

1005

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автомобилей и тракторов

Надежность и ремонт машин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 190201

«Автомобиле- и тракторостроение»

Составители А. А. Зюзин, Б. Н. Казьмин

Липецк 2007

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автомобилей и тракторов

Надежность и ремонт машин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 190201

«Автомобиле- и тракторостроение»

Составители А. А. Зюзин, Б. Н. Казьмин

Липецк 2007

УДК 621.0 (07)
3.381

Зюзин, А. А. Надежность и ремонт машин: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 190201 «Автомобиле- и тракторостроение» [Текст] / сост. А. А. Зюзин, Б. Н. Казьмин. – Липецк: ЛГТУ, 2007. – 38 с.

Методические указания содержат четыре лабораторных работы, каждая из которых касается одного или нескольких вопросов программы курса «Надежность и ремонт машин».

Табл. 2. Ил. 4

Рецензент И. С. Козлов, д.т.н.

© Липецкий государственный
технический университет, 2007

Лабораторная работа № 1

Исследование причин потери работоспособности сборочных единиц и деталей трактора

1. Методические предпосылки исследования

При анализе показателей надежности любой машины, в том числе и трактора, принят функциональный подход, при котором машину рассматривают состоящей из отдельных функциональных сборочных единиц, каждая из которых выполняет вполне определенные функции. Всякая сборочная единица состоит из отдельных сопряжений. Неисправность сопряжения проявляется в нарушении посадки (заданных зазоров и натягов). В свою очередь всякое нарушение посадки обусловлено изменениями размеров, формы и параметров качества в сопрягаемых поверхностях. Известно также влияние параметров точности и качества основных поверхностей деталей машин на их эксплуатационные показатели. Отклонения формы и взаимного расположения основных поверхностей деталей машин уменьшают фактическую площадь контакта сопряжений. Шероховатость оказывает значительное влияние на износостойкость, усталостную прочность, коррозионную стойкость и другие эксплуатационные показатели деталей. Таким образом, любая рассматриваемая неисправность в машине является следствием изменений, происшедших в параметрах точности и качества сопрягаемых поверхностей. Так как влияние этих изменений на работу всей машины легко проследить, то в основу изучения надежности всей машины должен быть положен анализ неисправностей отдельных типовых сопряжений. Надежность всей машины не может быть выше самого малонадежного ее звена.

Установлено, что до 80% случаев потери работоспособности машин происходят вследствие износа.

Принято классифицировать износ на механический, молекулярно-механический и коррозионно-механический. К механическому изнашиванию относят абразивное, эрозионное (гидроабразивное и газоабразивное), кавитационное, пластическое деформирование и др.

К другим видам разрушений и повреждений деталей и сопряжений относят усталостное, коррозионное, термоусталостное, деформации в процессе хранения и эксплуатации из-за внутренних напряжений, ползучесть металлов, химические повреждения, нарушение регулировок механизмов.

Перечисленные выше причины вызывают постепенное или резкое ухудшение технического состояния отдельных элементов и машины в целом. Этот сложный физический процесс ухудшения технического состояния машин происходит неизбежно и непрерывно во времени.

В результате отдельные детали и другие составные элементы время от времени исчерпывают свои ресурсы, вследствие чего возникает отказ и машина теряет работоспособность. Конструктивные особенности машины, нестабильность точности и качества изготовления, разнообразие условий ее эксплуатации обуславливают значительный разброс ресурсов отдельных элементов. Несмотря на то, что в сельскохоззяйственных машинах возникают сравнительно редкие, а также единичные случаи их появления, подчиняются законам теории вероятности.

Все виды повреждений и разрушений механизмов и сопряжений дефекты и износы можно было подразделить на две основные группы:

- 1) износы и дефекты, обычно медленно нарастающие и являющиеся следствием длительной работы сил трения, воздействия высоких температур и других факторов при нормальных условиях эксплуатации, т.е. когда соблюдаются все требуемые для данного механизма правила ухода за ним. Так как эти износы относятся к явлениям нормальным, определенным самой конструкцией машины, их можно называть естественными износами;
- 2) износы и дефекты, нарастающие быстро и наблюдаемые иногда даже после непродолжительной работы механизма. Они являются главным образом результатом неправильного ухода за данным механизмом (недостаточность смазки, загрязненность ее и др.) и в сравнительно редких случаях результатом дефектов производства. Типичное для данной группы дефектов интенсивное нарастание носит характер аварии, а поэтому эти изно-

сы и дефекты можно назвать аварийными.

Такое деление дефектов и износов целесообразно, т.к. оно помогает решению основной задачи профилактики неисправностей: поддерживать эксплуатируемые машины в таком состоянии, чтобы они подвергались только естественному износу. Аварийные дефекты и износы не должны иметь места.

Для выявления фактических причин потери работоспособности деталей необходимо наметить методику для исследования параметров точности, шероховатости и физико-механического состояния поверхностного слоя участка, получившего повреждения, а также методы и средства для контроля этих параметров. Следует иметь в виду, что качество конструктивных элементов детали принято характеризовать шероховатостью, волнистостью и физико-механическим состоянием поверхностного слоя. Физико-механическое состояние поверхностного слоя характеризуется микротвердостью, структурными и фазовыми превращениями, величиной, знаком и глубиной распределения остаточных напряжений, деформацией кристаллической решетки металла.

2. Цель работы

Целью работы является составление методики исследований и установление фактических причин потери работоспособности трактора в целом и его составных функциональных сборочных единиц и деталей; разработка конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий по повышению надежности.

3. Материальное обеспечение

Сборочные чертежи. Рабочие чертежи данных деталей. Измерительные средства для оценки точности и качества основных поверхностей. Эталоны шероховатости. Лупы простые и бинокулярные.

4. Содержание работы

Работа заключается в анализе фактического технического состояния сборочных единиц и деталей трактора, получивших неисправности и дефекты в процессе эксплуатации и хранения, определении характера повреждения и из-

носа, в оценке точности и качества основных поверхностей и поверхностных слоев, заполнении карт донесения, составлении выводов и разработке рекомендаций по повышению работоспособности. При выполнении работы исследуются такие объекты, как сборочные единицы и детали трактора, повышение работоспособности которых является наиболее актуальным для конкретного этапа развития тракторостроения.

5. Последовательность выполнения исследовательской части работы

- 1) Ознакомиться с техническим состоянием представленных сборочных единиц и деталей трактора, характером износа и повреждения (коррозия, сетка микротрещин, риски и т.д.)
- 2) Ознакомиться с чертежами данных деталей (нормами точности и качества, техническими условиями на изготовление).
- 3) Сделав выписки с чертежами и изучить служебное значение и условия эксплуатации деталей.
- 4) Выделить доминирующие факторы, влияющие на техническое состояние каждой из исследуемых деталей.
- 5) Назначить для исследования параметры точности и качества поверхностей деталей, подобрать формы и инструменты.
- 6) Составить методику для оценки каждого из назначенных параметров точности и качества поверхностей деталей.
- 7) Определить потребный набор измерительных средств для оценки исследуемых параметров точности, качества и дефектов.
- 8) Провести оценку фактической точности размеров, формы, взаимного расположения, параметров шероховатости, микротвердости, дефектов исследуемых поверхностей.
- 9) Результаты исследований занести в отчет, заполнить формы 1, 2 и карту донесения – форма 3 (см. справочный материал).
- 10) Сделать выводы и разработать рекомендации.
- 11) Оформить отчет.

6. Указания по технике безопасности.

При выполнении лабораторной работы соблюдать инструкции по технике безопасности, действующие в лаборатории кафедры автомобилей и тракторов.

7. Форма заполнения отчета

- 1) Наименование объекта исследования.
- 2) Методика исследования причин отказов.
- 3) Заполнение формы 1,2 и карты донесения (форма 3, см. справочный материал).
- 4) Характеристика измерительных средств.

8. Выводы и рекомендации

Лабораторная работа №2

Исследование причин усталостного разрушения деталей трактора

1. Общие методические указания

Детали, несущие повторно-знакопеременные силовые нагрузки (элементы рам, коленчатые и торсионные валы, полуоси колес, листы рессор, пружины, шатуны и т.д.), разрушаются вследствие усталости. Разрушение всегда сопровождается образованием микротрещин, разрастающихся в трещины вплоть до разрушения. Образование субмикротрещин носит дислокационный характер.

Характер повторно-переменных нагружений деталей может быть различным (рис.2.1). Цикл нагружений характеризуется максимальным σ_{max} и минимальным σ_{min} напряжениями, амплитудой $\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$, средним

значением напряжении $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$ и коэффициентом асимметрии

$$\text{цикла } R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}.$$

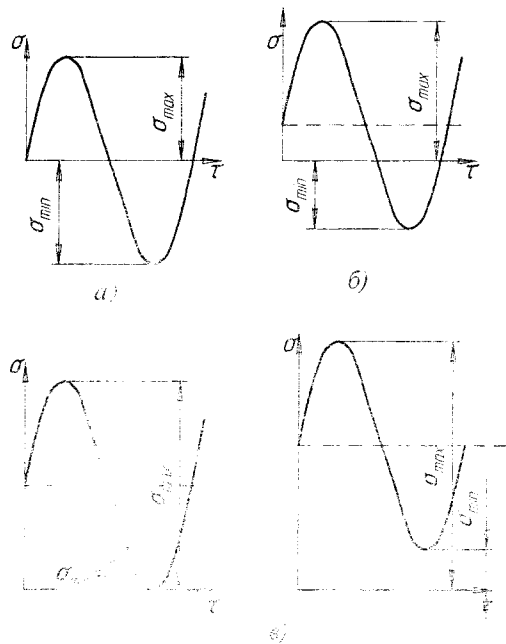


Рис. 2.1. Характер циклов переменных напряжений а - знакопеременный симметричный цикл; б - знакопеременный асимметричный цикл; в - нуль-сигнальный цикл; г - знакопостоянный цикл

Основным критерием, характеризующим сопротивление металла усталостному разрушению, является предел выносливости (предел усталости), который для знакопеременного симметричного цикла обозначается σ_{-1} .

Другим критерием, которым обычно характеризуют стойкость металла против усталости, является долговечность. Долговечность N – это число циклов нагружения, при котором происходит разрушение в данных условиях испытания. Кривые усталости строят следующим образом. По оси ординат откладывают величину изменяющихся напряжений $\pm \sigma$, а по оси абсцисс – число циклов N этих перемен напряжений или время t . По ГОСТ 2860-65 из испытуемого металла изготавливают 10...16 образцов и поочередно нагружают их, определяя то количество циклов, при котором первый образец разрушается. В результате этих испытаний получают точки, которые наносят на указанную

систему координат, соединяют их между собой, получая кривую усталости. Ниже этой кривой металл выдерживает циклические напряжения и не разрушается, выше – разрушается. Если металл имеет повреждения в виде зародышевых трещин, которые изменяют некоторые его свойства, то строят кривую повреждаемости 2 (см. рис.2.2). Область, лежащая между кривыми 1 и 2, представленными на рис.2.2, называется областью повреждаемости.

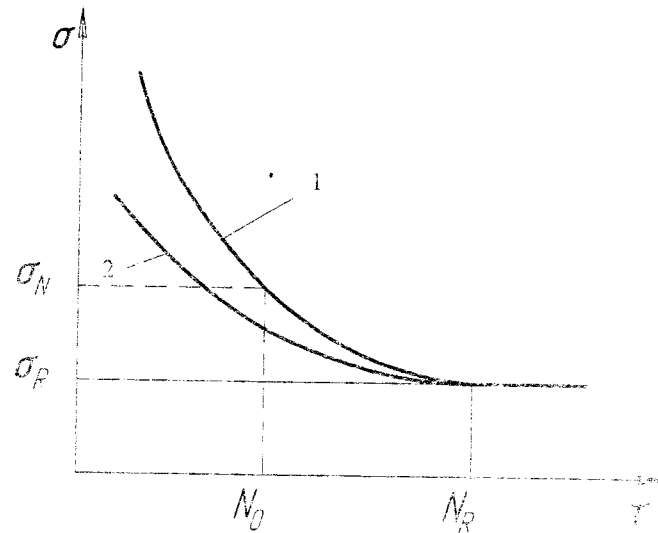


Рис. 2.2. Кривые выносливости (1) и повреждаемости (2)

Исследования показали, что у стали в сухом воздухе после 2...5 млн. циклов изменений напряжений кривая усталости становится почти горизонтальной, поэтому можно определить напряжение, ниже которого стальное изделие не разрушается. Это напряжение называется пределом выносливости σ_R .

Отношение $\frac{\sigma_N}{\sigma_R} = R_0$ (σ_N - напряжение при числе циклов N) называется ко-

эффициентом циклической перегрузки детали. После 1...2 млн. циклов этот коэффициент для стали стремится к 1, поэтому при определении предела выносливости (σ_R) обычно ограничиваются 6...10 млн. циклов нагружений.

Характерными признаками разрушения деталей от усталости является отсутствие заметных остаточных деформаций и образование на поверхности излома двух зон: зоны развития трещины с гладкой поверхностью и зоны поломки с шероховатой поверхностью.

На усталостную прочность влияют главным образом вид напряженного состояния, величина и знак максимального и минимального напряжений, а также степень асимметрии цикла.

На усталостную прочность оказывают большое влияние конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы при изготовлении деталей из одного и того же материала.

У поликристаллических материалов, какими являются все металлические детали, части зерен находятся в упругой пластической зоне в зависимости от величины приложенной нагрузки. Рентгенографические исследования показали, что уже при нагрузках на 5% ниже предела выносливости наблюдается появление дислокаций (появляются напряжения третьего рода).

Начальные напряжения ниже предела выносливости вызывают выделение дислокаций металла, затем, достигнув критической величины, вызывают разрыв атомных связей по плоскости скольжения и порождают субмикроскопические нарушения, приводящие к образованию макроскопических трещин усталости. При усталости металла появляется местное увеличение плотности дислокаций как внутри, так и на границах зерен в поверхностном слое детали.

Процесс усталости металла обычно разделяют на два периода во времени:

1) вначале происходит накопление необратимых изменений в металле под влиянием локальных деформаций, приводящих к образованию зародыша трещины;

2) развитие трещины.

Усталостное разрушение приводит к полной потере работоспособности детали.

2. Цель работы

Целью работы является составление методики исследований и установление фактических причин усталостного разрушения деталей трактора и разработки конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий по повышению их работоспособности.

3. Материальное обеспечение

- 1) Деталь трактора, получившая усталостное разрушение.
- 2) Сборочный чертеж сборочной единицы с данной деталью.
- 3) Рабочий чертеж детали.
- 4) Измерительные средства для оценки точности и качества разрушенного участка.
- 5) Эталоны шероховатости. Лупы простые и бинокулярные.

4. Содержание работы

Работа заключается в исследовании фактического состояния детали трактора, получившей усталостное разрушение, измерении точности, качества поверхности и поверхностного слоя разрушенного участка, заполнении карты дочесения, составлении выводов и разработке рекомендаций по повышению надежности.

5. Последовательность выполнения исследовательской части работы

- 1) Ознакомиться с характером усталостного разрушения детали.
- 2) Ознакомиться с рабочим чертежом детали (нормами точности и качества, техническими условиями на изготовление).
- 3) Изучить служебное назначение и ознакомиться со сборочным чертежом.
- 4) Определить доминирующие факторы, влияющие на усталостную прочность детали.
- 5) Наметить для исследования параметры точности и качества разрушенного участка детали и методы их оценки.
- 6) Составить методику для контроля каждого из намеченных параметров.
- 7) Определить потребный набор измерительных средств для оценки точ-

ности и качества разрушенного участка.

8) Произвести оценку фактической точности размеров, формы, взаимного расположения, параметров шероховатости, микротвердости основных конструктивных элементов, лимитирующих усталостную прочность.

9) Результаты измерений занести в отчет, заполнить формы 1, 2 и карту донесения формы 3 (см. справочный материал).

10) Сделать выводы и разработать рекомендации.

11) Оформить отчет.

6. Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы соблюдать инструкции по технике безопасности, действующие в лаборатории кафедры автомобилей и тракторов.

7. Формы заполнения отчета

1) Наименование объекта исследования

2) Методика исследования (качественного разрушения)

3) Заполнение форм 1, 2 и карты донесения формы 3 (см. справочный материал).

4) Характеристики измерительных средств

8. Выводы и рекомендации

Лабораторная работа №3

Исследование полных и остаточных ресурсов деталей и сопряжений трактора методом индивидуального прогнозирования

1. Общие замечания

К техническим показателям долговечности деталей или сопряжений относят полный, фактический и остаточный ресурсы.

Ресурсы деталей и сопряжений в зависимости от повторности исходной информации можно определить двумя методами:

1) оценкой параметров технического состояния (изношенности) отдельной детали или сопряжения в условиях ее эксплуатации (метод индивидуаль-

ного прогнозирования);

2) обработкой массовой информации параметров технического состояния группы одноименных деталей и сопряжений (метод статистического прогнозирования).

Графическая зависимость нарастания износа поверхностей работающих деталей от величины наработки выражается кривой, представленной на рис. 3.1, где по оси абсцисс отложено время работы детали в часах, а по оси ординат — мера износа, в данном случае — мкм.

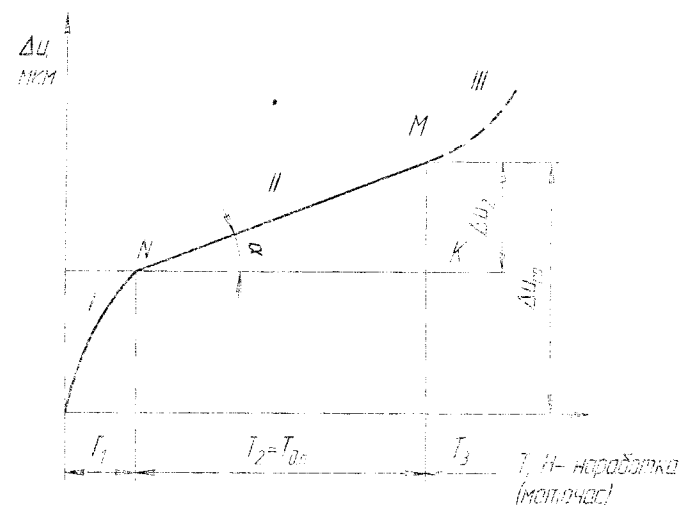


Рис. 3.1. Кривая нарастания износа подвижной сопрягаемой поверхности

Показанная кривая справедлива для большинства удовлетворительно сконструированных подвижных сопряжений, работающих в установившемся режиме. Эта кривая имеет три явно выраженных участка: начальный 1, характеризующий процесс приработки новой детали; конечный 3, соответствующий периоду разрушения детали вследствие износа его сверх допустимого предела (аварийный износ), и промежуточный участок 2 наибольшей протяженности, отвечающий периоду нормальной работы детали (естественный

износ). При оценке межремонтного срока службы детали участки 1 и 3 должны исключаться, т.к. началом нормальной работы сопряжения следует считать момент окончания приработки, а концом – достижение предельно допустимого износа. Если считать, что на участке нормальной эксплуатации приращение величины износа прямо пропорционально наработке H машины, то полный ресурс детали (из треугольника NМК, рис.3.2):

$$T_{\text{д.н.}} = \frac{MK}{tg\alpha} = \frac{I_{np} - I_n}{W_g}, \quad (3.1)$$

где I_{np} – предельный износ детали;

I_n – износ детали на момент приработки;

W_g – средняя скорость изнашивания детали.

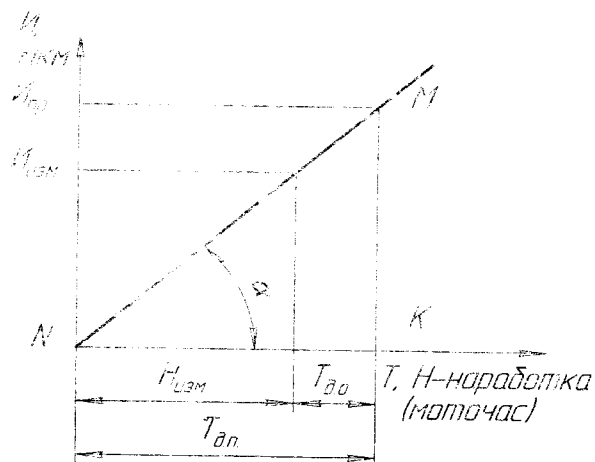


Рис. 3.2. Схема определения ресурсов деталей

Откуда $W_g = tg\alpha = \frac{I_{np} - I_n}{T_{\text{д.н.}}}$. (3.2)

Трудно точно определить износ деталей в период приработки. Величина этого износа зависит от многих переменных факторов (шероховатости обработки и твердости трущихся поверхностей, величины начального зазора в сопряжении, режимов приработки и др.), что обуславливает колебание величин

износа в каждом конкретном случае. Однако, как показали проведенные испытания, величина износа в период приработки мала, и ей можно пренебречь при расчете.

С учетом такого допущения уравнения для определения полного ресурса детали и сопряжения примут вид

$$T_{\text{д.н.}} = \frac{I_{np}}{W_g}; \quad (3.3)$$

$$T_{\text{сн}} = \frac{S_{np} - S_n}{W_c}, \quad (3.4)$$

где S_n – начальный зазор в сопряжении по чертежу;

S_{np} – предельный зазор в сопряжении по техническим условиям;

W_c – средняя скорость изнашивания сопряжения.

Предельное состояние деталей и сопряжений устанавливается исходя из условия их нормального функционирования и допустимых зазоров замыкающих звеньев размерных цепей.

Приемлемых методов определения скорости изнашивания деталей или сопряжений без разборки машины в полевых условиях ее эксплуатации нет, поэтому скорость изнашивания определяется по величине износа деталей, отнесенного к единице их наработки.

Сделанное допущение о том, что величина износа прямо пропорциональна наработке машины, нуждается в уточнении. В условиях хозяйственной эксплуатации машины скорость изнашивания ее деталей и сопряжений зависит от многих факторов: начального состояния деталей или сопряжений (шероховатость обработки поверхности трения и твердость, точность их размеров, формы, взаимного расположения, величины начального зазора и т.д.), режимов работы машины (температурные и силовые режимы, число и длительность пусковых периодов и холостых режимов работы и др.), почвенно-климатических условий работы (пылезасоренность и температура окружающего воздуха, рельеф и конфигурация полей и т.д.), качество эксплуатации и

технического обслуживания и др.

Каждый из перечисленных факторов может влиять на скорость изнашивания деталей, но так как периодичность их появления, длительность и интенсивность воздействия носят случайный характер, то контролировать и учитывать эти факторы трудно.

Поэтому прирост величины износа на единицу выработки, а следовательно, и скорость изнашивания деталей в различные периоды эксплуатации машины будут различны.

В общем случае зависимость величины износа детали от ее наработки H носит вид степенной функции:

$$I(H) = KH^\gamma, \quad (3.5)$$

где K - коэффициент пропорциональности;

γ - степенной показатель, определяющий характер изменения скорости изнашивания в различные периоды эксплуатации машины.

На тех участках кривой износа, где скорость изнашивания постоянна, степенной показатель γ равен единице (величина износа I прямо пропорциональна наработке H). На остальных участках кривой износа, где $\gamma < 1$ или $\gamma > 1$, скорость изнашивания имеет соответственно убывающий или возрастающий характер.

Уравнение (3.5) при индивидуальном прогнозировании полного и остаточного ресурсов деталей и сопряжений использовать трудно, так как в зависимости от реальных условий работы машины характер изменения степенного показателя случаен и не поддается предварительному расчету. Поэтому при расчете ресурсов деталей и сопряжений измеренную величину износа и скорость изнашивания следует относить к категории случайных величин и применять к ним вероятностные методы расчета с определением среднего значения характеристик рассеивания, ошибки переноса и доверительных границ прогнозируемого ресурса.

Полный ресурс детали на этапе микрометражных измерений можно ус-

ловно разбить на два самостоятельных участка (рис. 3.2):

- 1) от начала эксплуатации и до момента измерения - $H_{изм}$;
- 2) от момента измерения до достижения предельного состояния (предельного износа) - $T_{до}$.

При расчете ресурса определяют среднюю скорость изнашивания детали на первом участке ее работы по уравнению

$$W_g = \frac{I_{изм}}{H_{изм}}, \quad (3.6)$$

где $I_{изм}$ - износ детали на момент измерения.

После микрометражных измерений, если остаточный ресурс детали больше или равен межремонтному $T_{до} \geq T_{мр}$, то деталь вновь устанавливают на машину для дальнейшей эксплуатации, где она продолжает работать и изнашиваться до предельного износа $I_{пр}$.

Остаточный ресурс детали в таком случае рассчитывают вероятностным методом, учитывая величину его рассеивания.

Пусть средняя скорость изнашивания детали на втором участке ее работы также равна W_g .

Тогда средняя величина остаточного ресурса детали $T_{до}^c$ определяется как

$$T_{до}^c = \frac{I_{пр} - I_{изм}}{W_g}. \quad (3.7)$$

Величина рассеивания остаточного ресурса детали характеризуется нижней $T_{до}^n$ и верхней $T_{до}^g$ доверительными границами при выбранной величине доверительной вероятности α .

Как показали испытания на износ, рассеивание ресурсов одноименных деталей и сопряжений тракторов и сельскохозяйственных машин в большинстве случаев подчинено закону распределения Вейбулла с коэффициентом вариации $V=0,33...0,40$. Принимая величину смещения начала рассеивания $t_{см} = 0,3T_{до}^c$ и задавшись средней величиной $V=0,36$, определяют значения

параметров распределения Вейбулла (табл. 4 приложения).

По справочным таблицам ($B=3,0$, $C_B=0,33$):

$$\sigma = V(T_{\partial.o}^c - t_{cm}), \quad \sigma = 0,36 \cdot 0,77 T_{\partial.o}^c = 0,26 T_{\partial.o}^c, \quad (3.8)$$

$$a = \frac{\sigma}{C_n} = \frac{0,26 T_{\partial.o}^c}{0,33} \approx 0,8 T_{\partial.o}^c. \quad (3.9)$$

Приняв величину доверительной вероятности $\alpha=0,80$ и пользуясь таблицей квантелей распределения Вейбулла, определяют доверительные границы рассеивания остаточного ресурса деталей.

$$T_{\partial.o}^H = 0,70 T_{\partial.o}^c, \quad (3.10)$$

$$T_{\partial.o}^B = 1,35 T_{\partial.o}^c. \quad (3.11)$$

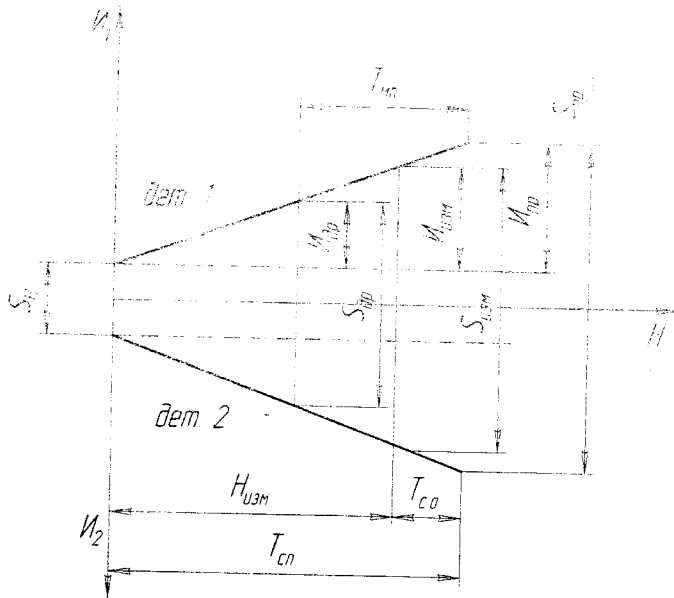


Рис. 3.3. Схема расчета ресурсов, предельных и допустимых износов деталей и сопряжения

Остаточный ресурс сопряжения рассчитывают по подобным уравнениям, учитывая измеренную величину зазора в сопряжении $S_{изм}$ (рис. 3.3).

Средняя скорость изнашивания сопряжения

$$W_c = \frac{S_{изм} - S_H}{H_{изм}}. \quad (3.12)$$

Средний остаточный ресурс сопряжения

$$T_{co} = \frac{S_{np} - S_{изм}}{W_c}. \quad (3.13)$$

Доверительные границы остаточного ресурса сопряжения

$$T_{co}^H = 0,70 T_{co}^c \quad (3.14)$$

$$T_{co}^B = 1,35 T_{co}^c \quad (3.15)$$

Если нет микрометричных измерений, полный ресурс деталей $T_{дп}$ или сопряжения $T_{сп}$ определяют по уравнениям:

$$T_{дп} = \frac{I_{np}}{I_{np} - I_{доп}} T_{мп}; \quad (3.16)$$

$$T_{сп} = \frac{S_{np} - S_H}{S_{np} - S_{доп}} T_{мп}; \quad (3.17)$$

где I_{np} и $I_{доп}$ — соответственно предельный и допустимый износы;

S_H , S_{np} , $S_{доп}$ — соответственно начальный, предельный и допустимый зазоры;

$T_{мп}$ — установленная для машины данной марки величина межремонтного ресурса.

Доверительные границы полных ресурсов деталей или сопряжений вследствие увеличения коэффициента вариации до 0,40...0,45 определяют по уравнениям

$$T_{дп}^H (\text{или } T_{сп}^H) = 0,65 T_{дп}^c (\text{или } T_{сп}^c); \quad (3.18)$$

$$T_{дп}^B (\text{или } T_{сп}^B) = 1,40 T_{дп}^c (\text{или } T_{сп}^c). \quad (3.19)$$

Величины $I_{доп}$, S_{np} , S_H , $S_{доп}$, $T_{мп}$ выбирают из технических условий на дефектацию деталей и сопряжений.

Зная допустимую величину износа $I_{др}$, предельную величину износа определяем по формуле

$$I_{пр} = I_{др} \cdot \frac{S_{пр} - S_n}{S_{пр} - S_{др}} \quad (3.20)$$

2. Цель работы

Целью работы является определение полных и остаточных ресурсов деталей и сопряжений трактора методом индивидуального прогнозирования на этапе дефектовки и принятия решения либо по дальнейшей эксплуатации, либо по восстановлению потерянной работоспособности, либо по окончательной отбраковке исследуемых объектов.

3. Материальное обеспечение

- 1) Сборочные единицы и детали трактора, подлежащие дефектовке.
- 2) Сборочные чертежи.
- 3) Рабочие чертежи данных деталей.
- 4) Измерительные средства, по оценке точности и качества исследуемых поверхностей.
- 5) Данные из отчетов исследований тракторов или сборочных единиц.

4. Содержание работы

Работа заключается в анализе технического состояния деталей и сопряжений, проведении микрометражных измерений, определении их остаточных и полных ресурсов методом индивидуального прогнозирования и принятии решения по дальнейшей эксплуатации исследуемых объектов, составлении выводов по проделанной работе.

5. Последовательность выполнения исследовательской части работы
 - 1) Ознакомиться с техническим состоянием представленных сборочных единиц и деталей трактора.
 - 2) Ознакомиться с рабочими чертежами данных деталей (нормами точности и качества, техническими условиями на изготовление).
 - 3) Ознакомиться со сборочными чертежами и изучить служебное назначе-

ние и условия эксплуатации.

- 4) Определить потребный набор измерительных средств для оценки исследуемых параметров.
- 5) Произвести микрометражные измерения поверхностей деталей в местах их наибольшего износа.
- 6) Результаты исследований занести в отчет (заполнить формы 1,2).
- 7) Определить остаточный и полный ресурсы деталей и сопряжений, доверительные границы при $\alpha=0,80$.
- 8) Определить предельные и допустимые при ремонте размеры «втулки» и «вала».
- 9) Сделать выводы и разработать рекомендации.
- 10) Оформить отчет.

6. Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы соблюдать инструкции по технике безопасности, действующие в лаборатории кафедры автомобилей и тракторов.

7. Форма заполнения отчета

- 1) Наименование объекта исследования.
- 2) Методика микрометражных исследований.
- 3) Заполнение форм 1, 2 и карты донесения, формы 3 (см. справочный материал).
- 4) Характеристика измерительных средств.

8. Выводы и рекомендации

Пример определения ресурсов методом индивидуального прогнозирования

Микрометражом, проведенным через 1800 моточасов работы двигателя СМД-14, определены размеры втулки верхней головки шатуна и поршневого пальца в местах наибольшего износа: $D_{изм В}=42,12$ мм; $D_{изм П}=41,95$ мм. Межремонтный ресурс двигателя $T_{мр}=2000$ моточасов.

В табл. 1 приведены технические условия на дефектацию этого сопряжения.

Таблица 1

Данные из технических условий на дефектацию

Сопрягаемые детали	Диаметр деталей, мм		Зазор в сопряжении, мм		
	начальный D_n	допустимый D_{dp}	начальный S_n	допустимый S_{dp}	предельный S_{np}
Втулка	$42^{+0,038}_{+0,023}$	42,09	0,022... 0,047	0,10	0,25
Поршневой палец	$42^{+0,001}_{-0,001}$	41,94			

Порядок расчета

1. Определение средней скорости изнашивания сопряжения (мкм/моточас) по уравнению (3.6):

$$W_c = \frac{S_{np} - S_n}{H_{изм}} = \frac{(42,12 - 41,95) - 0,03}{1800 \cdot 10^3} = 0,07.$$

2. Определение среднего остаточного ресурса сопряжения (моточас) по уравнению (3.12):

$$T_{co}^c = \frac{S_{np} - S_{изм}}{W_c} = \frac{0,25 - 0,03}{0,07} = 1140.$$

3. Определение доверительных границ остаточного ресурса сопряжения (моточас.) по уравнениям (3.14) и (3.15):

$$T_{c.o}^H = 0,70 T_{co}^c = 0,70 \cdot 1140 = 800.$$

$$T_{c.o}^B = 1,35 T_{co}^c = 1,35 \cdot 1140 = 1540.$$

4. Определение полного ресурса сопряжения (моточас) в соответствии с техническими условиями (табл. 1) по уравнению (3.17):

$$T_{cn} = \frac{S_{np} - S_n}{S_{np} - S_{dp}} T_{mp} = \frac{0,25 - 0,03}{0,25 - 0,10} \cdot 2000 = 2930.$$

5. Определение средней скорости изнашивания втулки поршневого пальца (мкм/моточас) по уравнению (3.6):

для втулки

$$W_{вт} = \frac{I_{изм}}{H_{изм}} = \frac{D_{изм} - D_n}{H_{изм}} = \frac{42,12 - 42,03}{1800 \cdot 10^3} = 0,05;$$

для поршневого пальца

$$W_{п.п} = \frac{I_{изм}}{H_{изм}} = \frac{d_n - d_{изм}}{H_{изм}} = \frac{42,0 - 41,95}{1800 \cdot 10^3} = 0,02.$$

6. Определение по техническим условиям допустимых износов втулки и поршневого пальца (мм):

для втулки

$$I_{dp} = D_{dp} - D_n = 42,09 - 42,03 = 0,06;$$

для поршневого пальца

$$I_{dp} = d_n - d_{dp} = 42,0 - 41,94 = 0,06.$$

7. Определение предельных износов и размеров втулки и поршневого пальца (мм) по уравнению (3.20):

для втулки

$$I_{np} = I_{dp} \frac{S_{np} - S_n}{S_{np} - S_{dp}} = 0,06 \cdot \frac{0,25 - 0,03}{0,25 - 0,10} = 0,09;$$

$$D_{np} = D_n + I_{np} = 42,03 + 0,09 = 42,12;$$

для поршневого пальца

$$I_{np} = I_{dp} \frac{S_{np} - S_n}{S_{np} - S_{dp}} = 0,06 \cdot \frac{0,25 - 0,03}{0,25 - 0,10} = 0,09;$$

$$d_{np} = d_n - I_{np} = 42,00 - 0,09 = 41,91.$$

Лабораторная работа № 4

Исследование полных и остаточных ресурсов деталей и сопряжений трактора на основе массовой статистической информации

1. Цель работы

Целью работы является определение полных и остаточных ресурсов деталей и сопряжений трактора на основе массовой статистической информации на этапе дефектовки и принятия решений либо по дальнейшей эксплуатации, либо по восстановлению потерянной работоспособности, либо по окончательной отбраковке исследуемых объектов.

2. Материальное обеспечение

- 1) Сборочные единицы и детали трактора, подлежащие дефектовке.
- 2) Сборочные чертежи.
- 3) Рабочие чертежи данных деталей.
- 4) Измерительные средства с заданной оценкой точности и качества исследуемых поверхностей.
- 5) Статистические данные из отчетов испытаний тракторов или сборочных единиц.

3. Содержание работы

Работа заключается в анализе технического состояния деталей и сопряжений, проведении микрометрических измерений, определении их остаточных и полных ресурсов на основе массовой статистической информации и принятии решения по дальнейшей эксплуатации исследуемых объектов, составлении выводов по проделанной работе.

4. Последовательность выполнения исследовательской части работы

- 1) Ознакомиться с техническим состоянием представленных сборочных единиц и деталей трактора.
- 2) Ознакомиться с рабочими чертежами данных деталей (нормами точности и качества, техническими условиями на изготовление).
- 3) Ознакомиться со сборочными чертежами и изучить служебное на-

значение и условия эксплуатации.

- 4) Определить требуемый набор измерительных средств для оценки исследуемых параметров.
- 5) Произвести микрометрические измерения поверхностей деталей в местах их наибольшего износа.
- 6) Результаты исследования занести в отчет (заполнить формы 1,2).
- 7) Определить остаточный и полный ресурсы деталей и сопряжений, доверительные границы при $\alpha=0,90$.
- 8) Определить предельные и допустимые при ремонте размеры «втулки» и «вала».
- 9) Сделать выводы и разработать рекомендации.
- 10) Оформить отчет.

Данные из технических условий на дефектацию приведены в табл. 1.

Приведем пример определения ресурсов на основе массовой статистической информации.

Известны результаты микрометража сопряжения «втулка – поршневой штифт» у восьми двигателей СМД-14 (табл. 2). В табл. 1 приведены технические условия на дефектацию этого сопряжения.

Межремонтный ресурс двигателя $T_{\text{мр}}=8000$ моточас. Требуется обработать информацию по износу сопряжений деталей, определить полный ресурс в данных почвенно-климатических условиях и его доверительные границы при доверительной вероятности $\alpha=0,90$. Расчеты производятся на ЭВМ по стандартным программам в такой последовательности:

- 1) Пользуясь данными таблиц 1 и 2, по уравнению (3.13) рассчитываем остаточные и полные ресурсы всех сопряжений и составляем сводную ведомость информации в порядке возрастания ресурса (табл. 3).
- 2) Построение статистического ряда информации для $N=32$ (табл. 4)

$$n = \sqrt{N} = \sqrt{32} \approx 6,$$

где n – количество интервалов в статистическом ряду;

Таблица 2

Результаты микрометричных измерений сопряжения
«штулка верхней головки шатуна – поршневой палец»

Номер трактора	Наработка, мото-час	1 цилиндр		2 цилиндр		3 цилиндр		4 цилиндр	
		Диаметр, мм							
		Втулка	Поршневой палец	Втулка	Поршневой палец	Втулка	Поршневой палец	Втулка	Поршневой палец
1	1800	42,12	41,94	42,11	41,94	42,10	41,94	42,12	41,93
2	2200	42,12	41,93	42,12	41,95	42,13	41,94	42,09	41,96
3	1540	42,08	41,97	42,10	41,96	42,05	41,97	42,09	41,95
4	3240	42,08	41,93	42,13	41,93	42,11	41,97	42,12	41,94
5	2120	42,03	41,97	42,07	41,97	42,08	41,96	42,06	41,97
6	1260	42,09	41,91	42,07	41,96	42,09	41,98	42,10	41,87
7	2820	42,16	41,96	42,13	41,94	42,10	41,97	42,09	41,96
8	1980	42,18	41,91	42,17	41,94	42,15	41,94	42,18	41,93

Таблица 3

Остаточные ресурсы сопряжения «штулка верхней головки шатуна – поршневой палец»

Номер сопряжения	Ресурс, мото-час	Номер сопряжения	Ресурс, мото-час	Номер сопряжения	Ресурс, мото-час	Номер сопряжения	Ресурс, мото-час
1	1820	9	2840	17	3680	25	5630
2	1980	10	2920	18	4260	26	6000
3	2190	11	3090	19	4270	27	6680
4	2320	12	3180	20	4710	28	6680
5	2460	13	3260	21	4880	29	7620
6	2530	14	3260	22	4880	30	8540
7	2720	15	3570	23	5180	31	8650
8	2720	16	3680	24	5630	32	9150

Таблица 4

Статистический ряд информации

Номер интервала	Наработка, тыс. мото-час	Частота m_i	Опытная вероятность P_i	Накопленная опытная вероятность ΣP_i
1	1,5...2,8	8		
2	2,8...4,1	9		
3	4,1...5,8	6		
4	5,4...6,7	4		
5	6,7...8,0	2		
6	8,0...9,3	3		

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

3) Определение среднего значения остаточного ресурса T_{co} и среднего квадратичного отклонения σ по уравнениям:

$$T_{co} = \sum T_{coi} \cdot P_i$$

где T_{coi} – значение середины i -ого интервала;

P_i – опытная вероятность i -ого интервала;

$$\sigma = \sqrt{\sum (T_{coi} - T_{co})^2 \cdot P_i}$$

4) Проверка информации на выпадающие точки для первой и последней точек по уравнению:

$$\lambda_{on} = \frac{1}{\sigma(T_{coi} - T_{coi-1})}$$

Коэффициент Ирвина выбирается по справочной табл. 5 приложения для $N=32 - \lambda_r=1,2$.

Точки информации не выпадают, если $\lambda_{on} < \lambda_r$; точки информации выпадают, если $\lambda_{on} > \lambda_r$.

Если из статистического ряда выпадает хотя бы одна точка, производится перерасчет вышеуказанных показателей.

5) Коэффициент вариации

$$V = \frac{\sigma}{T_{cv} - t_{cm}}$$

где t_{cm} – величина смещения; $t_{cm} = T_{c.обн} - 0,5A$;

$T_{c.обн}$ – значение начала первого интервала.

Если $V < 0,30$, выбирают закон нормального распределения;

если $V > 0,50$ – закон распределения Вейбулла;

если $0,30 < V < 0,50$, выбирается тот закон распределения, который лучше обеспечивает лучшее совпадение с распределением опытной информации.

Точность совпадения проверяют по критериям согласия.

По табл. 6 справочного материала определяются параметры закона распределения Вейбулла: $\alpha = 1 - 0,51$. Параметр $a = \frac{\sigma}{C_g}$.

6) Определение доверительных границ ресурса сопряжения при заданной доверительной вероятности $\alpha = 0,90$ по уравнениям:

$$T_{cm} = T_{c.обн} - t_{cm} \sqrt{S} + t_{cm} \alpha$$

$$T_{cn} = (T_{c.обн} - t_{cm} \sqrt{S} + t_{cm} \alpha)$$

коэффициенты t , α определяются по справочной таблице 7

7) Определение полного ресурса сопряжений в соответствии с техническими условиями по уравнению

$$T_{cn} = \frac{S_{np} - S_n}{S_{np} - S_{mp}} \cdot T_{mp}$$

5. Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы соблюдать инструкции по технике безопасности, действующие в лаборатории кафедры автомобилей и тракторов.

6. Форма заполнения отчета

- 1) Наименование объекта исследования.
- 2) Методика микрометричных исследований.

3) Заполнение форм 1, 2 и карты донесения, формы 3 (см. справочный материал).

4) Характеристика измерительных средств.

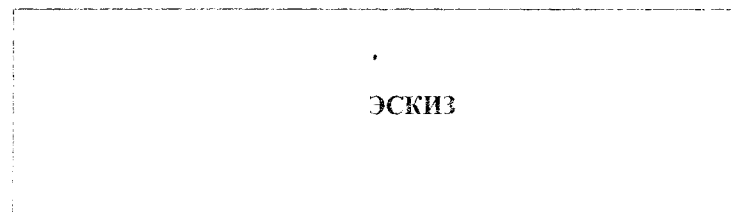
7. Выводы и рекомендации

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Форма 1

Эскиз детали и дефекта (повреждения).

Технические условия по рабочему чертежу



ЭСКИЗ

Форма 2

Характеристика поверхностей деталей, получивших дефекты, неисправности и повреждения

Параметры	По чертежу	Фактически
Отклонение размеров		
Отклонение формы		
Отклонение взаимного расположения		
Шероховатость		
Микротвердость		
Уровень напряжений		
Дефекты		
Неисправности		
Повреждения		

Карты донесения о состоянии объекта в хозяйстве

1						НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА					
Код		Агрегат		Машина		Механизм (узел)		Деталь			
2						ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА					
						ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ					
Исходные		При об-служ.		Исходные		При об-служ.		Исходные		При об-служ.	
3						НАРАБОТКА ОБЪЕКТА					
4						УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕЖИМ РАБОТЫ ОБЪЕКТА					
5						ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ ПОВРЕЖДЕНИЯ, ОТКАЗА ОБЪЕКТА					
6						ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ, ОТКАЗА ОБЪЕКТА					
7						ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ ПОВРЕЖДЕНИЯ, ОТКАЗА ОБЪЕКТА					
8						ПОСЛЕДСТВИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ, ОТКАЗА ОБЪЕКТА					
						Обыскаемые			Устранение		

Карта донесения о состоянии объекта составляется на каждое повреждение. В разделы имеющейся карты должны быть внесены следующие сведения.

1. Наименование объекта. В графе «Агрегат» приводится наименование агрегата и перечень основных машин с указанием их типов. В графе «Машина» приводятся наименование машины и перечень ее основных механизмов и узлов с указанием их типов. В графе «Механизм» приводится наименование механизма или узла и перечень основных деталей с указанием их типов. В графе «Деталь» приводится наименование детали. При составлении группы карт на несколько деталей каждая деталь в узле должна быть обозначена сим-

волом (цифрой), который заносится в графу «Код».

2. Характеристика объекта. В графах «Агрегат», «Машина», «Механизм» приводится организация-изготовитель, год ввода в действие, количество проведенных капремонтов, периодичность текущих ремонтов и замен. Указываются основные паспортные данные: исходные (при вводе в действие) и в период обследования.

Указать причину изменения паспортных данных – реконструкция или интенсификация параметров (конкретно).

В графе «Деталь» приводится частота замены, а также характеристика (шероховатость поверхности, твердость, точный размер) участка детали, повреждение которого отмечаете в карте, по чертежу и фактическое (при установке) состояние.

3. Нарботка объекта. Выражается в годах, месяцах, часах работы или годах произведенной продукции. Для агрегата, машины наработка указывается с начала пуска; для механизма (узла) детали – от предыдущей замены до следующего обследования.

4. Условия эксплуатации и режима работы объекта. Дается характеристика условий эксплуатации объекта в количественном выражении: величины и характера режимов работы, по возможности, действующих сил, температуры, условий трения, воздействия коррозионных сред. Указывается конкретный характер, величина, длительность и периодичность отклонений от правил технической эксплуатации и технологических инструкций.

5. Внешние признаки (критерии) повреждений, отказов объекта. Повышенный шум, стук, вибрации, нагрев, потери герметичности, течь, снижение давления (разрежение), изменение размеров деталей или состояния поверхностей, изменение режимов или прекращение работы. По возможности указать количественные значения признаков, а также интенсивность (скорость) их проявления (внезапное или постепенное).

6. Причины повреждений, отказа объекта. Конструкционные, технологические (качество деталей и запасных частей, качество ремонта) и эксплуата-

ционные (постоянное, многократное или одновременное нарушение установленных режимов и условий эксплуатации или естественная потеря работоспособности при достижении предельного состояния). По возможности указать количественное значение фактора, вызвавшего повреждение или отказ.

7. Вид и характер повреждения, отказа объекта. Сделать описание участка детали, на котором произошло разрушение (объемное), деформация, износ, изменение структуры поверхности. Приложить иллюстрацию экспоната, фото общего вида, структуры, чертеж, эскиз и пр.

8. Последствия повреждения, отказа объекта. В графе «Отыскание» указать затраченное время, трудоемкость (количество человек, должность или разряд), применяемые приборы, инструмент.

В графе «Устранение отказа»:

- вид ремонта (капитальный, текущий по устранению поврежденной, отказа, аварийный или замена детали (новой, восстановленной, бывшей в употреблении), регулировка, другие способы устранения, периодичность исполнения (ремонт) по рассматриваемому виду;

- затраченное время, трудоемкость (количество человек, должность или разряд);

- применяемые средства механизации ремонта;

- стоимость (масса) заменяемых деталей;

- характеристика качества ремонта (уровень качества, оценка, гарантия (указать срок) и прочее).

В конце карты указать фамилию, должность лица, проводившего обследование, указать год, месяц, смену возникновения или обнаружения и устранения повреждения, отказа.

Таблица 5

Коэффициенты Ирвина λ_T

Повторность информации N	λ_T при $\alpha=0,95$	λ_T при $\alpha=0,99$	Повторность информации N	λ_T при $\alpha=0,95$	λ_T при $\alpha=0,99$
2	2.8	3.7	30	1.2	1.7
3	2.2	2.9	50	1.1	1.6
10	1.5	2.0	100	1.0	1.5
20	1.3	1.8	400	0.9	1.3

Таблица 6

Параметры и коэффициенты закона распределения Вейбулла

b	K_b	C_b	V	E_b	$P_{пл}$
1	2	3	4	5	6
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	1,065	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	2,198	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	0,586
1,420	0,909	0,650	0,714	1,172	0,582
1,440	0,908	0,640	0,705	1,146	0,580
1,460	0,906	0,631	0,696	1,120	0,578
1,480	0,904	0,622	0,687	1,096	0,577

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
1,500	0,903	0,613	0,697	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	0,889	0,517	0,581	0,795	0,556
1,800	0,889	0,511	0,575	0,779	0,555
1,820	0,888	0,506	0,569	0,762	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	0,471	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	0,597	0,541
2,080	0,886	0,447	0,505	0,592	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
2,240	0,886	0,418	0,472	0,487	0,533
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

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
2,340	0,886	0,402	0,454	0,434	0,530
2,360	0,866	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
2,600	0,888	0,369	0,416	0,324	0,521
2,620	0,888	0,367	0,413	0,315	0,520
2,640	0,888	0,364	0,410	0,307	0,520
2,660	0,889	0,362	0,407	0,299	0,519
2,680	0,889	0,357	0,402	0,290	0,519
2,700	0,889	0,355	0,399	0,282	0,517
2,720	0,889	0,353	0,397	0,267	0,517
2,740	0,890	0,351	0,394	0,260	0,516
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
2,880	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	0,893	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

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
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	0,896	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
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

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6
4,000	0,906	0,254	0,280	-0,087	0,491
4,020	0,907	0,253	0,279	-0,091	0,491
4,040	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	0,249	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 7

Коэффициенты L_{α} , F_{α} , G_{α} для двухсторонних доверительных границ

N	$\alpha=0,60$			$\alpha=0,80$			$\alpha=0,90$			$\alpha=0,95$		
	L_{α}	F_{α}	G_{α}	L_{α}	F_{α}	G_{α}	L_{α}	F_{α}	G_{α}	L_{α}	F_{α}	G_{α}
3	1,06	1,75	0,70	1,89	2,73	0,57	2,92	3,66	0,28	4,30	4,85	0,42
4	0,98	1,74	0,73	1,64	2,29	0,60	2,33	2,93	0,57	3,16	3,67	0,56
5	0,94	1,62	0,75	1,53	2,05	0,62	2,13	2,54	0,58	2,78	3,07	0,60
6	0,92	1,54	0,76	1,48	1,90	0,65	2,02	2,29	0,57	2,87	2,72	0,51
7	0,91	1,48	0,77	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	1,33	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	1,88	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	0,74	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	1,21	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