проанализировав статистический ряд информации в рассматриваемом примере о доремонтных ресурсах двигателя, можно заметить,

что $m_1 = 3$ и $m_9 = 1$, меньше пяти, поэтому первый объединяют со вторым, а девятый с восьмым интервалом. Опытная частота в объединенном интервале будет равна сумме частот объединенных интервалов. В остальных интервалах статистического ряда опытные частоты больше или равны пяти, поэтому эти интервалы оставляем без изменения. Составляем укрупненный статистический ряд (таблица 7).

Таблица 7 – Укрупненный статистический ряд

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7
Интервал, тыс. ч	1,5... 2,64	2,64... 3,21	3,21... 3,78	3,78... 4,35	4,35... 4,92	4,92... 5,49	5,49... 6,63
m_i	5	10	12	17	13	6	6
При законе нормального распределения							
$F(t)$	0,09	0,21	0,40	0,63	0,81	0,93	1,0
m_{Ti}	6,21	8,28	13,11	15,87	12,42	8,28	4,83
При законе распределения Вейбулла							
$F(t)$	0,08	0,21	0,58	0,62	0,80	0,92	1,0
m_{Ti}	5,52	8,97	14,49	13,80	12,42	8,28	5,52

Теоретические частоты, например, в первом и втором интервалах при ЗНР определяют следующим образом

$$m_{T1} = N \cdot F_0 \left(\frac{t_{1k} - \bar{t}}{\sigma} \right) = 69 \cdot F_0 \left(\frac{2640 - 4020}{1011} \right) = 69 \cdot (0,09) = 6,21;$$

$$\begin{aligned} m_{T2} &= N \cdot F_0 \left(\frac{t_{2k} - \bar{t}}{\sigma} \right) - m_{T1} = 69 \cdot F_0 \left(\frac{3210 - 4020}{1011} \right) - 6,21 = \\ &= 69 \cdot (0,21) - 6,21 = 14,49 - 6,21 = 8,28. \end{aligned}$$

Теоретические частоты для ЗРВ

$$m_{T1} = N \cdot F_0 \left(\frac{t_{1k} - t_{CM}}{a} \right) = 69 \cdot F_0 \left(\frac{2640 - 1215}{3141} \right) = 69 \cdot (0,08) = 5,52;$$

$$m_{T2} = N \cdot F_0 \left(\frac{t_{2k} - t_{CM}}{a} \right) - m_{T1} = 69 \cdot F_0 \left(\frac{3210 - 1215}{3141} \right) - 5,52 = \\ = 69 \cdot F_0(0,64) - 5,52 = 69 \cdot 0,21 - 5,52 = 8,97.$$

$$m_{T3} = N \cdot F_0 \left(\frac{t_{3k} - t_{CM}}{a} \right) - m_{T1} - m_{T2} = 69 \cdot F_0 \left(\frac{3780 - 1215}{3141} \right) - 5,52 - \\ - 8,97 = 69 \cdot F_0(0,82) - 5,52 - 8,97 = 14,49$$

Для данного примера критерий согласия Пирсона χ^2 при ЗНР

$$\chi^2 = \frac{(5-6,21)^2}{6,21} + \frac{(10-8,28)^2}{8,28} + \frac{(12-13,11)^2}{13,11} + \frac{(17-15,87)^2}{15,87} + \frac{(13-12,42)^2}{12,42} + \\ + \frac{(6-8,28)^2}{8,28} + \frac{(6-4,83)^2}{4,83} = 1,70.$$

При ЗРВ

$$\chi^2 = \frac{(5-5,52)^2}{5,52} + \frac{(10-8,97)^2}{8,97} + \frac{(12-14,49)^2}{14,49} + \frac{(17-13,80)^2}{13,80} + \frac{(13-12,42)^2}{12,42} + \\ + \frac{(6-8,28)^2}{8,28} + \frac{(6-5,52)^2}{5,52} = 2,03.$$

Судя по значениям критериев согласия ЗНР и ЗРВ, приходим к выводу, что применительно к доремонтным ресурсам двигателя более приемлемым считается закон нормального распределения, у которого критерий Пирсона χ^2 меньше ($1,70 < 2,03$).

По величине критерия χ^2 и данным таблицы В.1 приложения В, определяют вероятность совпадения опытных и теоретических распределений. Число степеней свободы определяется по формуле

$$r = n_y - (s + 1), \quad (27)$$

где n_y – число интервалов укрупненного статистического ряда;

s – количество параметров теоретического распределения

(для нормального закона $s = 1$, для распределения Вейбулла $s = 2$).

Рассчитываем число степеней свободы, при этом число интервалов укрупненного статистического ряда для данного примера $n_y = 7$.

Тогда

$$r_{\text{ЗНР}} = 7 - (1 + 1) = 5;$$

$$r_{\text{ЗРВ}} = 7 - (2 + 1) = 4.$$

Значение критериев χ^2 находим в 5-й и 4-й строках таблицы В1 приложения В, а вероятность совпадения $P(\%)$ – по верхней строке этой же таблицы. Для окончательных расчетов выбирают тот теоретический закон распределения случайной величины, у которого χ^2 меньше, а P соответственно больше. Если $P < 10 \%$, выбранный для выравнивания опытной информации закон распределения следует считать непригодным. Вероятность совпадения ЗНР при $\chi^2 = 1,70$ составляет 88 %, а ЗРВ при $\chi^2 = 2,03$ составляет 76 %. Совпадение ЗНР больше чем при ЗРВ.

Следовательно, выбранный для выравнивания закон распределения Вейбулла следует считать непригодным.

7 Графическое изображение опытной и теоретически выравненной информации

По данным статистического ряда могут быть построены гистограмма, полигон и кривая накопленных опытных вероятностей, которые дают наглядное представление об опытном распределении показателя надежности и позволяют решать ряд инженерных задач.

Для построения гистограммы (рисунок 1) по оси абсцисс откладывают в определенном масштабе показатель надежности T , а по оси ординат - опытную частоту m_i , или опытную вероятность P_i .

При построении полигона распределения (рисунок 1) по осям абсцисс и ординат откладывают те же значения, что и при построении гистограммы. Точки полигона распределения образуются пересечением ординаты, равной опытной вероятности интервала, и абсциссы, равной середине этого интервала.

Начальную и конечную точки полигона распределения приравнивают к абсциссам начала первого и конца последнего интервалов статистического ряда.

Точки дифференциальной функции $f(t)$ наносим на середины интервалов, используя тот же масштаб, как при построении P_i .

С помощью гистограммы и полигона распределения можно определить, например, число двигателей, которые достигнут пре дельного состояния ресурса, и потребуют ремонта в заданном интервале наработки. Для этого надо определить площадь полигона или гистограммы, ограниченную заданным интервалом, и отнести ее к суммарной площади под ступенчатым графиком. Полученное значение укажет на число отказавших двигателей в долях единицы. Для получения числа физических двигателей необходимо это значение умножить на число точек информации (т. е. $N = 69$).

Для построения кривой накопленных опытных вероятностей (рисунок 2) по оси абсцисс откладывают в масштабе значение показателя надежности t , а по оси ординат - накопленную вероятность $\sum_{i=1}^n P_i$.

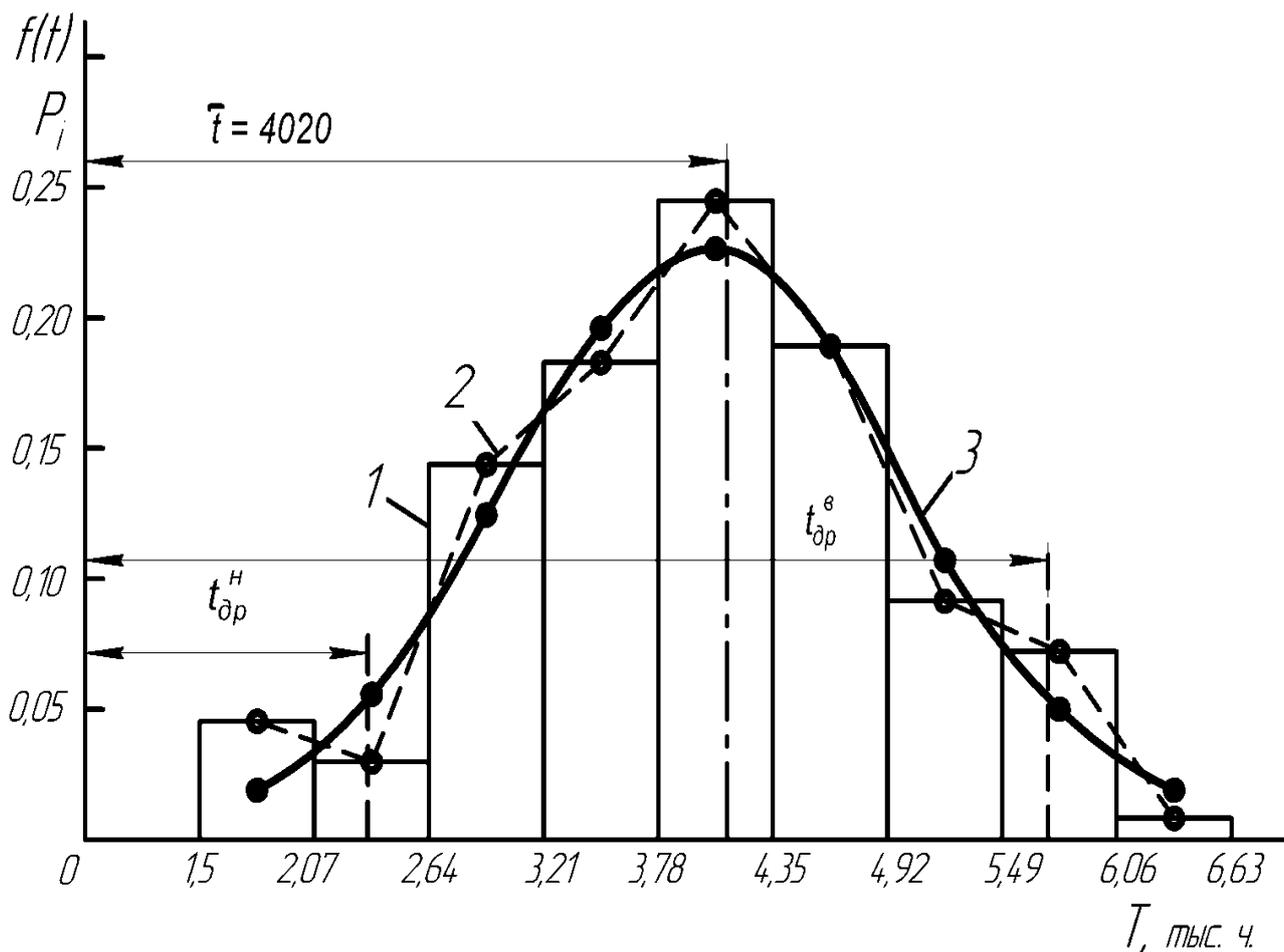


Рисунок 1 – Гистограмма (1), полигон (2) и график дифференциальной функции (3) распределения ресурсов двигателя

Точки кривой накопленных опытных вероятностей образуются пересечением ординаты, равной сумме вероятностей $\sum_{i=1}^n P_i$ и абсциссы конца данного интервала. Полученные точки соединяют прямыми линиями. Первую точку соединяют с началом первого интервала.

Кривая накопленных опытных вероятностей более удобна для решения практических задач по сравнению с гистограммой и полигоном распределения, так как в этом случае нет необходимости определять площади, а все искомые показатели находят по оси ординат.

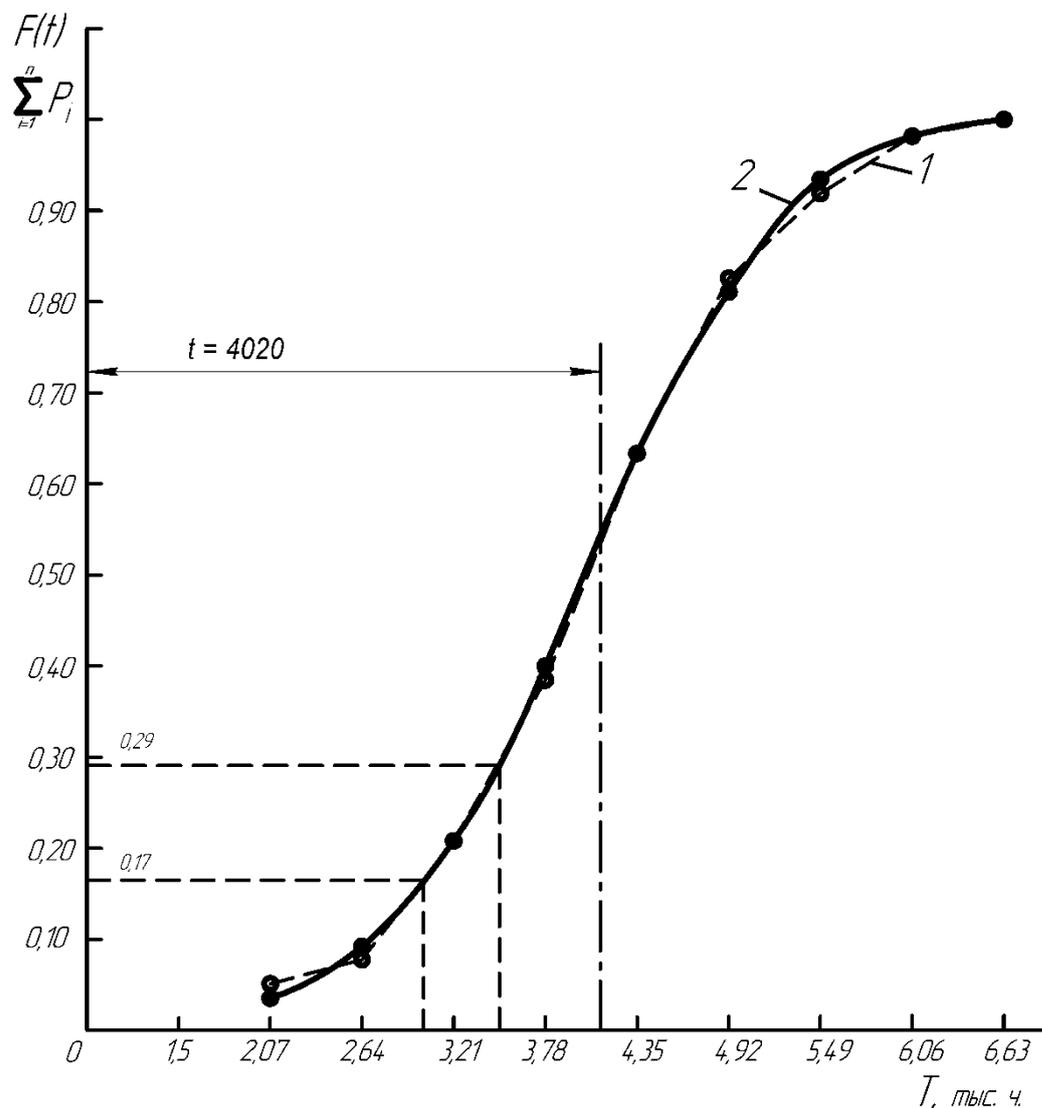


Рисунок 2 – Кривая накопленных опытных вероятностей (1) и график интегральной функции (2) (функции распределения)

Например, для определения числа двигателей, потребоющих ремонта при наработке до 3,5 тыс. ч, необходимо на оси абсцисс найти точку 3,5 и по оси ординат определить накопленную опытную вероятность $\sum P_i = 0,29$. Физическое число $N_{дв} = 0,29 \cdot 69 = 20$ двигателей.

С помощью этой же кривой можно найти число отказавших двигателей в любом интервале наработки.

8 Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности

Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности при ЗНР

Для определения нижней доверительной границы рассеивания одиночного показателя используют уравнение

$$t_{\beta}^{\text{Н}} = \bar{t} - t_{\beta} \sigma, \quad (28)$$

где t_{β} – коэффициент Стьюдента.

Для верхней доверительной границы одиночного показателя

$$t_{\beta}^{\text{В}} = \bar{t} + t_{\beta} \sigma. \quad (29)$$

Доверительный интервал

$$I_{\beta} = t_{\beta}^{\text{В}} - t_{\beta}^{\text{Н}}. \quad (30)$$

Расчетная схема и физический смысл доверительных границ среднего значения показателя надежности те же, что и для одиночного показателя. Разница заключается в значении среднего квадратического отклонения.

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (31)$$

где N – число точек информации, по которому определено среднее значение показателя надежности.

Нижняя доверительная граница среднего значения показателя надежности

$$t_{\beta}^{\text{Н}} = \bar{t} - t_{\beta} \frac{\sigma}{\sqrt{N}}. \quad (32)$$

Верхняя доверительная граница среднего значения показателя надежности

$$t_{\beta}^{-B} = \bar{t} + t_{\beta} \frac{\sigma}{\sqrt{N}}. \quad (33)$$

Доверительный интервал среднего значения показателя надежности

$$I_{\beta} = t_{\beta}^{-B} - t_{\beta}^{-H} \quad (34)$$

Для примера по обработке информации по ресурсу двигателя коэффициент Стьюдента при $\beta = 0,90$, $t_{\beta} = 1,67$ (таблица Б.1 приложения Б), при этом нижняя доверительная граница одиночного показателя надежности

$$t_{др}^H = 4020 - 1,67 \cdot 1011 = 2332 \text{ ч,}$$

верхняя доверительная граница одиночного показателя надежности

$$t_{др}^B = 4020 + 1,67 \cdot 1011 = 5708 \text{ ч,}$$

доверительный интервал одиночного показателя надежности

$$I_{\beta} = 5708 - 2332 = 3376 \text{ ч.}$$

Нижняя доверительная граница среднего значения показателя надежности

$$t_{др}^H = 4020 - 1,67 \frac{1011}{\sqrt{69}} = 3830 \text{ ч,}$$

верхняя доверительная граница среднего значения показателя надежности

$$t_{др}^B = 4020 + 1,67 \frac{1011}{\sqrt{69}} = 4223 \text{ ч,}$$

доверительный интервал среднего значения показателя надежности

$$I_{\beta} = 4223 - 3830 = 393 \text{ ч.}$$

Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности при ЗРВ

Доверительные границы рассеивания одиночного показателя надежности при ЗРВ определяют по уравнениям.

Нижняя доверительная граница одиночного показателя надежности

$$t_{\text{др}}^{\text{Н}} = H_{\text{К}}^{\text{Н}} \left(\frac{1-\beta}{2} \right) \cdot a + t_{\text{см}}. \quad (35)$$

Верхняя доверительная граница одиночного показателя надежности

$$t_{\text{др}}^{\text{В}} = H_{\text{К}}^{\text{В}} \left(\frac{1+\beta}{2} \right) \cdot a + t_{\text{см}}. \quad (36)$$

Доверительный интервал одиночного показателя надежности

$$I_{\beta} = t_{\text{др}}^{\text{В}} - t_{\text{др}}^{\text{Н}}. \quad (37)$$

Доверительные границы среднего показателя надежности.

Нижняя доверительная граница среднего значения показателя надежности

$$\bar{t}_{\text{др}}^{\text{Н}} = (\bar{t} - t_{\text{см}}) \cdot \frac{b}{\sqrt{r_3}} + t_{\text{см}}. \quad (38)$$

Верхняя доверительная граница среднего значения показателя надежности

$$\bar{t}_{\text{др}}^{\text{В}} = (\bar{t} - t_{\text{см}}) \cdot \frac{b}{\sqrt{r_1}} + t_{\text{см}}. \quad (39)$$

Доверительный интервал среднего значения показателя надежности

$$\bar{I}_{\beta} = \bar{t}_{\text{др}}^{\text{В}} - \bar{t}_{\text{др}}^{\text{Н}}. \quad (40)$$

Для рассматриваемого примера при $\beta = 0,90$, $b = 3,02$;

$a = 3141$ ч; $t_{\text{см}} = 1215$ ч; $r_1 = 1,23$ и $r_3 = 0,83$. Тогда

$$t_{\text{др}}^{\text{H}} = H_{\text{к}}^{\text{B}} \left(\frac{1-0,90}{2} \right) \cdot 3141 + 1215 = 0,37 \cdot 3141 + 1215 = 2377 \text{ ч},$$

$$t_{\text{др}}^{\text{B}} = H_{\text{к}}^{\text{B}} \left(\frac{1+0,90}{2} \right) \cdot 3141 + 1215 = 1,44 \cdot 3141 + 1215 = 5738 \text{ ч},$$

$$I_{\beta} = 5738 - 2377 = 3361 \text{ ч}.$$

$$\overset{-\text{H}}{t}_{\text{др}} = (4020 - 1215) \cdot \sqrt[3,02]{0,83} + 1215 = 3880 \text{ ч},$$

$$\overset{-\text{B}}{t}_{\text{др}} = (4020 - 1215) \cdot \sqrt[3,02]{1,23} + 1215 = 4169 \text{ ч},$$

$$\bar{I}_{\beta} = 4169 - 3880 = 289 \text{ ч}.$$

9 Определение абсолютной и относительной предельных ошибок переноса характеристик показателя надежности

Абсолютная ошибка переноса опытных характеристик показателя надежности при заданной доверительной вероятности из выражения $e_{\beta} = \pm t_{\beta} \cdot \sigma$, равна по значению $e_{\beta} = 1688$ ч в обе стороны от среднего значения показателя надежности.

Относительная предельная ошибка определяется по уравнению

$$\delta_{\beta} = \frac{\overset{-\text{B}}{t}_{\text{др}} - \bar{t}}{\bar{t} - t_{\text{см}}} \cdot 100. \quad (41)$$

$$\delta_{\beta(\text{ЗНР})} = [(4210 - 4020)] / 4020 \cdot 100 \% = 4,7 \%,$$

$$\delta_{\beta(\text{ЗРВ})} = [(4169 - 4020)] / (4020 - 1215) \cdot 100\% = 6,99 \% \text{ или } 7 \%.$$

10 Расчет гамма процентного ресурса машин и агрегатов

Гамма процентный ресурс относится к техническим показателям долговечности машин. Для сокращения времени наблюдения при оценке долговечности тракторов или их агрегатов пользуются гамма процентным ресурсом. Физическая сущность этого показателя заключена в том, что за машинами наблюдают до появления ресурсного отказа (РО) у сравнительно небольшого количества (10 – 20 %) машин. При этом за величину гамма процентного (90 %, 80 %) ресурса принимают наработку до появления ресурсного отказа у последней вышедшей из строя машины. **Гамма процентным ресурсом** называется наработка, в течение которой объект не достигает предельного состояния РО с заданной вероятностью γ процентов.

Гамма процентный ресурс – основной нормативный показатель долговечности, на основании которого допускают к эксплуатации изготовленные и отремонтированные машины, агрегаты и узлы.

Для приема тракторов и автомобилей в эксплуатацию в сельском хозяйстве в настоящее время установлен 80 %-ный ресурс (т. е. у 80 % машин ресурс при испытании или наблюдении должен превышать установленную величину γ %-ного ресурса).

Гамма процентный ресурс представляет собой нижнюю доверительную границу рассеивания ресурса при односторонней доверительной вероятности $\beta = \gamma$, где γ – заданный гамма процент машин (в долях единицы), выходящих из строя до значения гамма процентного ресурса $t(\gamma \%)$

$$\gamma = \frac{\gamma\%}{100} = P[t(\gamma)], \quad (42)$$

где $P[t(\gamma)]$ – интегральная функция безотказности.

Если известен теоретический закон распределения ресурсов машины и его параметры, то величину гамма процентного ресурса рассчитывают по уравнениям

$$\text{для ЗНР} \quad t(\gamma) = \bar{t} - H_k(\gamma) \cdot \sigma, \quad (43)$$

$$\text{для ЗРВ} \quad t(\gamma) = \bar{t} - H_k^B(1 - \gamma) \cdot a + t_{см}, \quad (44)$$

где $H_k(\gamma)$ и $H_k^B(1 - \gamma)$ – квантили соответственно ЗНР и ЗРВ (таблицы А.7 и А.8 приложения А);

\bar{t} – средний ресурс;

a – параметр Вейбулла.

Например, 80 %-ный доремонтный ресурс двигателей для ЗНР ($\bar{t} = 4020$ мото-ч, $\sigma = 1011$ мото-ч) по уравнению (43) равен

$$t(80 \%) = 4020 - H_k(0,80) \cdot 1011 = 4020 - 0,84 \cdot 1011 = 3171 \text{ ч.}$$

Величину 80 % гамма ресурса можно определить графическим путем. Для этого необходимо из отметки оси ординат равной $1 - \gamma$ (γ в долях единицы) провести горизонтальную линию до пересечения с кривой интегральной функции. Полученную в результате пересечения точку необходимо спроектировать на ось абсцисс. Координата данной точки в соответствующем масштабе соответствует значению 80 % гамма ресурса. Графическое изображение ТЗР можно использовать для решения некоторых практических инженерных задач.

Например, для определения количества двигателей нуждающихся в ремонте в течение определённого периода наработки и необходимого количества запасных частей для выполнения работ.

Данная задача решается в следующей последовательности:

1 Определяют вероятность доремонтной наработки в пределах от t_1 до t_2 . Для этого проводят вертикальные линии от точек t_1 и t_2 на оси абсцисс до пересечения с интегральной функцией $F(t)$ ТЗР. Полученные точки проектируют на ось ординат и получают точки $F(t_1)$ и $F(t_2)$.

2 Вероятность доремонтной наработки от t_1 до t_2 будет

$$P(t_1-t_2) = F(t_2) - F(t_1).$$

3 Количество объектов нуждающихся в ремонте в течение рассматриваемого периода определяется по формуле

$$N_p = N [F(t_2) - F(t_1)].$$

Для рассматриваемого примера, необходимо определить количество двигателей подлежащих ремонту в интервале наработки 3,0–3,5 тыс. ч, и соответственно необходимого количества запасных частей для выполнения работ.

Используя полученную расчетным путем интегральную функцию, представленную на рисунке 2, графическим способом определим значения $F(t_1)$ и $F(t_2)$ при наработке $t_1 = 3,0$ тыс. ч, $t_2 = 3,5$ тыс. ч.

Получили $F(3,0) = 0,17$, $F(3,5) = 0,29$.

Количество двигателей нуждающихся в ремонте

$$N_{\text{дв}} = 69 \cdot (0,29 - 0,17) = 8 \text{ двигателей.}$$

Исходные данные для выполнения индивидуальных заданий представлены в приложении Г.

3.3.2 Определение полного ресурса соединения и допустимых износов без ремонта размеров соединяемых деталей

Полный ресурс детали или соединения – наработка от начала эксплуатации и до списания. Полный ресурс деталей или соединений ограничивается предельным состоянием.

Предельное состояние – состояние машины или ее элемента, при котором дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление ее работоспособности невозможно или нецелесообразно в результате достижения предельного состояния эксплуатации машины, нарушения безопасности, или её неустранимого изменения заданных параметров, обуславливающих экономичную целесообразность списания детали.

Дефектация – контроль технического состояния деталей и узлов при ремонте машин – является одним из важнейших этапов технологического процесса. Производится на специальных рабочих местах, оснащенных необходимыми комплектами приборов и инструментов.

Контроль деталей проводится на основании “технических требований на капитальный ремонт” обязательных для ремонтных предприятий.

Среднюю скорость изнашивания детали по данным проведенных измерений вычисляют по формуле

$$\overline{W}_I = \frac{U_{изм}}{T_{изм}}, \quad (45)$$

где $U_{изм}$ - износ детали на момент измерения, мм;

$T_{изм}$ - ресурс детали на момент измерения, мото-ч.

Среднюю скорость изнашивания соединения вычисляют по формуле

$$\overline{W}_c = \frac{S_{изм} - S_{н. max}}{T_{изм}}, \quad (46)$$

где $S_{изм}$ – измеренная величина зазора в соединении, мм вычисляют по формуле

$$S_{изм} = D_{изм} - d_{изм} \quad (47)$$

$S_{н.маx}$ – начальный зазор в соединении из технических требований на ремонт соединения в соответствии с таблицей 8, мм.

Таблица 8 - Данные из технических требований на ремонт соединения “поршневой палец – втулка шатуна”

Соединяемые детали	Размеры деталей, мм	Зазор в соединении, мм		
	Начальный диаметр	Начальный S_n	Допустимый $S_{др}$	Предельный $S_{пр}$
Втулка	$42^{+0,038}_{+0,023}$	От 0,022 До 0,047	0,15	0,25
Поршневой палец	$42^{+0,001}_{-0,009}$			

Средний остаточный ресурс соединения вычисляют по формуле

$$\bar{T}_{co} = \frac{S_{пр} - S_{изм}}{W_C}, \quad (48)$$

где $S_{пр}$ – предельный зазор в соединении из технических условий на дефектацию соединения в соответствии с таблицей 8, мм.

Доверительные границы среднего остаточного ресурса (T_{co}) соединения вычисляют по формулам

$$T_{oc}^H = 0,70 T_{co}; \quad (49)$$

$$T_{oc}^B = 1,35 T_{co} \quad (50)$$

По данным технической документации, полный средний ресурс детали соединения в соответствии с рисунком 3 вычисляют по формулам

$$\bar{T}_{\partial n} = \frac{I_{np}}{I_{np} - I_{\partial p}} \bar{T}_{mp} \quad (51)$$

$$\bar{T}_{cn} = \frac{S_{np} - S_{Hmax}}{S_{np} - S_{\partial p}} \bar{T}_{mp} \quad (52)$$

где I_{np} и $I_{\partial p}$ - соответственно предельный и допустимый износы, мм;

$S_{H \max}$, $S_{пр}$ и $S_{др}$ - соответственно начальный максимальный, предельный и допустимый зазоры из технических требований на ремонт соединения в соответствии с рисунком мм;

$T_{мр}$ - установленная величина межремонтного ресурса, мото-ч Предельный износ вычисляют по формуле

$$I_{пр} = I_{др} \frac{S_{пр} - S_{H \max}}{S_{пр} - S_{др}} \quad (53)$$

Предельные размеры втулки и поршневого пальца вычисляют по формулам

$$\text{втулка} \quad D_{пр} = D_{H \max} + I_{пр}, \quad (54)$$

$$\text{поршневой палец} \quad d_{пр} = d_{H \min} - I_{пр} \quad (55)$$

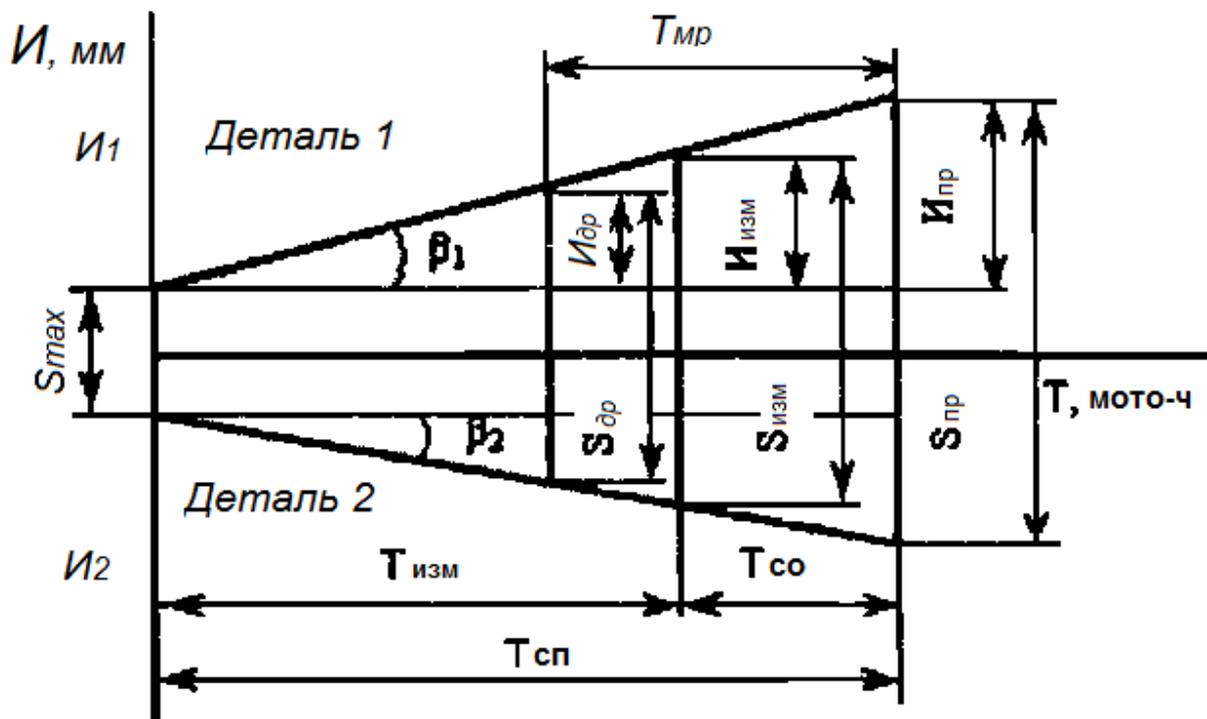


Рисунок 3 - Схема расчета среднего полного ресурса соединения, предельных и допустимых износов деталей

Допустимые без ремонта размеры втулки и поршневого пальца, вычисляют по формулам

$$\text{втулка} \quad D_{др} = D_{\max} + T_{мр} \times W_{вт}, \quad (56)$$

$$\text{поршневой палец} \quad d_{\text{др}} = d_{\text{min}} - T_{\text{мр}} \times W_{\text{пп}}. \quad (57)$$

Допустимые износы втулки и поршневого пальца вычисляются по формулам

$$\text{втулка} \quad I_{\text{др}} = D_{\text{др}} - D_{\text{н.мах}}, \quad (58)$$

$$\text{поршневой палец} \quad I_{\text{др}} = d_{\text{н.мин}} - d_{\text{др}}. \quad (59)$$

Пример расчета полного ресурса соединения

Измерением соединения “поршневой палец – втулка шатуна”, проведенным через заданную наработку $T_{\text{изм}} = 2420$ мото-ч. двигателя СМД-14, определены диаметры втулки верхней головки шатуна и поршневого пальца в местах их наибольшего износа: $D_{\text{изм}} = 42,05$ мм; $d_{\text{изм}} = 41,95$ мм.

Межремонтный ресурс $T_{\text{мр}} = 4800$ мото-ч.

Требуется определить остаточный ресурс соединения, доверительные границы при $\beta = 0,80$, предельные и допустимые при ремонте размеры втулки и поршневого пальца.

1 Среднюю скорость изнашивания соединения вычисляют по формуле

$$\overline{W}_c = \frac{(42,05 - 41,95) - 0,047}{2420} = 2 \times 10^{-5} \quad \text{мм/мото-ч}$$

2 Средний остаточный ресурс соединения вычисляют по формуле

$$\overline{T}_{\text{со}} = \frac{0,25 - 0,1}{2 \times 10^{-5}} = 7500 \quad \text{мото-ч}$$

3 Доверительные границы остаточного ресурса соединения вычисляют по формулам (49) и (50)

$$\begin{aligned} T_{\text{со}}^H &= 0,70 \times 7500 = 5250 \text{ мото-ч} \\ T_{\text{со}}^B &= 1,35 \times 7500 = 10125 \text{ мото-ч} \end{aligned}$$

4 Полный ресурс соединения в соответствии с техническими требованиями (таблице 8) вычисляют по формуле (52)

$$\overline{T_{cn}} = \frac{4800(0,25 - 0,047)}{0,25 - 0,15} = 9744_{\text{мото-ч}}$$

5 Среднюю скорость изнашивания втулки и поршневого пальца вычисляют по формуле (45)

$$\begin{aligned} \text{втулка} \quad \overline{W_{вт}} &= \frac{42,05 - 42,038}{2420} = 0,5 \times 10^{-5} \frac{\text{мм}}{\text{мото-ч}} \\ \text{поршневой палец} \quad \overline{W_{пн}} &= \frac{41,991 - 41,95}{2420} = 1,7 \times 10^{-5} \frac{\text{мм}}{\text{мото-ч}} \end{aligned}$$

6 Допустимые без ремонта размеры деталей соединения вычисляют по формулам (56) и (57)

$$\begin{aligned} \text{втулка} \quad D_{др} &= 42,038 + 4800 \times 0,5 \times 10^{-5} = 42,06 \text{ мм}, \\ \text{поршневой палец} \quad d_{др} &= 41,991 - 4800 \times 1,7 \times 10^{-5} = 41,91 \text{ мм}. \end{aligned}$$

7 Допустимые износы втулки и поршневого пальца по техническим условиям вычисляют по формулам

$$\begin{aligned} \text{втулка:} \quad I_{др} &= 42,06 - 42,038 = 0,02 \text{ мм} \\ \text{поршневой палец:} \quad I_{др} &= 41,991 - 41,91 = 0,08 \text{ мм} \end{aligned}$$

8 Предельные износы втулки и поршневого пальца в соответствии с таблицей 3 вычисляют по формуле (53)

$$\begin{aligned} \text{втулка} \quad I_{пр} &= 0,02 \frac{0,25 - 0,047}{0,25 - 0,1} = 0,4 \text{ мм} \\ \text{поршневой палец} \quad I_{пр} &= 0,08 \frac{0,25 - 0,047}{0,25 - 0,10} = 0,16 \text{ мм} \end{aligned}$$

9 Предельные размеры втулки и поршневого пальца вычисляются по формулам (54) и (55)

$$\begin{aligned} \text{втулка} \quad D_{пр} &= 42,038 + 0,04 = 42,078 \text{ мм} \\ \text{поршневой палец} \quad d_{пр} &= 41,991 - 0,16 = 41,831 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Значения измерений для выполнения расчетов полного ресурса соединения и допустимых без ремонта размеров, соединяемых деталей приведены в приложении Д.

Приложение А

Табличные значения функций для расчета показателей надежности

**Таблица А.1 – Дифференциальная функция (функция
вероятности) закона нормального распределения**

$$(ЗНР)_{f_0} \left(\frac{t_{ic} - \bar{t}}{\sigma} \right)$$

$\frac{t_{ic} - \bar{t}}{\sigma}$	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
0,1	0,40	40	40	40	40	40	39	39	39	39
0,2	0,39	39	39	39	39	39	39	39	38	38
0,3	0,38	38	38	38	38	38	37	37	37	37
0,4	0,37	37	37	36	36	36	36	36	36	35
0,5	0,35	35	35	35	35	34	34	34	34	34
0,6	0,33	33	33	33	33	32	32	32	32	31
0,7	0,31	31	31	31	30	30	30	30	29	29
0,8	0,29	29	29	28	28	28	28	27	27	27
0,9	0,27	26	26	26	26	25	25	25	25	24
1,0	0,24	24	24	24	23	23	23	23	22	22
1,1	0,22	22	21	21	21	21	20	20	20	20
1,2	0,19	19	19	19	19	18	18	18	18	17
1,3	0,17	17	17	17	16	16	16	16	15	15
1,4	0,15	15	15	14	14	14	14	14	13	13
1,5	0,13	13	13	12	12	12	12	12	12	11
1,6	0,11	11	11	11	10	10	10	10	10	10
1,7	0,09	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
1,8	0,08	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
1,9	0,07	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
2,0	0,05	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2,1	0,04	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
2,2	0,04	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
2,3	0,03	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
2,4	0,02	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,5	0,02	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
2,6	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2,8	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Таблица А.2 – Интегральная функция (функция распределения) закона нормального распределения (ЗНР)

$$F_0\left(\frac{t_{ik} - \bar{t}}{\sigma}\right)$$

$\frac{t_{ik} - \bar{t}}{\sigma}$	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,50	50	51	51	52	52	52	53	53	54
0,1	0,54	54	55	55	56	56	56	56	57	58
0,2	0,58	58	59	59	60	60	60	61	61	61
0,3	0,62	62	63	63	63	64	64	64	65	65
0,4	0,66	66	66	67	67	67	68	68	68	69
0,5	0,69	70	70	71	71	71	71	72	72	72
0,6	0,73	73	73	74	74	74	75	75	75	75
0,7	0,76	76	76	77	77	77	78	78	78	79
0,8	0,79	79	79	80	80	80	81	81	81	81
0,9	0,82	82	82	82	83	83	83	83	84	84
1,0	0,84	84	85	85	85	85	86	86	86	86
1,1	0,86	87	87	87	87	88	88	88	88	88
1,2	0,89	89	89	89	89	89	90	90	90	90
1,3	0,90	91	91	91	91	91	91	92	92	92
1,4	0,92	92	92	92	93	93	93	93	93	93
1,5	0,93	93	94	94	94	94	94	94	94	94
1,6	0,95	95	95	95	95	95	95	95	95	96
1,7	0,96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
1,8	0,96	97	97	97	97	97	97	97	97	97
1,9	0,97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
2,0	0,98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
2,1	0,98	98	98	98	98	98	98	99	99	99
2,2	0,99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
2,3	0,99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
2,4	0,99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
2,5	0,99	99	99	99	99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица А.3 – Коэффициенты Ирвина λ_T

Повторность информации N	2	3	10	20	30	50	100	400
λ_T при $\alpha = 0,95$	2,8	2,2	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
λ_T при $\alpha = 0,99$	3,7	2,9	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3

**Таблица А.4 – Параметры и коэффициенты закона
распределения Вейбулла (ЗРВ)**

b	K_b	C_b	V	S_b	$P_{оп}$
0,800	1,133	1,428	1,261	2,815	0,669
0,820	1,114	1,367	1,227	2,707	0,661
0,840	1,096	1,311	1,196	2,608	0,658
0,860	1,080	1,261	1,167	2,514	0,655
0,880	1,066	1,214	1,139	2,427	0,652
0,900	1,052	1,171	1,113	2,345	0,649
0,920	1,040	1,132	1,088	2,268	0,645
0,940	1,029	1,095	1,064	2,195	0,641
0,960	1,018	1,061	1,042	2,127	0,638
0,980	1,009	1,029	1,020	2,062	0,635
1,000	1,000	1,000	1,000	2,000	0,632
1,040	0,984	0,947	0,962	1,886	0,626
1,080	0,971	0,900	0,927	1,782	0,620
1,120	0,959	0,858	0,894	1,688	0,615
1,160	0,949	0,821	0,865	1,601	0,610
1,200	0,941	0,787	0,837	1,521	0,605
1,240	0,933	0,757	0,811	1,447	0,600
1,280	0,926	0,729	0,787	1,378	0,596
1,320	0,921	0,704	0,765	1,314	0,592
1,360	0,916	0,681	0,744	1,255	0,588
1,400	0,911	0,660	0,724	1,198	0,584
1,420	0,909	0,650	0,714	1,172	0,582
1,460	0,906	0,631	0,696	1,120	0,578
1,480	0,904	0,622	0,687	1,096	0,577
1,500	0,903	0,613	0,679	1,072	0,576
1,520	0,901	0,605	0,671	1,049	0,574
1,540	0,900	0,597	0,663	1,026	0,572
1,560	0,899	0,589	0,655	1,004	0,570
1,580	0,898	0,581	0,647	0,983	0,569
1,600	0,897	0,574	0,640	0,962	0,568
1,620	0,896	0,567	0,633	0,942	0,566
1,640	0,895	0,560	0,626	0,922	0,564
1,660	0,894	0,553	0,619	0,902	0,563
1,680	0,893	0,546	0,612	0,883	0,562
1,700	0,892	0,540	0,605	0,865	0,561
1,720	0,892	0,534	0,599	0,847	0,559
1,740	0,891	0,528	0,593	0,829	0,558
1,760	0,890	0,522	0,587	0,812	0,557
1,780	0,890	0,517	0,581	0,795	0,556
1,800	0,889	0,511	0,575	0,779	0,555

Продолжение таблицы А.4

b	K _b	C _b	V	S _b	P _{оп}
1,820	0,889	0,506	0,569	0,763	0,553
1,840	0,888	0,501	0,564	0,747	0,552
1,860	0,888	0,496	0,558	0,731	0,551
1,880	0,888	0,491	0,553	0,716	0,550
1,900	0,887	0,486	0,547	0,701	0,549
1,920	0,887	0,481	0,542	0,687	0,548
1,940	0,887	0,476	0,537	0,672	0,547
1,960	0,887	0,472	0,532	0,658	0,546
1,980	0,886	0,468	0,527	0,645	0,545
2,000	0,886	0,463	0,523	0,631	0,544
2,020	0,886	0,459	0,518	0,618	0,543
2,040	0,886	0,455	0,513	0,605	0,542
2,060	0,886	0,451	0,509	0,592	0,541
2,080	0,886	0,447	0,505	0,579	0,540
2,100	0,886	0,443	0,500	0,567	0,539
2,120	0,886	0,439	0,496	0,555	0,538
2,140	0,886	0,436	0,492	0,543	0,537
2,160	0,886	0,432	0,488	0,531	0,536
2,180	0,886	0,428	0,484	0,520	0,535
2,200	0,886	0,425	0,480	0,509	0,535
2,220	0,886	0,421	0,476	0,498	0,534
2,260	0,886	0,415	0,468	0,476	0,533
2,280	0,886	0,412	0,465	0,465	0,532
2,300	0,886	0,408	0,461	0,455	0,531
2,320	0,886	0,405	0,457	0,444	0,531
2,340	0,886	0,402	0,454	0,434	0,530
2,360	0,886	0,399	0,451	0,424	0,529
2,380	0,886	0,396	0,447	0,415	0,528
2,400	0,886	0,393	0,444	0,405	0,527
2,420	0,887	0,391	0,441	0,395	0,527
2,440	0,887	0,388	0,437	0,386	0,526
2,460	0,887	0,385	0,434	0,377	0,526
2,480	0,887	0,382	0,431	0,368	0,525
2,500	0,887	0,380	0,428	0,359	0,524
2,520	0,887	0,377	0,425	0,350	0,524
2,540	0,888	0,374	0,422	0,341	0,523
2,560	0,888	0,372	0,419	0,332	0,522
2,580	0,888	0,369	0,416	0,324	0,521
2,600	0,888	0,367	0,413	0,315	0,520
2,620	0,888	0,364	0,410	0,307	0,520
2,640	0,889	0,362	0,407	0,299	0,519

Продолжение таблицы А.4

b	K_b	C_b	V	S_b	$P_{он}$
2,680	0,889	0,357	0,402	0,283	0,518
2,700	0,889	0,353	0,397	0,267	0,517
2,720	0,889	0,353	0,397	0,267	0,517
2,740	0,890	0,351	0,394	0,260	0,561
2,760	0,890	0,348	0,392	0,252	0,516
2,780	0,890	0,346	0,389	0,245	0,515
2,800	0,890	0,344	0,387	0,237	0,514
2,820	0,891	0,342	0,384	0,230	0,514
2,840	0,891	0,340	0,382	0,223	0,513
2,860	0,891	0,338	0,379	0,216	0,513
2,280	0,891	0,336	0,377	0,209	0,512
2,900	0,892	0,334	0,375	0,202	0,512
2,920	0,892	0,332	0,372	0,195	0,511
2,940	0,892	0,330	0,370	0,188	0,511
2,960	0,892	0,328	0,368	0,181	0,510
2,980	0,893	0,326	0,366	0,175	0,510
3,000	0,893	0,325	0,363	0,168	0,509
3,020	0,893	0,323	0,361	0,162	0,509
3,040	0,883	0,321	0,359	0,155	0,508
3,060	0,894	0,319	0,357	0,149	0,508
3,080	0,894	0,317	0,355	0,143	0,507
3,100	0,894	0,316	0,353	0,136	0,507
3,120	0,895	0,314	0,351	0,130	0,507
3,140	0,895	0,312	0,349	0,124	0,506
3,160	0,895	0,310	0,347	0,118	0,506
3,180	0,895	0,309	0,345	0,112	0,505
3,200	0,896	0,307	0,343	0,106	0,505
3,220	0,896	0,306	0,341	0,101	0,505
3,240	0,896	0,304	0,339	0,095	0,504
3,260	0,886	0,302	0,337	0,089	0,504
3,280	0,897	0,301	0,335	0,083	0,503
3,300	0,897	0,299	0,334	0,078	0,503
3,320	0,897	0,298	0,332	0,072	0,503
3,340	0,898	0,296	0,330	0,067	0,502
3,360	0,898	0,295	0,328	0,061	0,502
3,380	0,898	0,293	0,326	0,056	0,501
3,400	0,898	0,292	0,325	0,051	0,501
3,420	0,899	0,290	0,323	0,046	0,501
3,440	0,899	0,289	0,321	0,040	0,500

Окончание таблицы А.4

b	K _b	C _b	V	S _b	P _{он}
3,460	0,899	0,287	0,320	0,035	0,500
3,480	0,899	0,286	0,318	0,030	0,499
3,500	0,900	0,285	0,316	0,025	0,499
3,520	0,900	0,283	0,315	0,020	0,499
3,540	0,900	0,282	0,313	0,015	0,498
3,560	0,901	0,281	0,312	0,010	0,498
3,580	0,901	0,279	0,310	0,005	0,497
3,600	0,901	0,278	0,308	0,001	0,497
3,620	0,901	0,277	0,307	0,004	0,497
3,640	0,902	0,275	0,305	0,009	0,496
3,660	0,902	0,274	0,304	0,014	0,496
3,680	0,902	0,273	0,302	0,018	0,495
3,700	0,902	0,272	0,301	0,023	0,495
3,720	0,903	0,270	0,299	0,027	0,495
3,740	0,903	0,269	0,298	0,032	0,495
3,760	0,903	0,268	0,297	0,036	0,494
3,780	0,903	0,267	0,295	0,041	0,494
3,800	0,904	0,266	0,294	0,045	0,494
3,820	0,904	0,264	0,292	0,050	0,494
3,840	0,904	0,263	0,291	0,054	0,494
3,860	0,905	0,262	0,290	0,058	0,493
3,880	0,905	0,261	0,288	0,062	0,493
3,900	0,905	0,260	0,287	0,067	0,493
3,920	0,905	0,259	0,286	0,071	0,492
3,940	0,906	0,258	0,284	0,075	0,492
3,960	0,906	0,256	0,283	0,079	0,492
3,980	0,906	0,255	0,282	0,083	0,491
4,000	0,906	0,254	0,280	0,087	0,491
4,020	0,907	0,252	0,278	0,095	0,490
4,060	0,907	0,251	0,277	0,099	0,490
4,080	0,907	0,250	0,276	0,103	0,489
4,100	0,908	0,246	0,274	0,107	0,489
4,120	0,908	0,248	0,273	0,111	0,489
4,140	0,908	0,247	0,272	0,115	0,488
4,160	0,908	0,246	0,271	0,118	0,488
4,180	0,909	0,245	0,270	0,122	0,487
4,200	0,909	0,244	0,268	0,126	0,487

Таблица А.5 – Дифференциальная функция

(функция плотности вероятности) $f(t)$ ЗРВ

$\frac{t_{ic}}{a}$	Параметр b						
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0
0,1	0,905	0,711	0,536	0,392	0,281	0,198	0,030
0,2	0,819	0,752	0,662	0,565	0,470	0,384	0,119
0,3	0,741	0,745	0,719	0,672	0,613	0,548	0,263
0,4	0,670	0,716	0,735	0,733	0,714	0,682	0,450
0,5	0,607	0,676	0,726	0,759	0,776	0,779	0,662
0,6	0,549	0,630	0,700	0,757	0,803	0,837	0,870
0,7	0,497	0,582	0,602	0,734	0,800	0,858	1,043
0,8	0,449	0,534	0,616	0,695	0,771	0,844	1,151
0,9	0,407	0,487	0,566	0,645	0,723	0,801	1,172
1,0	0,368	0,442	0,515	0,589	0,662	0,730	1,104
1,1	0,333	0,399	0,464	0,529	0,593	0,656	0,950
1,2	0,301	0,359	0,414	0,468	0,520	0,569	0,767
1,3	0,273	0,321	0,367	0,409	0,447	0,480	0,564
1,4	0,247	0,287	0,323	0,353	0,377	0,394	0,378
1,5	0,223	0,256	0,2828	0,301	0,313	0,316	0,231
1,6	0,202	0,227	0,245	0,245	0,255	0,247	0,123
1,7	0,183	0,202	0,212	0,213	0,205	0,189	0,064
1,8	0,165	0,178	0,182	0,176	0,162	0,141	0,029
1,9	0,150	0,157	0,155	0,144	0,126	0,103	0,011
2,0	0,135	0,139	0,132	0,117	0,096	0,073	0,004
2,1	0,123	0,122	0,112	0,094	0,073	0,051	0,001
2,2	0,111	0,107	0,094	0,075	0,054	0,035	–
2,3	0,100	0,094	0,079	0,060	0,040	0,023	–
2,4	0,091	0,082	0,066	0,047	0,029	0,015	–
2,5	0,0082	0,072	0,055	0,036	0,021	0,010	–

Таблица А.6 – Интегральная функция (функция распределения) $F(\frac{t_{iК} - t_{сМ}}{a})$ ЗРВ

$\frac{t_{iК} - t_{сМ}}{a}$	Параметр b															
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
0,1	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
0,2	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
0,3	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
0,4	0,35	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10
0,5	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,287	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17
0,6	0,47	0,45	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36	0,34	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25
0,7	0,52	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,44	0,43	0,43	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,35
0,8	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,45	0,44
0,9	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54
1,0	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
1,1	0,66	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,72
1,2	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79
1,3	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84	0,85
1,4	0,74	0,75	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89
1,5	0,76	0,78	0,79	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93
1,6	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95
1,7	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97
1,8	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
1,9	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
2,0	0,85	0,87	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
2,1	0,86	0,88	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
2,2	0,87	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
2,3	0,88	0,90	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
2,4	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,5	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,6	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,7	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,8	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,9	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,0	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,5	0,95	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4,0	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Продолжение таблицы А.6

$t_{ик} - t_{см}$ <i>a</i>	Параметр <i>b</i>															
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,3	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
0,4	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
0,5	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
0,6	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12
0,7	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21
0,8	0,44	0,43	0,42	0,41	0,41	0,40	0,39	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34
0,9	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48
1,0	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
1,1	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77
1,2	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87
1,3	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94
1,4	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98
1,5	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
1,6	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,7	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,8	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,9	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица А.7 – Квантили закона нормального распределения (ЗНР) H_k

$F(t); \sum P_i$	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5	0,000	0,025	0,050	0,075	0,100	0,126	0,151	0,176	0,202	0,227
0,6	0,253	0,279	0,305	0,332	0,358	0,385	0,412	0,440	0,468	0,496
0,7	0,524	0,553	0,583	0,613	0,643	0,675	0,706	0,739	0,772	0,806
0,8	0,842	0,878	0,915	0,954	0,994	1,036	1,080	1,126	1,175	1,227
0,9	1,282	1,341	1,405	1,476	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Таблица А.8 – Квантили закона распределения Вейбулла (ЗРВ) H_K^B

$F(t);$ ΣP_i	Параметр b															
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,16	0,22	0,27	0,31
0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,25	0,31	0,37	0,42
0,05	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,31	0,37	0,43	0,48
0,07	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,35	0,42	0,47	0,52
0,10	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,41	0,47	0,53	0,57
0,15	0,14	0,17	0,19	0,23	0,25	0,29	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,50	0,56	0,60	0,63
0,20	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,45	0,47	0,55	0,61	0,65	0,69
0,25	0,25	0,29	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,61	0,66	0,70	0,73
0,30	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,66	0,71	0,75	0,77
0,35	0,40	0,44	0,47	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,71	0,75	0,79	0,81
0,40	0,47	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66	0,67	0,69	0,70	0,72	0,76	0,80	0,83	0,85
0,45	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,69	0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,81	0,84	0,86	0,88
0,50	0,67	0,69	0,72	0,74	0,75	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,86	0,89	0,90	0,91
0,55	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95
0,60	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
0,65	1,07	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02
0,70	1,23	1,20	1,18	1,17	1,15	1,14	1,13	1,12	1,12	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,05	1,05
0,75	1,45	1,40	1,36	1,33	1,30	1,27	1,25	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,14	1,11	1,10	1,09
0,80	1,70	1,61	1,54	1,49	1,44	1,41	1,37	1,35	1,32	1,30	1,29	1,27	1,21	1,17	1,15	1,13
0,85	2,11	1,96	1,84	1,74	1,67	1,61	1,55	1,51	1,47	1,45	1,32	1,39	1,31	1,25	1,21	1,18
0,90	2,53	2,30	2,13	2,00	1,90	1,81	1,74	1,68	1,63	1,59	1,55	1,52	1,40	1,32	1,27	1,23
0,93	2,96	2,66	2,43	2,26	2,12	2,01	1,92	1,84	1,78	1,72	1,67	1,63	1,18	1,39	1,32	1,28
0,95	3,38	3,00	2,71	2,49	2,33	2,19	2,08	1,99	1,91	1,84	1,78	1,73	1,55	1,44	1,37	1,32
0,97	4,03	3,51	3,13	2,84	2,63	2,45	2,31	2,19	2,09	2,01	1,94	1,87	1,65	1,52	1,43	1,37
0,99	5,46	4,60	4,01	3,57	3,24	2,98	2,77	2,60	2,46	2,34	2,23	2,15	1,84	1,66	1,55	1,46

Приложение Б

Коэффициенты для определения доверительных границ показателя надежности

Таблица Б.1 – Коэффициенты t_β , r_1 и r_3 для двусторонних доверительных границ

N	$\beta=0,60$			$\beta=0,80$			$\beta=0,90$			$\beta=0,95$		
	t_β	r_1	r_3	$t_\beta$	$r_1$	$r_3$	$t_\beta$	$r_1$	$r_3$	$t_\beta$	$r_1$	$r_3$
3	1,06	1,95	0,70	1,89	2,73	0,57	2,92	3,66	0,48	4,30	4,85	0,4
4	0,98	1,74	0,73	1,64	2,29	0,60	2,35	2,93	0,52	3,18	3,67	0,4
5	0,92	1,54	0,76	1,53	2,05	0,62	2,13	2,54	0,55	2,78	3,07	0,4
6	0,92	1,54	0,76	1,48	1,90	0,65	2,02	2,29	0,57	2,57	2,72	0,54
7	0,91	1,48	0,7	1,44	1,80	0,67	1,94	2,13	0,59	2,45	2,48	0,54
8	0,90	1,43	0,78	1,42	1,72	0,68	1,90	2,01	0,61	2,37	2,32	0,57
9	0,89	1,40	0,79	1,40	1,66	0,69	1,86	1,91	0,63	2,31	2,18	0,57
10	0,88	1,37	0,80	1,38	1,61	0,70	1,83	1,83	0,64	2,26	2,09	0,59
11	0,88	1,35	0,80	1,37	1,57	0,70	1,81	1,78	0,64	2,23	2,00	0,60
12	0,88	1,35	0,81	1,36	1,53	0,71	1,80	1,73	0,65	2,20	1,94	0,61
13	0,87	1,31	0,81	1,36	1,50	0,73	1,78	1,69	0,66	2,18	1,8	0,62
14	0,87	1,29	0,83	1,35	1,48	0,74	1,77	1,65	0,67	2,16	1,83	0,63
15	0,87	1,28	0,83	1,35	1,46	1,74	1,76	1,62	0,68	2,15	1,79	0,64
20	0,86	1,24	0,85	1,33	1,37	0,77	1,73	1,51	0,72	2,09	1,64	0,67
25	0,86	1,24	0,86	1,32	1,33	0,79	1,71	1,44	0,74	2,06	1,55	0,70
30	0,85	1,18	0,87	1,31	1,29	0,80	1,70	1,39	0,76	2,04	1,48	0,72
40	0,85	1,16	0,88	1,30	1,24	0,83	1,68	1,32	0,78	2,02	1,40	0,75
50	0,85	1,14	0,89	1,30	1,21	0,84	1,68	1,28	0,80	2,01	1,35	0,77
60	0,85	1,12	0,90	1,30	1,19	0,86	1,67	1,25	0,82	2,00	1,31	0,79
80	0,85	1,10	0,91	1,29	1,16	0,87	1,66	1,21	0,84	1,99	1,27	0,81
100	0,85	1,09	0,92	1,29	1,14	0,88	1,66	1,19	0,86	1,98	1,23	0,83

Приложение В
Оценка совпадения опытных и теоретических законов
распределения показателей надежности по критерию согласия
Пирсона χ^2

Таблица В.1 – Вероятность совпадения Р % по критерию согласия
Пирсона χ^2

r	Р, %							
	95	90	80	70	50	30	20	10
1	0,00	0,02	0,06	0,15	0,45	1,07	1,64	2,71
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60
3	0,35	0,58	1,00	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24
6	1,64	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,6
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,34	8,38	9,80	12,0
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,0	13,4
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,7	12,2	14,7
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,8	13,4	16,0

Приложение Г
Исходные данные для индивидуальных заданий

Таблица Г.1 – Значение частот m_i , ресурсов двигателей по частичным
интервалам наработки

№ варианта задания	Номер частичного интервала						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	3	13	16	4	2	1
2	2	4	12	17	3	1	1
3	2	4	12	16	4	1	1
4	1	3	15	14	4	1	2
5	2	3	13	15	4	1	2
6	1	4	14	16	3	1	1
7	2	3	13	16	3	2	1
8	1	4	11	17	4	2	1
9	1	3	14	17	3	1	1
10	1	3	13	17	4	1	1
11	1	4	12	16	4	2	1
12	1	3	11	18	4	2	1
13	1	3	12	18	3	2	1

Продолжение таблицы Г.1

№ варианта задания	Номер частичного интервала						
	1	2	3	4	5	6	7
14	1	3	13	16	4	1	2
15	2	4	11	17	3	2	1
16	2	3	12	16	4	2	1
17	1	4	17	13	3	1	1
18	2	4	18	11	3	1	1
19	1	3	19	11	3	2	1
20	2	3	17	13	3	1	1
21	1	3	17	13	4	1	1
22	1	4	17	12	4	1	1
23	1	4	18	11	3	2	1
24	2	3	17	12	3	2	1
25	2	4	18	10	3	2	1
26	1	3	13	16	4	2	1
27	2	4	12	17	3	1	1
28	2	4	12	16	4	1	1
29	1	3	15	14	4	1	2
31	2	3	13	15	4	1	2
31	1	4	14	16	3	1	1
32	2	3	13	16	3	2	1
33	1	4	11	17	4	2	1
34	1	3	14	17	3	1	1
35	1	3	13	17	4	1	1
36	1	4	12	16	4	2	1
37	1	3	11	18	4	2	1
38	1	3	12	18	3	2	1
39	2	4	11	17	3	2	1
40	2	3	12	16	4	2	1
41	3	2	17	13	3	1	1
42	1	3	16	13	4	2	1
43	1	4	17	12	4	1	1
44	1	4	14	16	3	1	1
45	2	3	13	16	3	2	1
46	1	3	11	18	4	2	1
47	1	4	13	17	3	1	1

Продолжение таблицы Г.1

№ варианта задания	Номер частичного интервала							
	1	2	3	4	5	6	7	8
48	1	4	13	16	14	7	3	2
49	2	4	11	17	13	8	4	1
50	1	4	11	18	12	7	5	2
51	2	3	13	18	12	9	2	1
52	2	5	7	12	18	11	3	2
53	2	5	9	12	16	11	3	2
54	1	4	11	18	12	7	5	2
55	1	4	11	18	12	7	5	2
56	2	3	13	18	12	9	2	1
57	2	5	7	12	18	11	3	2
58	2	5	12	16	12	7	5	1
59	2	5	12	16	12	7	5	1
60	2	5	9	12	16	11	3	2
61	1	4	11	18	12	7	5	2
62	2	3	13	18	12	9	2	1
63	2	5	12	16	12	7	5	1
64	2	3	13	18	12	9	2	1
65	1	4	11	18	14	7	4	1
66	2	4	10	15	14	10	3	2
67	1	4	11	18	12	7	5	2
68	2	5	12	16	12	7	5	1
69	2	5	12	16	12	7	5	1
70	2	5	12	16	12	7	5	1
70	2	3	13	18	12	9	2	1
71	2	5	7	12	18	11	3	2
72	2	5	12	16	12	7	5	1
73	2	5	12	16	12	7	5	1
74	1	4	11	18	12	7	5	2
75	2	5	9	12	16	11	3	2
76	1	4	11	18	12	7	5	2
77	2	3	13	18	12	9	2	1
78	2	5	7	12	18	11	3	2
79	2	5	12	16	12	7	5	1
80	1	4	11	18	12	7	5	2

№ варианта задания	Номер частичного интервала							
	1	2	3	4	5	6	7	8
81	1	4	13	16	14	7	3	2
82	2	4	11	17	13	8	4	1
83	1	4	11	18	12	7	5	2
84	2	3	13	18	12	9	2	1
85	2	5	7	12	18	11	3	2
86	2	5	9	12	16	11	3	2
87	1	4	11	18	12	7	5	2
88	1	4	11	18	12	7	5	2
89	2	3	13	18	12	9	2	1
90	2	5	7	12	18	11	3	2
91	2	5	12	16	12	7	5	1
92	2	5	12	16	12	7	5	1
93	2	5	9	12	16	11	3	2
94	1	4	11	18	12	7	5	2
95	2	3	13	18	12	9	2	1
96	2	5	12	16	12	7	5	1
97	2	3	13	18	12	9	2	1
98	1	4	11	18	14	7	4	1
99	2	4	10	15	14	10	3	2
100	1	4	11	18	12	7	5	2

Таблица Г.2 – Границы интервалов к индивидуальному заданию

№ варианта	Границы частичных интервалов, в тыс. мото-ч						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,5-7,5
2	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0
3	0,7-1,5	1,5-2,3	2,3-3,1	3,1-3,9	3,9-4,7	4,7-5,5	5,5-6,3
4	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0
5	3,0-4,1	4,1-5,2	5,2-6,3	6,3-7,4	7,4-8,5	8,5-9,4	9,4-10,3
6	3,0-4,1	4,1-5,2	5,2-6,3	6,3-7,4	7,4-8,5	8,5-9,4	9,4-10,3
7	0,5-1,6	1,6-2,7	2,7-3,8	3,8-4,9	4,9-6,0	6,0-6,9	6,9-7,8
8	0,5-1,4	1,4-2,3	2,3-3,2	3,2-4,1	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8
9	0,9-1,7	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5
10	0,8-1,6	1,6-2,4	2,4-3,2	3,2-4,0	4,0-4,8	4,8-5,6	5,6-6,4
11	0,6-1,6	1,6-2,6	2,6-3,6	3,6-4,6	4,6-5,6	5,6-6,6	6,6-7,6
12	0,7-1,7	1,7-2,7	2,7-3,7	3,7-4,7	4,7-5,7	5,7-6,7	6,7-7,7
13	0,8-1,8	1,8-2,8	2,8-3,8	3,8-4,8	4,8-5,8	5,8-6,8	6,8-7,8
14	0,9-1,9	1,9-2,9	2,9-3,9	3,9-4,9	4,9-5,9	5,9-6,9	6,9-7,9
15	0,2-1,1	1,1-2,0	2,0-2,9	2,9-3,8	3,8-4,7	4,7-5,6	5,6-6,5
16	0,3-1,2	1,2-2,1	2,1-3,0	3,0-3,9	3,9-4,8	4,8-5,7	5,7-6,6
17	0,4-1,3	1,3-2,2	2,2-3,1	3,1-4,0	4,0-4,9	4,9-5,8	5,8-6,7
18	0,4-1,4	1,4-2,4	2,4-3,4	3,4-4,4	4,4-5,4	5,4-6,4	6,4-7,4
19	0,6-1,5	1,5-2,4	2,4-3,3	3,3-4,2	4,2-5,1	5,1-6,0	6,0-6,9
20	0,2-1,3	1,3-2,4	2,4-3,5	3,5-4,6	4,6-5,7	5,7-6,6	6,6-7,6
21	0,3-1,4	1,4-2,5	2,5-3,6	3,6-4,7	4,7-5,8	5,8-6,7	6,7-7,6
22	0,4-1,5	1,5-2,6	2,6-3,7	3,7-4,8	4,8-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7
23	3,0-4,1	4,1-5,2	5,2-6,3	6,3-7,4	7,4-8,5	8,5-9,4	9,4-10,3
24	1,1-2,0	2,0-2,9	2,9-3,8	3,8-4,7	4,7-5,6	5,6-6,5	6,5-7,4
25	2,2-3,2	3,2-4,2	4,2-5,2	5,2-6,2	6,2-7,2	7,2-8,2	8,2-9,2

Продолжение таблицы Г 2

№	1	2	3	4	5	6	7
26	0,3-1,5	1,5-2,7	2,7-3,9	3,9-5,1	5,1-6,3	6,3-7,5	7,5-8,7
27	0,6-1,7	1,7-2,8	2,8-3,9	3,9-5,0	5,0-6,1	6,1-7,2	7,2-8,3
28	0,7-1,8	1,8-2,9	2,9-4,0	4,0-5,1	5,1-6,2	6,2-7,3	7,3-8,4
29	0,7-1,6	1,6-2,5	2,5-3,4	3,4-4,3	4,3-5,2	5,2-6,1	6,1-7,0
30	0,8-1,9	1,9-3,0	3,0-4,1	4,1-5,2	5,2-6,3	6,3-7,4	7,4-8,3
31	0,8-1,7	1,7-2,6	2,6-3,5	3,5-4,4	4,4-5,3	5,3-6,2	6,2-7,1
32	0,9-1,8	1,8-2,7	2,7-3,6	3,6-4,5	4,5-5,4	5,4-6,3	6,3-7,2
33	0,7-1,7	1,7-2,7	2,7-3,7	3,7-4,7	4,7-5,7	5,7-6,7	6,7-7,7
34	0,9-1,9	1,9-2,9	2,9-3,9	3,9-4,9	4,9-5,9	5,9-6,9	6,9-7,9
35	0,5-1,4	1,4-2,3	2,3-3,2	3,2-4,1	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8
36	0,9-1,7	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5
37	0,8-1,6	1,6-2,4	2,4-3,2	3,2-4,0	4,0-4,8	4,8-5,6	5,6-6,4
38	0,6-1,6	1,6-2,6	2,6-3,6	3,6-4,6	4,6-5,6	5,6-6,6	6,6-7,6
39	0,7-1,7	1,7-2,7	2,7-3,7	3,7-4,7	4,7-5,7	5,7-6,7	6,7-7,7
40	0,8-1,8	1,8-2,8	2,8-3,8	3,8-4,8	4,8-5,8	5,8-6,8	6,8-7,8
41	0,9-1,9	1,9-2,9	2,9-3,9	3,9-4,9	4,9-5,9	5,9-6,9	6,9-7,9
42	0,6-1,7	1,7-2,8	2,8-3,9	3,9-5,0	5,0-6,1	6,1-7,2	7,2-8,3
43	0,7-1,8	1,8-2,9	2,9-4,0	4,0-5,1	5,1-6,2	6,2-7,3	7,3-8,4
44	3,0-4,1	4,1-5,2	5,2-6,3	6,3-7,4	7,4-8,5	8,5-9,4	9,4-10,3
45	1,0-2,2	2,2-3,4	3,4-4,6	4,6-5,8	5,8-7,0	7,0-8,2	8,2-9,4
46	1,1-2,0	2,0-2,9	2,9-3,8	3,8-4,7	4,7-5,6	5,6-6,5	6,5-7,4
47	0,5-1,6	1,6-2,7	2,7-3,8	3,8-4,9	4,9-6,0	6,0-6,9	6,9-7,8

Продолжение таблицы Г2

№	1	2	3	4	5	6	7	8
48	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0
49	0,7-1,5	1,5-2,3	2,3-3,1	3,1-3,9	3,9-4,7	4,7-5,5	5,5-6,3	6,3-7,1
50	1,0-2,1	2,1-3,2	3,2-4,3	4,3-5,4	5,4-6,5	6,5-7,4	7,4-8,3	8,3-9,2
51	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
52	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
53	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
54	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
55	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
56	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
57	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
58	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
59	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
60	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
61	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
62	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
63	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
64	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
65	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
66	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
67	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
68	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
69	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7

Продолжение таблицы Г2

№	1	2	3	4	5	6	7	8
70	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
71	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
72	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
73	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
74	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
75	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
76	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
77	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
78	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
79	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
80	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
81	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
82	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
83	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
84	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
85	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
86	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
87	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
88	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
89	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
90	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
91	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7

Продолжение таблицы Г.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8
92	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
93	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
94	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
95	5,8-6,8	6,8-7,8	7,8-8,8	8,8-9,8	9,8-10,8	10,8-11,8	11,8-12,8	12,8-13,8
96	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7
97	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
98	1,7-2,5	2,5-3,3	3,3-4,1	4,1-4,9	4,9-5,7	5,7-6,5	6,5-7,3	7,3-8,1
99	4,1-5,0	5,0-5,9	5,9-6,8	6,8-7,7	7,7-8,6	8,6-9,5	9,5-10,4	10,4-11,3
100	5,5-6,4	6,4-7,3	7,3-8,2	8,2-9,1	9,1-10,0	10,0-10,9	10,9-11,8	11,8-12,7

69

Таблица Г.3 – Технические условия на соединение деталей (для учебных целей)

№	Наименование деталей	Размер по чертежу, мм	Зазоры, мм			Действительный размер, мм	Наработка, мото-ч
			Начальный	Допустимый	Предельный		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Блок цилиндров Толкатель	$25^{+0,052}$	0,008...	0,17	0,30	25,060	$T_{м.р.}=4000$ $T_{изм}=1500$
		$25^{-0,008}_{-0,022}$	... 0,074			24,960	
2	Втулка распределительного вала Вал распределительный	$50^{+0,025}$	0,050 ...	0,17	0,40	50,034	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2000$
		$50^{-0,050}_{-0,089}$	... 0,114			49,810	
3	Втулка направляющая клапана Клапан впускной	$11^{+0,027}$	0,035 ...	0,20	0,40	11,035	$T_{м.р.}=3100$ $T_{изм}=2100$
		$11^{-0,035}_{-0,060}$	... 0,087			10,880	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Втулка направляющая клапана Клапан выпускной	$11^{+0,027}$	0,070 ...	0,20	0,40	11,060	$T_{м.р.}=3900$ $T_{изм}=1500$
		$11^{-0,070}_{-0,090}$	... 0,117			10,886	
5	Коромысло клапана Валик коромысло	$19^{+0,053}_{+0,020}$	0,020 ...	0,12	0,35	19,076	$T_{м.р.}=3200$ $T_{изм}=1800$
		$19_{-0,021}$	... 0,074			18,935	
6	Вкладыши шатунные Вал коленчатый	$68^{+0,025}_{-0,010}$	0,065 ...	0,135	0,30	68,054	$T_{м.р.}=4200$ $T_{изм}=1000$
		$68^{-0,075}_{-0,090}$	... 0,115			67,890	
7	Вкладыши коренные Вал коленчатый	$75^{+0,031}_{-0,010}$	0,070 ...	0,146	0,30	75,054	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1500$
		$75^{-0,080}_{-0,095}$	... 0,126			74,840	
8	Втулка Фланец установочный топливно- го насоса	$50^{+0,027}_{+0,020}$	0,050 ...	0,20	0,40	50,045	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2000$
		$50^{-0,030}_{-0,085}$	... 0,112			49,864	
9	Крышка корпуса ротора Ось ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
		$19^{-0,040}_{-0,070}$	... +0,095			18,910	
10	Крыльчатка водяного насоса Валик водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
		$17^{+0,019}_{+0,007}$	... +0,012			16,986	
11	Вкладыши шатунные Вал коленчатый	$68^{+0,025}_{-0,010}$	0,065 ...	0,135	0,30	68,054	$T_{м.р.}=4200$ $T_{изм}=1000$
		$68^{-0,075}_{-0,090}$	... 0,115			67,890	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
13	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
14	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,087}^{-0,030}$	... 0,114			49,714	
15	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,085}^{-0,030}$	... 0,145			42,100	
16	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,070}^{-0,040}$	... 0,130			27,906	
17	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,070}^{-0,040}$	... +0,095			18,910	
18	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17_{+0,007}^{+0,019}$	... +0,012			16,986	
19	Корпус ротора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
	Вал редуктора	$18_{-0,055}^{-0,030}$	... +0,074			17,83	
20	Шарикоподшипник 305	$25_{-0,010}$	-0,017...	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
	Валик водяного насоса	$25 \pm 0,007$	...+0,007			24,976	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
21	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
22	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
23	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,087}^{-0,030}$	... 0,114			49,714	
24	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,085}^{-0,030}$	... 0,145			42,100	
25	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,070}^{-0,040}$	... 0,130			27,906	
26	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,070}^{-0,040}$	... +0,095			18,910	
27	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17_{+0,007}^{+0,019}$	... +0,012			16,986	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
28	Корпус ротора Вал редуктора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
		$18^{-0,030}_{-0,055}$	... +0,074			17,83	
29	Шарикоподшипник 305 Валик водяного насоса	$25_{-0,010}$ $25 \pm 0,007$	-0,017... ... +0,007	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
30	Втулка ведомой шестерни Палец ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
		$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
31	Втулка промежуточной шестерни Палец промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
		$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
32	Втулка распределительного вала Вал распределительный	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
		$50^{-0,030}_{-0,087}$	... 0,114			49,714	
33	Корпус масляного насоса Шестерня масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
		$42,25^{-0,030}_{-0,085}$	... 0,145			42,100	
34	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни) Шестерня масляного насоса	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
		$28^{-0,040}_{-0,070}$	... 0,130			27,906	
35	Крышка корпуса ротора Ось ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
		$19^{-0,040}_{-0,070}$	... +0,095			18,910	
36	Крыльчатка водяного насоса Валик водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
		$17^{+0,019}_{+0,007}$	... +0,012			16,986	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
37	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
38	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
39	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,087}^{-0,030}$	... 0,114			49,714	
40	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,085}^{-0,030}$	... 0,145			42,100	
41	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,070}^{-0,040}$	... 0,130			27,906	
42	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,070}^{-0,040}$	... +0,095			18,910	
43	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17^{+0,019}_{+0,007}$	... +0,012			16,986	
44	Корпус ротора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
	Вал редуктора	$18_{-0,055}^{-0,030}$	... +0,074			17,83	
45	Шарикоподшипник 305	$25_{-0,010}$	-0,017...	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
	Валик водяного насоса	$25 \pm 0,007$	...+0,007			24,976	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
46	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
47	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
48	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,087}^{-0,030}$	... 0,114			49,714	
49	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,085}^{-0,030}$	... 0,145			42,100	
50	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,070}^{-0,040}$	... 0,130			27,906	
51	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,070}^{-0,040}$	... +0,095			18,910	
52	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17_{+0,007}^{+0,019}$	... +0,012			16,986	
53	Корпус ротора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
	Вал редуктора	$18_{-0,055}^{-0,030}$	... +0,074			17,83	
54	Шарикоподшипник 305	$25_{-0,010}$	-0,017...	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
	Валик водяного насоса	$25 \pm 0,007$	...+0,007			24,976	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
55	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
56	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
57	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,087}^{-0,030}$	... 0,114			49,714	
58	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,085}^{-0,030}$	... 0,145			42,100	
59	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,070}^{-0,040}$	... 0,130			27,906	
60	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,070}^{-0,040}$	... +0,095			18,910	
61	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17^{+0,019}_{+0,007}$	... +0,012			16,986	
62	Корпус ротора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
	Вал редуктора	$18_{-0,055}^{-0,030}$	... +0,074			17,83	
63	Шарикоподшипник 305	$25_{-0,010}$	-0,017...	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
	Валик водяного насоса	$25 \pm 0,007$	...+0,007			24,976	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
64	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,0/2			17,972	
65	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
66	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,030}_{-0,087}$	... 0,114			49,714	
67	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,030}_{-0,085}$	... 0,145			42,100	
68	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,040}_{-0,070}$	... 0,130			27,906	
69	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,040}_{-0,070}$	... +0,095			18,910	
70	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17^{+0,019}_{+0,007}$	... +0,012			16,986	
71	Корпус ротора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
	Вал редуктора	$18_{-0,030}_{-0,055}$	... +0,074			17,83	
72	Шарикоподшипник 305	$25_{-0,010}$	-0,017...	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
	Валик водяного насоса	$25 \pm 0,007$	...+0,007			24,976	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
73	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
74	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
75	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,087}^{-0,030}$	... 0,114			49,714	
76	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,085}^{-0,030}$	... 0,145			42,100	
77	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,070}^{-0,040}$	... 0,130			27,906	
78	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,070}^{-0,040}$	... +0,095			18,910	
79	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17^{+0,019}_{+0,007}$	... +0,012			16,986	
80	Корпус ротора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
	Вал редуктора	$18_{-0,055}^{-0,030}$	... +0,074			17,83	
81	Шарикоподшипник 305	$25_{-0,010}$	-0,017...	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
	Валик водяного насоса	$25 \pm 0,007$	...+0,007			24,976	

Продолжение таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
82	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
83	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
84	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,087}^{-0,030}$	... 0,114			49,714	
85	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,085}^{-0,030}$	... 0,145			42,100	
86	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,070}^{-0,040}$	... 0,130			27,906	
87	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,070}^{-0,040}$	... +0,095			18,910	
88	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17_{+0,007}^{+0,019}$	... +0,012			16,986	
89	Корпус ротора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
	Вал редуктора	$18_{-0,055}^{-0,030}$	... +0,074			17,83	
90	Шарикоподшипник 305	$25_{-0,010}$	-0,017...	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
	Валик водяного насоса	$25 \pm 0,007$	...+0,007			24,976	

Окончание таблицы Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8
91	Втулка ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$	0,030 ...	0,14	0,25	18,084	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Палец ведомой шестерни	$18_{-0,012}$	... 0,072			17,972	
92	Втулка промежуточной шестерни	$40^{+0,050}_{+0,025}$	0,025 ...	0,14	0,30	40,074	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2150$
	Палец промежуточной шестерни	$40_{-0,025}$	... 0,075			39,840	
93	Втулка распределительного вала	$50^{+0,027}$	0,030 ...	0,17	0,40	50,086	$T_{м.р.}=2630$ $T_{изм}=2000$
	Вал распределительный	$50_{-0,087}^{-0,030}$	... 0,114			49,714	
94	Корпус масляного насоса	$42,25^{+0,060}_{+0,010}$	0,040 ...	0,30	0,55	42,479	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=2100$
	Шестерня масляного насоса	$42,25_{-0,085}^{-0,030}$	... 0,145			42,100	
95	Корпус масляного насоса (глубина гнезд под шестерни)	$28^{+0,060}$	0,040 ...	0,16	0,20	28,078	$T_{м.р.}=2530$ $T_{изм}=1300$
	Шестерня масляного насоса	$28_{-0,070}^{-0,040}$	... 0,130			27,906	
96	Крышка корпуса ротора	$19^{+0,025}$	+0,040 ..	0,16	0,20	19,044	$T_{м.р.}=230$ $T_{изм}=1100$
	Ось ротора	$19_{-0,070}^{-0,040}$	... +0,095			18,910	
97	Крыльчатка водяного насоса	$17^{+0,019}_{-0,008}$	-0,027 ...	0,04	0,10	17,042	$T_{м.р.}=3600$ $T_{изм}=2100$
	Валик водяного насоса	$17^{+0,019}_{+0,007}$	... +0,012			16,986	
98	Корпус ротора	$18^{+0,019}$	+0,030 ...	0,10	0,18	18,042	$T_{м.р.}=3000$ $T_{изм}=1500$
	Вал редуктора	$18_{-0,055}^{-0,030}$	... +0,074			17,83	
99	Шарикоподшипник 305	$25_{-0,010}$	-0,017...	0,03	0,08	25,012	$T_{м.р.}=3500$ $T_{изм}=2500$
	Валик водяного насоса	$25 \pm 0,007$	...+0,007			24,976	

Приложение Д
Форма индивидуального задания
для выполнения контрольной работы по дисциплине
“Надежность технических систем”

Студент _____

Теоритическая часть

Раскрыть сущность следующих теоритических вопросов:

- 1 Показатели безотказности изделий.
- 2 Основы теории трения.
- 3 Испытание машин на надежность.

Расчетная часть

4 Рассчитать показатели надежности деталей машин по данным исходной опытной информации:

Значение частот m , ресурсов двигателей по частичным интервалам наработки

Вариант задания	Номера частичных интервалов						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	3	13	17	4	2	1

Варианты частичных интервалов к практическому занятию

№ варианта	Границы частичных интервалов, в тыс. мото-час						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,5 – 1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 3,5	3,5 – 4,5	4,5 – 5,5	5,5 – 6,5	6,5 – 7,5

5 Определить полный ресурс и допустимые износы без ремонта размеров соединяемых деталей

№	Наименование деталей	Размер по чертежу, мм	Зазоры, мм			Действительный размер, мм	Наработка, мото-ч
			Начальный	Допустимый	Предельный		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Блок цилиндров Толкатель	$25^{+0,052}$	0,008... ... 0,074	0,17	0,30	25,060	$T_{м.р.}=4000$ $T_{изм}=1500$
		$25^{-0,008}$ $-0,022$				24,960	

Задание выдано « ____ » _____ 20 __ г.

Подпись преподавателя _____

Приложение Е

Таблица Е1 - Вопросы для контрольной работы для студентов
по дисциплине «Надежность технических систем»

Последние две цифры шифра	№№ вопросов				Последние две цифры шифра	№№ вопросов			
	01	36	71	106		36	01	36	71	106
01	01	36	71	106	36	01	36	71	106
02	02	37	72	107	37	02	37	72	107
03	03	38	73	108	38	03	38	73	108
04	04	39	74	109	39	04	39	74	109
05	05	40	75	110	40	05	40	75	110
06	06	41	76	111	41	06	41	76	111
07	07	42	77	112	42	07	42	77	112
08	08	43	78	113	43	08	43	78	113
09	09	44	79	114	44	09	44	79	114
10	10	45	80	115	45	10	45	80	115
11	11	46	81	116	46	11	46	81	116
12	12	47	82	117	47	12	47	82	117
13	13	48	83	118	48	13	48	83	118
14	14	49	84	119	49	14	49	84	119
15	15	50	85	120	50	15	50	85	120
16	16	51	86	121	51	16	51	86	121
17	17	52	87	122	52	17	52	87	122
18	18	53	88	123	53	18	53	88	123
19	19	54	89	124	54	19	54	89	124
20	20	55	90	125	55	20	55	90	125
21	21	56	91	126	56	21	56	91	126
22	22	57	92	127	57	22	57	92	127
23	23	58	93	128	58	23	58	93	128
24	24	59	94	129	59	24	59	94	129
25	25	60	95	130	60	25	60	95	130
26	26	61	96	131	61	26	61	96	131
27	27	62	97	132	62	27	62	97	132
28	28	63	98	133	63	28	63	98	133
29	29	64	99	134	64	29	64	99	134
30	30	65	100	135	65	30	65	100	135
31	31	66	101	136	66	31	66	101	136
32	32	67	102	01	67	32	67	102	01
33	33	68	103	02	68	33	68	103	02
34	34	69	104	03	69	34	69	104	03
35	35	70	105	04	70	35	70	105	04

Продолжение таблицы Е1

Последние две цифры шифра	№№ вопросов				Последние две цифры шифра	№№ вопросов			
	10	45	80	115		25	60	95	130
71	10	45	80	115	86	25	60	95	130
72	11	46	81	116	87	26	61	96	131
73	12	47	82	117	88	27	62	97	132
74	13	48	83	118	89	28	63	98	133
75	14	49	84	119	90	29	64	99	134
76	15	50	85	120	91	30	65	100	135
77	16	51	86	121	92	31	66	101	136
78	17	52	87	122	93	32	67	102	01
79	18	53	88	123	94	33	68	103	02
80	19	54	89	124	95	34	69	104	03
81	20	55	90	125	96	35	70	105	04
82	21	56	91	126	97	01	36	71	106
83	22	57	92	127	98	02	37	72	107
84	23	58	93	128	99	03	38	73	108
85	24	59	94	129	100	04	39	74	109

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
1.1 Цель и задачи дисциплины «Надежность технических систем»	3
1.2 Библиографический список литературы	5
1.3 Содержание дисциплины	6
2 КРАТКАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
2.1 Надежность и теоретические основы ремонта машин.....	8
2.2 Основные понятия и определения в теории надежности.....	10
2.3 Оценочные показатели надежности.....	12
2.4 Физические основы надежности машин.....	15
3 ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ.....	18
3.1 Методические указания по выполнению теоретической части контрольной работы.....	18
3.2 Вопросы для теоретической части контрольной работы.....	19
3.3 Методические указания по выполнению расчетной части контрольной работы.....	31
<i>Приложение А. Табличные значения функций для расчета показателей надежности</i>	<i>70</i>
<i>Приложение Б. Коэффициенты для определения доверительных границ показателей надежности.....</i>	<i>80</i>
<i>Приложение В. Оценка совпадения опытного и теоретического законов распределения показателей надежности по критерию согласия...</i>	<i>81</i>
<i>Приложение Г. Исходные данные для индивидуальных заданий.....</i>	<i>81</i>
<i>Приложение Д. Форма индивидуального задания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Надежность технических систем»....</i>	<i>89</i>
<i>Приложение Е. Вопросы для индивидуальных заданий по теоретическому заданию</i>	<i>102</i>

Учебное издание

Беломестных Владимир Афанасьевич

“Надежность технических систем”

Учебное пособие

Лицензия на издательскую деятельность

ЛРН_№ 070444 от 11.03.98 г.

Подписано в печать ТТ.ТТ.ТТ. Формат 60×84/16

Усл. печ. л. 5,6 Тираж 100

Издательство Иркутской государственной
сельскохозяйственной академии
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный

