ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ. УСКОРЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

РД 50-424—83

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1984

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Государственным комитетом СССР по стандартам

ИСПОЛНИТЕЛИ

В. Ф. Курочкин, А. И. Кубарев, Е. И. Бурдасов, И. З. Аронов, Ж. Н. Буденная, К. А. Криштоф, Н. А. Сачкова, Т. Н. Дельнова, А. И. Кусков, Р. В. Кугель, В. П. Важдаев, К. И. Кузьмин, Л. Я. Подольский, Л. П. Лозицкий, А. Н. Ветров, В. Ф. Лопшов, В. Н. Любушкина, В. К. Медвежникова

ВНЕСЕНЫ Государственным комитетом СССР по стандартам

УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10 октября 1983 г. № 4903

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Надежность в технике. Ускоренные испытания. Основные положения.

РД 50-424-83

Редактор *Т. А. Кисглева*
Технический редактор *В. И. Тушева*
Корректор *В. А. Ряукайте*

Сдано в наб. 02.04 84 Подп. в печ. 09 08 84 Т—13595 Формат 60×90$^1/_{16}$ Бумага кн.-журнальная. Гарнитура литературная Печать высокая 0,75 усл п л 0,75 усл. кр.-отт. 0,68 уч.-изд. л. Тираж 15000 Зак 2044 Изд № 6051/4. Цена 3 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва. ГСП, Новопресненский пер., д. 3.
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Миндауго, 12/14.

УДК 620.199

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Надежность в технике.
Ускоренные испытания.
Основные положения

РД
50-424—83

Введены впервые

Утверждены Постановлением Госстандарта от 10 октября 1983 г. № 4993, срок введения установлен с 1 января 1985 г.

Настоящие методические указания распространяются на изделия машиностроения и приборостроения и устанавливают основные принципы ускорения испытаний на надежность, которые рекомендуется применять при разработке нормативно-методической (программы и методики) и технической (испытательное оборудование) основ системы государственных испытаний продукции по ГОСТ 25051.0—81.

Основные понятия в области ускоренных испытаний на надежность и их определения приведены в справочном приложении.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Принцип или сочетание принципов ускорения испытаний на надежность устанавливают в типовых программах и методиках головные организации по государственным испытаниям для закрепленных за ними видов изделий или по их поручению разработчик продукции.

1.2. Установленные по п. 1.1 принципы ускорения должны применяться при разработке методов испытаний на надежность для включения в конструкторские (ПМ, ТУ) и нормативно-технические (стандарты вида ОТУ, ТУ, методов испытаний) документы на конкретные виды изделий.

1.3. Выбор принципа или сочетания принципов ускорения испытаний на надежность должен обеспечить максимальное возможное сокращение продолжительности испытаний с воспроизведением отказов при их наличии в последовательности и номенклатуре, характерных для нормальных условий испытаний.

1.4. План ускоренных испытаний должен быть построен с учетом погрешности пересчета на нормальные условия испытаний,

© Издательство стандартов, 1984

для которых в нормативно-технических документах на изделие заданы показатели надежности и требования к достоверности их контроля.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УСКОРЕНИЯ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

2.1. Различают ускоренные испытания в нормальном и форсированном режимах.

2.2. Ускорения испытаний в нормальном режиме достигают уплотнением рабочих циклов или экстраполяцией по наработке.

2.2.1. Уплотнение рабочих циклов осуществляют за счет:

сокращения перерывов в работе;

исключения холостых ходов;

устранения простоев;

сокращения времени на вспомогательные работы;

исключения нерабочих климатических периодов и т. п.

Необходимым условием применения принципа уплотнения рабочих циклов является отсутствие влияния исключения перерывов в работе на интенсивность процессов, приводящих к отказам.

Коэффициент ускорения испытаний при уплотнении циклов

$$K_1 = \frac{M(C_{N,N})}{M(C^*_{N,N})}, \qquad (1)$$

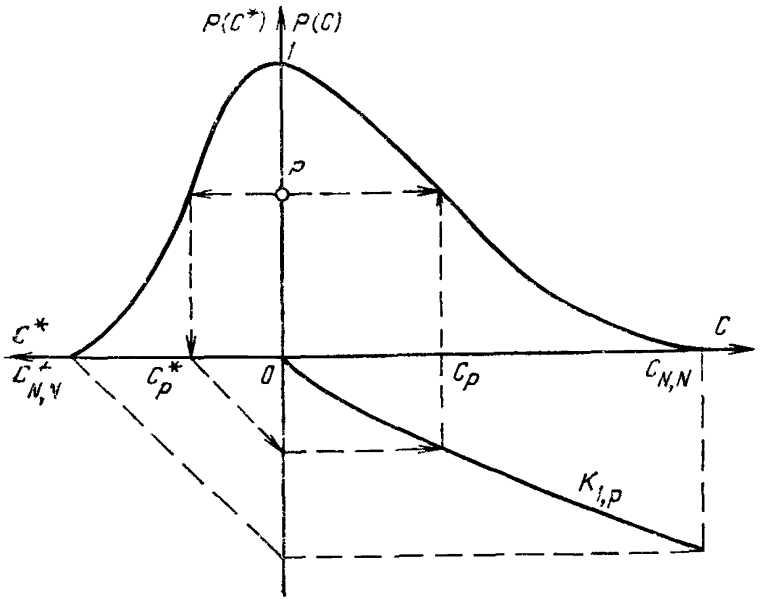
где $C_{N,N}$ и $C^*_{N,N}$ — срок службы N-го объекта в выборке объема N, упорядоченной по возрастанию, при нормальных и ускоренных испытаниях, соответственно;

M — оператор математического ожидания.

Коэффициент пересчета показателей надежности, выраженных через календарную продолжительность, определяют по методу равных вероятностей (черт. 1), который заключается в следующем. На стадии предварительных исследований берут две случайные выборки из одной и той же партии изделий. Одна из них испытывается в нормальных условиях, другая — в режиме ускоренных испытаний. В процессе испытаний фиксируются моменты отказа изделий. По полученным экспериментальным данным находится функция $K_{1,p}$ (см. черт. 1) как геометрическое место точек, соответствующих равным квантилям p. Чтобы убедиться, что функция $K_{1,p}$, будет инвариантом производства, необходимо повторить эксперимент на нескольких партиях. При наличии функции $K_{1,p}$ результаты ускоренных испытаний любой другой выборки приводятся к нормальным условиям.

Если же показатель надежности подсчитывают по наработке, то коэффициент пересчета равен единице.

2.2.2. Экстраполяцию по наработке осуществляют на основе модели отказов, параметры которой оценивают по результатам усеченных испытаний.



C и C^*—срок службы при нормальных и ускоренных испытаниях, соответственно; P—вероятность недостижения предельного состояния, $K_{1,P}$—функция пересчета

Черт. 1

Различают модели отказов, основанные на изучении закономерности изменения выходных параметров и статистики отказов изделия.

2.2.2.1. Параметрическая модель (вариант) представлена на черт. 2. Здесь вероятность отказа $F(t)$ определяется характером изменения выходного параметра X. В начальный момент ($t=0$) для выборки изделий объемом N имеет место рассеивание выходного параметра $f(X_0)$ относительно среднего значения $\bar{X}_0$. По мере увеличения наработки выходной параметр изменяется в соответствии с протеканием деградационных процессов. В общем случае существенное изменение параметра X может начаться после некоторой наработки $t_в$ и протекать со случайной скоростью, изменяющейся во времени, $v_x=dx/dt$. Измеряя выходной параметр изделий в момент усечения испытаний $t_у$, можно получить плотность распределения значений выходного параметра $f(x,t)$, которая определяет вероятность выхода параметра X за границу X_{max}, т. е. вероятность отказа $F(t)=1-P(t)$.

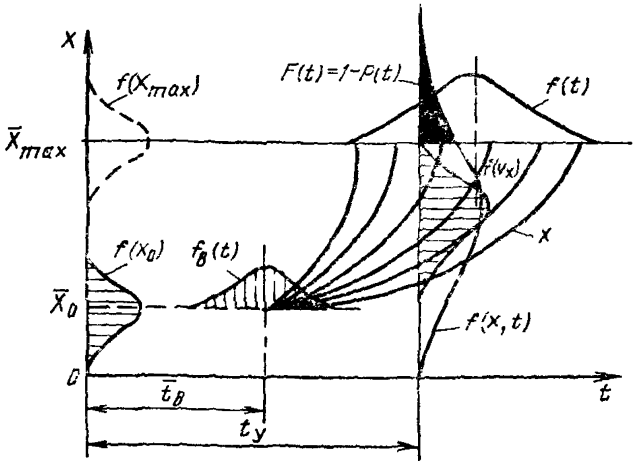
2.2.2.2. Цензурированная модель основана на регистрации моментов отказов до усечения испытаний, что приводит к получению выборки, представляющей собой наработки всех N объектов испытаний как отказавших, так и оставшихся работоспособными.

Различают цензурирование двух типов:

тип I — прекращение испытаний при заданной наработке;

тип II — при заданном количестве отказов.

Параметрическая модель (вариант)



$X=\varphi(t)$—выходной параметр изделия; X_{max}—предельное допустимое значение выходного параметра; $f(X_0)$—плотность распределения выходного параметра в начале испытаний; $t_в$—начало старения, износа и т. д.; $f(t)$—плотность распределения наработок до отказа; $F(t)=1-P(t)$—вероятность отказа; $f(x,t)$—плотность распределения выходного параметра; $f(v_x)$—плотность распределения скорости изменения выходного параметра; t—наработка; $t_у$—момент усечения испытаний

Черт. 2

2.2.2.3. Коэффициент ускорения испытаний при экстраполяции по наработке

$$K_2=\begin{cases} M(C_{N,N})/C_у \text{ цензурирование типа I или параметрическая модель} \\ M(C_{N,N})/M(C_{r,N}) \text{ цензурирование типа II,} \end{cases} \quad (2)$$

где $C_{N,N}$ — продолжительность испытаний, соответствующая наработке $t_{N,N}$ — последнего образца в упорядоченной выборке объема N;

$C_{r,N}$ — то же, для r-го образца;

$C_у$ — то же, для момента усечения;

M — оператор математического ожидания.

Коэффициент пересчета показателей надежности, выраженных через наработку, равен единице. Если показатель надежности подсчитывают по календарной продолжительности, то коэффициент пересчета определяют по методу равных вероятностей (см. черт. 1).

2.3. Ускорения испытаний в форсированном режиме достигают интенсификацией деградационных процессов. Различают две группы принципов форсирования испытаний, отличающиеся способом пересчета их результатов на нормальные условия;

требующие предварительного определения коэффициента пересчета;

позволяющие оценивать результаты испытаний без предварительного определения коэффициента пересчета.

2.3.1. К группе принципов, требующих предварительного определения коэффициента пересчета, относят:

усечение спектра нагрузок;

повышение скорости приложения нагрузок;

принцип сравнения.

2.3.1.1. Усечение спектра нагрузок заключается в исключении части нагрузок, не оказывающих заметного повреждающего действия (в чем следует предварительно убедиться) на объект испытаний, что приводит к повышению среднего уровня нагрузок и, следовательно, более быстрому исчерпанию ресурса.

Частным случаем усечения спектра нагрузок является исключение установившейся части рабочего цикла (режим «пуск—остановка», «разгон—торможение» и т. п.), т. е. работа в неустановившемся режиме.

2.3.1.2. Повышение скорости приложения нагрузок осуществляется на основе увеличения частоты циклического нагружения или скорости движения под нагрузкой. Предварительно убеждаются, что увеличение частоты нагружения (усталость) или скорости скольжения (износ) не искажают природу отказов.

2.3.1.3. Принцип сравнения основан на использовании данных об аналогичных изделиях. В зависимости от имеющейся информации оценка надежности изделий производится следующими способами:

сравнением показателей надежности двух видов изделий по результатам только форсированных испытаний;

сравнением показателей надежности изделия в форсированном режиме с результатами испытаний в этом и нормальном режимах изделия-аналога;

пересчетом результатов испытаний изделия в форсированном режиме к нормальному режиму по имеющейся зависимости показателей надежности от уровня нагрузки.

2.3.2. К группе принципов, не требующих предварительного определения коэффициента пересчета, относят:

экстраполяцию по нагрузке;

принцип «доламывания»;

принцип запросов.

2.3.2.1. Примерами принципа экстраполяции по нагрузке служат методы оценки предела выносливости (методы Шварева, Штромейера, Муратова, Про, Нэдэшана и т. д.). При использовании методов экстраполяции необходимо уделять серьезное внимание достоверности определения параметров зависимостей, правомерности выбора их вида, оценке допустимых пределов экстраполяции и выбору интервала варьирования переменных в эксперименте.

2.3.2.2. Принцип «доламывания» заключается в следующем. Изделия, имеющие различную наработку в нормальном режиме,

доводят до отказа (предельного состояния) в форсированном режиме. В форсированном же режиме определяют показатели надежности новых изделий (не имеющих наработки в нормальном режиме). На основании этих сведений определяют показатели надежности в нормальном режиме, используя подходящую теорию накопления повреждений. Возможна и другая последовательность нагружения — сначала в форсированном, затем — в нормальном режимах.

2.3.2.3. Принцип запросов применяется в случаях, когда возможно измерение выходного параметра, выход которого за допустимые пределы означает отказ. В ходе испытаний нормальные и форсированные режимы нагружения чередуются.

2.3.3. Коэффициент ускорения испытаний подсчитывается по формуле (1), где C'_{N} означает продолжительность форсированных испытаний.

Коэффициенты пересчета показателей надежности определяют по методу равных вероятностей.

Для элементов изделия, испытываемого в нескольких различных нормальных и форсированных режимах (например, для обеспечения «синхронности» накопления повреждений), коэффициент пересчета показателей надежности (типа «средний») определяется по формуле

$$K_{э}=\sqrt{\frac{\sum\limits_{j}\alpha_j K_j}{\sum\limits_{i}\alpha_i/K_i}}=\sqrt{\frac{\sum\limits_{j}\dfrac{\alpha_j}{\sum\limits_{i}\alpha_i K_{ij}}}{\sum\limits_{i}\dfrac{\alpha_i}{\sum\limits_{j}\alpha_j K_{ji}}}}, \qquad (3)$$

где α_i, α_j — доли наработки в i-м нормальном и j-м форсированном режимах, соответственно;

$K_{ji}=1/K_{ij}$ — коэффициент пересчета от j-го форсированного режима к i-му нормальному;

K_i — коэффициент пересчета от комплексного форсированного режима к i-му нормальному;

K_j — коэффициент пересчета от j-го форсированного к комплексному нормальному.

Из (3) вытекают два часто применяемых частных случая:

$$K_{ф}=\sum_{j}\alpha_j K_j,$$

когда нормальный режим один, а форсированных несколько, и

$$K_{н}=1/\sum_{i}\alpha_i/K_i,$$

когда нормальных режимов несколько, а форсированный только один.

2.4. Перечисленные принципы ускорения испытаний могут быть использованы как индивидуально, так и в любом сочетании. Если

взаимное влияние принципов отсутствует, то коэффициент ускорения при их совместном применении

$$K_{\Sigma} = \prod_{q=1}^{\Sigma} K_q,$$

где K_q — коэффициент ускорения испытаний при использовании q-го принципа;

Σ — количество использованных принципов.

3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УСКОРЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Контрольные испытания, целью которых является подтверждение нормированных показателей надежности, осуществляют по методам:

доверительных интервалов (одно-или двусторонних);

сравнения тотечных оценок и дисперсий показателей надежности;

статистического приемочного контроля.

3.2. Для двух первых методов используют принципы ускорения и коэффициенты ускорения и пересчета, изложенные в разд. 2.

3.3. При статистическом приемочном контроле используют принципы ускорения, изложенные в разд. 2. Коэффициент ускорения испытаний

$$K = \frac{C_н}{C_у},$$

где $C_н$ — продолжительность нормальных испытаний;

$C_у$ — продолжительность ускоренных испытаний.

4. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

4.1. Ускорение испытаний, как правило, основано на использовании априорных сведений о надежности объекта испытаний. Для получения этих сведений необходимо провести предварительные исследования, включающие в общем случае следующие этапы:

исследование условий работы изделия;

исследование эксплуатационной нагруженности изделия;

исследование надежности в эксплуатации;

изучение характера и причин отказов;

выбор принципа ускорения, условий и режимов испытаний;

выбор, а при необходимости, разработка и создание испытательного оборудования;

проведение ускоренных испытаний на надежность;

анализ результатов предварительных исследований, установление их адекватности, сопоставление с результатами эксплуатационных наблюдений, разработка модели отказов и определение функции пересчета на нормальные условия.

4.2. Исследование условий работы изделия заключается в рассмотрении существующих вариантов использования изделия с целью выбора типичных условий его эксплуатации и установления их статистических характеристик.

4.3. Исследование эксплуатационной нагруженности элементов изделия следует проводить как в типичных, так и экстремальных условиях эксплуатации по ГОСТ 23603—79, ГОСТ 23604—79 и ГОСТ 23605—79.

4.4. Результаты исследования надежности в эксплуатации должны быть увязаны с результатами работ по пп. 4.2 и 4.3 общностью условий эксплуатации.

4.5. На основании совместного анализа нагруженности элементов изделия, характера и причин их отказов выбирается один или сочетание нескольких принципов ускорения испытаний.

4.6. Объектами предварительных исследований выбирают изделия серийного производства, а результатом разработки является методика, распространяющаяся на группу однородных изделий, в которую входят упомянутые серийные изделия. Приемлемость методики для изделий других типов, в том числе и новых, должна быть подтверждена анализом различий объектов или условий их эксплуатации. При этом возможна корректировка ранее разработанной методики.

4.7. Количество объектов для предварительных исследований должно быть выбрано из условия получения коэффициента пересчета на нормальные условия, обеспечивающего выполнение требований п. 1.4.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩИХ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ, И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение
Нормальные испытания	По ГОСТ 16504—81
Ускоренные испытания	По ГОСТ 16504—81
Сокращенные испытания	По ГОСТ 16504—81 Примечание. Применительно к испытаниям на надежность программа испытаний сокращается в части объема (продолжительности) испытаний. Испытания проводят в нормальных условиях
Форсированные испытания	Ускоренные испытания, основанные на интенсификации деградационных процессов, приводящих к отказу (предельному состоянию)
Усеченные испытания	Испытания, прекращаемые при достижении заданной наработки
Коэффициент ускорения	Отношение математических ожиданий продолжительности нормальных и ускоренных испытаний
Коэффициент пересчета	Отношение одноименных показателей надежности, оцененных при нормальных и ускоренных испытаниях
Принцип ускорения испытаний	Совокупность теоретических и экспериментальных закономерностей или обоснованных допущений, на основе использования которых достигается сокращение продолжительности испытаний
Метод ускоренных испытаний	Правила применения принципов ускорения и средств испытаний
Режим ускоренных испытаний	Режим функционирования изделия, предусмотренный методом ускоренных испытаний
Нормальный режим	Режим функционирования изделия, параметры которого находятся в пределах, установленных в технической документации для нормальных условий испытаний
Форсированный режим	Режим функционирования изделия, параметры которого находятся в пределах, установленных в технической документации для условий форсированных испытаний

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ускоренные испытания изделий машиностроения на надежность. Вып 2.—М: Изд-во стандартов, 1969.

Прояиков А. С., Дунин-Барковский И. В. Классификация методов испытаний машин на надежность.—Надежность и контроль качества, 1969, № 1, с 10—24.

Перроте А. И., Карташов Г. Д., Цветаев К. Н. Основы ускоренных испытаний радиоэлементов на надежность. — М.: Советское радио, 1968.

Методические вопросы исследований прочности деталей тракторов и других самоходных машин./Труды НАТИ, вып. 195. М., НАТИ 1968.

Ускоренные испытания на надежность. Стендовые испытания траншейных экскаваторов /Труды ВНИИНМАШ, вып. 10.—М.: Изд-во стандартов, 1974.

Бурдасов Е. И., Кисиль В. В. Метод оценки эксплуатационной долговечности амортизаторов подвески силового агрегата автомобиля. — Каучук и резина. 1974, № 7, с. 29—31.

Яценко Н. Н., Шалдыкин В. П. Оптимальное планирование испытаний на автополигоне. — Автомобильная промышленность, 1974, № 7, с. 14—17.

Анилович В. Я., Сычев И. П. К определению коэффициента перехода от результатов стендовых испытаний к результатам испытаний в эксплуатационных условиях. — Вестник машиностроения, 1969, № 6, с. 28—30.

Величкин И. Н., Кугель Р. В., Дмитриченко С. С., Дьяков И. Я. Ускоренные испытания надежности тракторов, их агрегатов и узлов. — Тракторы и сельхозмашины, 1975, № 11, с. 31—33.

Майоров А. В, Потюков Н. П. Планирование и проведение ускоренных испытаний на надежность устройств электронной автоматики. — М.: Радио и связь, 1982.

Выбор методов и средств сравнительных испытаний на надежность изделий машиностроения при аттестации. Методы ускоренных испытаний. МР 37—82.—М, ВНИИНМАШ, 1982.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3

2. Основные принципы ускорения определительных испытаний . 4

3. Основные принципы ускорения контрольных испытаний . . 9

4. Требования к разработке методов ускоренных испытаний . 9

Приложение справочное 11

Список литературы 12

gost.e-ecolog.ru