УДК 621.311.25-52.001.4:621.039:006.354 Группа Е19

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций

# МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ПО НАДЕЖНОСТИ

Atomic power station technological processes control system equipment
Evaluation methods of meeting reliability requirements

# ГОСТ 25804.6—83

ОКП 3409

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 мая 1983 г. № 2342 срок введения установлен

с 01.01.84*

Настоящий стандарт устанавливает методы оценки соответствия аппаратуры, приборов, устройств и оборудования систем управления технологическими процессами (далее — аппаратура) атомных электростанций (АЭС) требованиям по надежности, установленным в ГОСТ 25804.2—83.

Общие правила проведения испытаний — по ГОСТ 25804.5—83

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Оценку соответствия показателей надежности аппаратуры требованиям, установленным в стандартах, технических условиях (ТУ) и технических заданиях (ТЗ) на конкретную аппаратуру, следует проводить по результатам испытаний на надежность опытных образцов (кроме опытных образцов аппаратуры блоков детектирования ядерного приборостроения) и серийной аппаратуры.

При наличии технико-экономических обоснований невозможности или нецелесообразности проведения испытаний на надежность соответствие аппаратуры требованиям по надежности следует оценивать расчетными, расчетно-экспериментальными или экспериментальными методами.

1.2. Соответствие требованиям к средствам контроля и технического обслуживания с учетом метрологического обеспечения аппаратуры следует устанавливать экспериментальным методом.

* Порядок введения стандарта в действие — по ГОСТ 25804.1—83.

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена



gost.e-ecolog.ru

1.3. Критерии отказов аппаратуры, определяемые на основании требований к ее техническим характеристикам, конкретные программы испытаний (ПИ) и методы оценки их результатов следует указывать в стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру.

Программы испытаний аппаратуры ядерного приборостроения следует устанавливать в нормативно-технической документации отрасли.

1.4. На стадиях технического предложения, эскизного и технического проектов для определения показателей надежности следует применять расчетные методы, которые следует указывать в программе обеспечения надежности (ПОН), составляемой в соответствии с требованиями ГОСТ 25804.2—83.

Этапы проектирования, на которых рассчитывают показатели надежности, следует устанавливать в ТЗ и оговаривать в ПОН.

1.5. Расчет показателей надежности (безотказности, ремонтопригодности, сохраняемости и долговечности) на стадиях технического предложения, эскизного и технического проектов проводят для:

оценки принципиальной возможности обеспечения требований по надежности, заданных в ТЗ;

выбора варианта схемно-конструктивного построения аппаратуры, в наибольшей степени удовлетворяющего заданным требованиям;

выявления менее надежных составных частей аппаратуры;

разработки мероприятий по выполнению ПОН.

1.6. Испытания на надежность вновь разрабатываемой и модернизируемой аппаратуры относятся к предварительным и государственным испытаниям и являются неотъемлемой их частью.

Испытания на надежность серийно изготовляемой аппаратуры относятся к периодическим (при этом периодичность контроля устанавливают в ТУ в соответствии с требованиями, указанными в ГОСТ 25804.5—83) и к типовым, если это предусмотрено в стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру, прошедшую полный цикл приемо-сдаточных испытаний.

1.7. В тех случаях, когда по согласованию с заказчиком испытания на надежность специально изготовленных для этой цели образцов не проводят, то показатели надежности аппаратуры следует оценивать по результатам предварительных, государственных, периодических и приемо-сдаточных испытаний. При этом в стандартах и ТУ должны быть определены порядок сбора статистической информации о надежности аппаратуры и отдельных ее частей в различных эксплуатационных режимах и порядок оценки показателей надежности.

1.8. При испытаниях должны быть зафиксированы: наработка, моменты возникновения отказов, общее число отказов, режимы

работы, при которых появились отказы, время восстановления работоспособности, причины возникновения отказов.

1.9. В случае необходимости испытания аппаратуры следует проводить в составе объектов.

Характер и периодичность задач, выполняемых объектов, должны быть установлены в стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру.

1.10. Испытания на надежность следует проводить в условиях и режимах, установленных в разд. 4.

1.11. Аппаратура должна быть подвержена испытаниям на надежность в том виде, в котором ее применяют по назначению.

Во время испытаний должно быть обеспечено:

строгое соблюдение порядка включения и выключения аппаратуры, установленного в соответствии с инструкцией по эксплуатации;

осуществление рабочих и контрольных операций в соответствии с инструкцией по эксплуатации и особенностями применения;

изменение питающих напряжений в пределах норм, указанных в ТУ или ТЗ. При этом время работы аппаратуры в режимах, установленных в настоящем стандарте, при напряжениях, отличных от номинальных, должно составлять от всего времени испытаний $^1/_4$ при повышенном напряжении и $^1/_4$ при пониженном напряжении;

измерение основных параметров в соответствии с порядком, указанным в стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру.

1.12. В стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру должны быть указаны условия и режим испытаний аппаратуры, последовательность испытаний, предусматривающая периодичность операций и учитывающая специфику испытуемой аппаратуры.

Примечание. При испытаниях аппаратуры на объекте, а также при питании от типовых аккумуляторов, при испытании в лабораторных условиях соотношение времени работы аппаратуры при различных напряжениях определяется фактическими колебаниями напряжения сети или встроенных типовых источниках тока и разрядов аккумуляторов.

1.13. Техническое обслуживание аппаратуры (в том числе периодическое техническое обслуживание, профилактические осмотры, замена комплектующих изделий, текущий ремонт, регулировка, настройка и т. п.) при испытаниях на надежность следует осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ 25804.5—83 и инструкции по эксплуатации. При техническом обслуживании и ремонте аппаратуры следует использовать контрольно-измерительную аппаратуру и комплект запасного имущества, инструмента и принадлежностей (ЗИП).

1.14. Вмешательство представителей разработчика или предприятия—изготовителя аппаратуры в действия бригад, проводящих испытания, допускается только для предотвращения возникновения аварийной ситуации и, в необходимых случаях, для оказания помощи в устранении отказов.

Примечание. При обнаружении в процессе испытаний недостатков в инструкции по эксплуатации разработчик с участием представителя заказчика дорабатывает или корректирует ее.

1.15. Соответствие аппаратуры заданным требованиям к показателям надежности должно быть установлено с помощью методов ускоренных испытаний, если определены:

режим ускоренных испытаний;

коэффициенты ускорения или зависимости между показателями надежности в нормальном и форсированном режимах.

Методики ускоренных испытаний для оценки показателей надежности конкретных образцов аппаратуры разрабатывают, согласовывают и утверждают в установленном порядке.

1.16. В процессе испытаний и после их окончания необходимо проанализировать результаты, определить значения показателей надежности и оценить соответствие аппаратуры требованиям, указанным в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру.

1.17. Отказы, которые возникают в аппаратуре во время испытаний, должна анализировать комиссия, проводящая испытания.

Все отказы аппаратуры, зафиксированные при испытаниях, следует подразделять на учитываемые и неучитываемые. При этом не следует учитывать отказы:

зависимые;

вызванные воздействием внешних факторов, не предусмотренных в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру;

вызванные нарушением обслуживающим персоналом инструкции по эксплуатации;

устраняемые в процессе доработок, эффективность которых очевидна или подтверждена экспериментально при дальнейших испытаниях на надежность или при дополнительных испытаниях;

вызванные применением методов прогнозирования отказов в процессе технического обслуживания;

не влияющие на оцениваемый показатель надежности.

Перечень неучитываемых отказов приводят в ТУ или ПИ по согласованию между разработчиком (предприятием-изготовителем) и заказчиком.

1.18. Испытания на надежность подразделяют на определительные и контрольные. Вопрос о проведении определительных или контрольных испытаний на надежность и о стадиях, на которых следует проводить эти испытания, решается по согласованию меж-

ду разработчиком и заказчиком и это оговаривают в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру.

1.19. Определительные и контрольные испытания подразделяют на следующие виды:

испытания на безотказность;

испытания на ремонтопригодность;

испытания на сохраняемость;

испытания на долговечность;

испытания по оценке комплексных показателей надежности.

1.20. Определительные и контрольные испытания на надежность совмещаемые с предварительными, государственными, периодическими или типовыми испытаниями, проводят стороны, указанные в ГОСТ 25804.5—83.

1.21. Контрольные испытания на надежность

1.21.1. Контрольные испытания на надежность следует проводить для оценки соответствия показателей надежности аппаратуры требованиям, установленным в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру.

1.21.2. Методику контрольных испытаний аппаратуры на надежность следует разрабатывать на основе данных, указанных в настоящем стандарте, нормативно-технической документации, конструктивных особенностей, специфики функционирования и условий эксплуатации аппаратуры.

В методике должны быть указаны:

перечень показателей надежности, подлежащих контролю, программа испытаний для каждого показателя надежности;

приемочный $R_0$ и браковочный $R_1$ уровни показателей надежности;

риск поставщика $\alpha$ и риск заказчика $\beta$;

метод проведения испытаний;

перечень параметров, по которым определяют работоспособное состояние аппаратуры, периодичность ее проверки и определение критерия отказа;

условия испытаний (значения внешних воздействующих факторов, их последовательность, продолжительность и т. д.) и способы контроля работоспособности аппаратуры;

условия приемки аппаратуры;

пределы изменения питающих напряжений, значения входных и выходных параметров, периодичность их измерения;

требования к испытательному оборудованию и средствам измерения;

периодичность и содержание профилактических и регламентных работ;

порядок организации и проведения ремонтных работ и др.

1.21.3. Для планирования контрольных испытаний на надежность в стандартах и ТУ для каждого контролируемого показателя должны быть установлены:

значения приемочного и браковочного уровней показателей надежности;

риск поставщика;

риск заказчика;

правила приемки;

условия проведения контрольных испытаний на надежность.

1.21.4. Значения приемочного и браковочного уровней показателей надежности, риск поставщика и заказчика следует устанавливать по ГОСТ 13216—74.

1.22. Определительные испытания на надежность

1.22.1. Определительные испытания на надежность аппаратуры следует проводить для определения значений показателей надежности с заданной точностью и достоверностью.

1.22.2. Результатами определительных испытаний на надежность по каждому показателю надежности являются:

точечная оценка $\tilde{R}$;

верхняя $R_в$ и (или) нижняя $R_н$ доверительные границы соответствующие определенной доверительной вероятности $\gamma$.

1.22.3. Результатами определительных испытаний на надежность используются для:

оценки фактических показателей надежности и сравнения их с установленными в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру;

установления и уточнения значений показателей надежности аппаратуры, вводимых в техническую документацию в соответствии с требованиями, указанными в ГОСТ 25804.2—83.

1.22.4. Методику определительных испытаний на надежность следует разрабатывать на основе данных, приведенных в настоящем стандарте, и нормативно-технической документации с учетом специфики функционирования, назначения, условий эксплуатации, конструктивных особенностей аппаратуры.

В методике должны быть указаны:

перечень показателей надежности, подлежащих оценке;

программа испытаний для каждого показателя надежности;

перечень параметров, определяющих работоспособность аппаратуры;

периодичность их контроля и определение критерия отказа;

значения и продолжительность ВВФ при последовательном и одновременном действии;

пределы изменения питающих напряжений, входных и выходных параметров, периодичность их измерения при установленных напряжениях;

время работы аппаратуры;

порядок контроля работоспособности аппаратуры;

перечень испытательного оборудования и контрольной аппаратуры;

периодичность и содержание профилактических и регламентных работ;

порядок учета и анализа отказов аппаратуры;

порядок учета времени, необходимого для обнаружения отказов и ремонта аппаратуры;

метод оценки результатов испытаний.

1.22.5. В программе испытаний на надежность должны быть указаны последовательность проведения определительных испытаний на надежность, необходимые данные ( число образцов, число отказов, ожидаемая продолжительность испытаний и т. п.), правила обработки результатов испытаний.

1.22.6. Для планирования определительных испытаний на надежность в стандартах и ТУ должны быть указаны:

доверительная вероятность $\gamma$;

значение отношения верхней $R_в$ и нижней $R_н$ доверительных границ, показателей надежности или относительная доверительная ошибка $\delta$;

ожидаемое значение показателей надежности $R_{ож}$.

Верхнюю и нижнюю границы относительной доверительной ошибки для показателей надежности следует определять по формулам:

$$\delta_в = \frac{R_в - R_{ож}}{R_{ож}}; \quad (1)$$

$$\delta_н = \frac{R_{ож} - R_н}{R_{ож}}. \quad (2)$$

1.23. В случае несоответствия результатов определительных испытаний требованиям ТЗ или результатов контрольных испытаний требованиям ТУ вопрос о постановке аппаратуры на производство или продолжение ее серийного выпуска следует согласовать между заказчиком, разработчиком и предприятием-изготовителем.

## 2. КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА БЕЗОТКАЗНОСТЬ

2.1. Контрольные испытания на безотказность следует проводить для оценки соответствия аппаратуры требованиям, установленным в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру одним из следующих методов:

последовательным;

одноступенчатым с ограниченным числом отказов или с ограниченной продолжительностью с заменой отказавших образцов.

2.2. Программы испытаний (ПИ), режимы, критерии и методы оценки результатов контрольных испытаний должны быть установлены в стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру в соответствии с требованиями разд. 4.

2.3. При проведении контрольных испытаний на безотказность последовательным или одноступенчатым методами, число испытуемых образцов аппаратуры следует определять по выбранной ПИ. При этом учитывают сложность аппаратуры, ее стоимость и объем заказа.

Испытания на безотказность ремонтируемой аппаратуры с экспоненциальным законом распределения времени безотказной работы следует проводить на одном или нескольких образцах.

2.4. Для уменьшения числа испытуемых образцов аппаратуры с экспоненциальным законом распределения времени безотказной работы необходимо увеличить продолжительность испытаний каждого образца. При этом наработка каждого образца аппаратуры не должна превышать ресурса, установленного в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру.

2.5. Контрольные испытания последовательным методом следует проводить по ГОСТ 17331—71.

2.6. Контрольные испытания одноступенчатым методом с ограниченным числом отказов следует проводить по ГОСТ 17572—72.

2.7. Контрольные испытания одноступенчатым методом ограниченной продолжительности с заменой отказавших образцов следует проводить по ГОСТ 18049—72.

2.8. Формулы для определения уровней приемки, браковки и средней продолжительности контрольных испытаний приведены в рекомендуемом приложении 1.

## 3. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА БЕЗОТКАЗНОСТЬ

3.1. Определительные испытания на безотказность необходимо проводить для определения значений показателей безотказности аппаратуры.

3.2. Определительные испытания на безотказность должны быть проведены одноступенчатым методом с ограниченным числом отказов или с ограниченной продолжительностью испытаний.

3.3. Исходными параметрами программ определительных испытаний являются:

доверительная вероятность $\gamma$;

отношение $R_в/R_н$ верхней доверительной границы к нижней оцениваемого показателя надежности $R$ или одна из относительных доверительных ошибок, указанных в п. 1.22.6, и ожидаемое значение $R_{ож}$ показателя надежности.

3.4. Определительные испытания в лабораторных условиях следует проводить в режимах, которые устанавливают в зависимости от группы аппаратуры в соответствии с данными разд. 4.

3.5. При планировании определительных испытаний значения параметров программ испытаний должны быть установлены в стандартах, ТУ по согласованию между заказчиком и разработчиком аппаратуры.

3.6. Для аппаратуры с экспоненциальным законом распределения времени безотказной работы программы одноступенчатых определительных испытаний с ограниченным числом отказов должны быть установлены в стандартах и ТУ из приведенных в табл. 2 рекомендуемого приложения 2, когда задается отношение $R_в/R_н$ или относительная доверительная ошибка $\delta$.

По табл. 1 и 2 рекомендуемого приложения 2 выбирают программы для оценки наработки на отказ или средней наработки до отказа аппаратуры.

3.6.1. Определительные испытания по оценке вероятности безотказной работы аппаратуры с экспоненциальным законом распределения времени безотказной работы следует проводить по программам испытаний в соответствии с табл. 1 и 2 рекомендуемого приложения 2.

3.6.2. При испытаниях невосстанавливаемой аппаратуры число образцов $n$, подвергаемых испытаниям, должно быть не менее числа отказов $r$, определяемого по табл. 1 и 2 рекомендуемого приложения 2, т. е. $n>r$.

3.6.3. При проведении испытаний восстанавливаемой аппаратуры число образцов $n$, подвергаемых испытаниям, необходимо выбирать в соответствии с требованиями, указанными в п. 2.3.

3.7. Определительные испытания по программам с ограниченной продолжительностью следует проводить в течение всего времени, которое выделено для этой цели.

При этом, исходя из ожидаемых или заданных в ТЗ значений показателей надежности, определяют доверительный интервал, который может быть после испытаний в течение времени $t_{пред}$. Время $t_{пред}$ считают достаточным, если отношение $R_в/R_н$ приемлемо для данных испытаний.

3.8. По результатам определительных испытаний следует определять точечные оценки и доверительные границы показателей надежности в соответствии с данными, приведенными в рекомендуемом приложении 2 (разд. 3).

3.9. Определительные испытания аппаратуры с законом распределения, отличным от экспоненциального, следует проводить по методикам, составленным в соответствии с требованиями п. 1.22.4 и утвержденными в установленном порядке.

## 4. РЕЖИМЫ ИСПЫТАНИЙ НА БЕЗОТКАЗНОСТЬ

4.1. Контрольные и определительные испытания аппаратуры на безотказность следует проводить при одновременном и (или) последовательном воздействии механических и климатических факторов.

4.1.1. При последовательном воздействии механических и климатических факторов виды и последовательность испытаний должны соответствовать приведенным в табл. 1.

Характеристики ВВФ и методика испытания — по пп. 4.2—4.6.

4.1.2. При испытании аппаратуры при одновременном воздействии механических и климатических факторов ударные и вибрационные нагрузки следует совмещать с воздействием предельных рабочих температур. Продолжительность воздействия каждого фактора и порядок совмещения должны быть указаны в ПИ и ТУ.

4.1.3. В условиях верхнего рабочего значения относительной влажности аппаратура должна проработать 8—10 ч в сутки.

Максимальная продолжительность воздействия верхнего рабочего значения относительной влажности в основном цикле испытаний не должна превышать 10 сут.

4.2. Воздействие вибрационных и ударных нагрузок

4.2.1. Воздействие вибрационных и ударных нагрузок на аппаратуру, установленную на соответствующих стендах, следует осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ 25804.3—83.

4.3. Воздействие верхнего рабочего значения относительной влажности

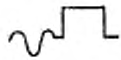
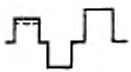
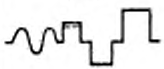
4.3.1. Аппаратуру размещают в камере влажности. Затем температуру в камере следует повысить до (35±2) °С. Через 2 ч после достижения заданной температуры относительную влажность воздуха следует повысить до (98±3) % и этот режим поддерживать в камере в течение всего времени испытания. Ежесуточно аппаратуру следует включать и она должна работать в течение 8—10 ч. Остальное время каждых суток аппаратура должна находиться в камере в выключенном состоянии.

Примечание. Если в соответствии с инструкцией по эксплуатации аппаратура не должна работать непрерывно в течение 8—10 ч, то режим работы аппаратуры необходимо установить в стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру.

4.4. Воздействие нижнего предельного рабочего значения температуры воздуха

4.4.1. Аппаратуру размещают в камере холода. Температуру в камере понижают до значения на 10 °С выше нижнего предельного рабочего значения температуры воздуха, указанной в ГОСТ 25804.3—83.

Таблица 1

| Группы аппаратуры по ГОСТ 25804.3—83 | Виды и последовательность проведения испытаний (графическое изображение режима испытаний в одном цикле) | Время воздействия механических и климатических факторов в одном цикле, ч | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ударные нагрузки при скорости 120 ударов в 1 мин | Вибрационные нагрузки | Верхние рабочие значения относительной влажности | Нижние предельные рабочие значения температуры воздуха | Верхние предельные рабочие значения температуры воздуха | Нормальные климатические условия |
| 1.1, 1.3, 1.4, 1.6, 1.11 |  | — | 10 | — | — | $0{,}5\tilde{t}^*$ | $0{,}5\tilde{t}^*$—10 |
| 1.7, 2.1, 2.3, 2.5—2.7 |  | — | — | $0{,}25\tilde{t}^*$ | 1 | $0{,}25\tilde{t}^*$ | $0{,}5\tilde{t}^*$—1 |
| 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.4, 3.0 |  | — | 2 | $0{,}25\tilde{t}^*$ | 1 | $0{,}25\tilde{t}^*$ | $0{,}5\tilde{t}^*$—3 |
| 1.9, 1.10, 2.8 |  | — | — | — | — | $0{,}5\tilde{t}^*$ | $0{,}5\tilde{t}^*$ |
| 2.9 |  | 0,5 | 10 | $0{,}25\tilde{t}^*$ | 1 | $0{,}25\tilde{t}^*$ | $0{,}5\tilde{t}^*$—11,5 |

Примечания: 1. В таблице приняты следующие условные обозначения:

$\tilde{t}^*$ — продолжительность одного цикла испытаний, ч;



— ударные нагрузки;



— вибрационные нагрузки;



— верхнее рабочее значение относительной влажности;



— верхнее предельное рабочее значение температуры воздуха;



— нижнее предельное рабочее значение температуры воздуха.

2. Аппаратуру не подвергают воздействию ударных и вибрационных нагрузок, если ее испытывали на прочность при воздействии вибраций и ударов по ГОСТ 25804.7—83, причем отказы, возникшие при этом, и наработка аппаратуры должны быть учтены при определении показателей безотказности

При этой температуре аппаратуру выдерживают в течение 2—6 ч в выключенном состоянии, после чего ее включают и она работает в течение 1 ч. При включенной аппаратуре температуру в камере повышают до нормальной и поддерживают ее в течение 2 ч, после этого аппаратуру выключают и извлекают из камеры (если последующее испытание проводят в другой камере).

4.5. Воздействие верхнего предельного рабочего значения температуры воздуха

4.5.1. Аппаратуру размещают в камере тепла и включают. Температуру в камере повышают до значения на 10 °С ниже верхнего предельного рабочего значения температуры воздуха, указанной в ГОСТ 25804.3—83 для соответствующей группы аппаратуры.

При этой температуре аппаратура во включенном состоянии находится в камере в течение времени, равного примерно 25% (если аппаратура подвергается воздействию верхнего рабочего значения относительной влажности) или 50% (если аппаратура не подвергается данному воздействию) продолжительности основного цикла испытаний. Затем аппаратуру выключают и извлекают из камеры.

4.6. Наработка в нормальных условиях — по ГОСТ 15150—69.

4.6.1. Аппаратуру включают и она работает в условиях помещения лаборатории. При этом в протоколе испытаний фиксируют значения температуры и относительной влажности воздуха помещения.

Испытания проводят в течение времени, дополняющего наработку аппаратуры по заданной в одном цикле.

4.7. Испытания аппаратуры категории В следует проводить по методикам, согласованным между заказчиком и разработчиком аппаратуры и утвержденным в установленном порядке.

## 5. ИСПЫТАНИЯ НА РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ

5.1. Испытания на ремонтопригодность следует проводить на опытных образцах и модернизируемой аппаратуре по ГОСТ 19489—80.

5.2. Испытания на ремонтопригодность допускается проводить на тех же образцах, на которых проводят испытания на безотказность. При этом следует использовать отказы, полученные при проведении испытаний на безотказность, сохраняемость, долговечность. Если полученного числа отказов недостаточно, то отказы необходимо вводить (моделировать) искусственно по методике, согласованной между заказчиком и предприятием-изготовителем.

## 6. ИСПЫТАНИЯ НА СОХРАНЯЕМОСТЬ

6.1. Испытания на сохраняемость следует проводить для оценки соответствия аппаратуры заданным требованиям и показателям сохраняемости, установленным в ГОСТ 25804.2—83.

6.2. В случае необходимости по согласованию с заказчиком должны быть проведены испытания на сохраняемость с целью получения показателей сохраняемости, необходимых для определения комплексных показателей надежности.

6.3. Условия проведения испытаний аппаратуры на сохраняемость (естественные или ускоренные), а также номенклатуру испытуемых конструктивных единиц, если аппаратуру испытывают не в полном составе, следует устанавливать по согласованию с заказчиком.

6.4. Аппаратуру следует испытывать на сохраняемость в том виде, в котором ее хранят или транспортируют.

6.5. Испытания на сохраняемость при транспортировании следует проводить по программам, утвержденным в установленном порядке, в соответствии с рекомендуемым приложением 3. По согласованию между заказчиком и предприятием-изготовителем оценку сохраняемости аппаратуры допускается проводить по результатам эксплуатации.

6.6. Ускоренные испытания на сохраняемость проводят по методикам и другим нормативно-техническим документам, согласованным с заказчиком.

6.7. Объем и периодичность контроля параметров аппаратуры при испытаниях должны быть достаточными для получения информации с целью оценки количественных показателей сохраняемости.

6.8. Число образцов аппаратуры, подвергаемых испытаниям, должно быть не менее числа образцов аппаратуры, которое необходимо для оценки ее безотказности по выбранному методу и программе испытаний на безотказность.

6.9. Показатели сохраняемости следует оценивать при контрольных и определительных испытаниях.

Соответствие показателей сохраняемости $T_c$ и $L_{тр.ср}$ требованиям, установленным в ТЗ, следует оценивать по результатам контрольных испытаний с учетом требований п. 6.13.

6.10. Контрольные испытания для оценки соответствия аппаратуры требованиям к $P(t^*)$ и $P(t_{тр})$, установленным в стандартах, ТУ или ТЗ на конкретную аппаратуру, следует проводить последовательным или одноступенчатым методом с ограниченной продолжительностью (см. разд. 2). При этом предельную продолжительность испытаний следует устанавливать равной времени хранения $t^*$ или соответствующей дальности транспортирования. Число опытов на одном образце следует рассчитывать по формуле

$$N \leqslant \frac{T_c}{t^*}. \qquad (3)$$

6.11. Определительные испытания аппаратуры для оценки показателей $P(t^*)$ и $P(t_{гр})$ следует проводить в соответствии с требованиями пп. 3.7—3.9.

6.12. Аппаратуру следует считать выдержавшей испытания, указанные в пп. 6.10, 6.11, если:

она соответствует заданным требованиям;

возникшие при испытаниях отказы для ремонтируемой аппаратуры устранены при текущих ремонтах;

нет коррозии на крепежных деталях и шасси;

она не поражена плесневыми грибками;

лакокрасочные покрытия и резино-технические изделия находятся в удовлетворительном состоянии.

6.13. Контрольные испытания аппаратуры на соответствие требованиям, принятым для показателей $T_c$ и $L_{тр.ср}$, следует проводить в два этапа.

На первом этапе следует воспроизвести влияние климатических и механических факторов соответственно заданным в ТЗ условиям хранения и транспортирования. Число годовых климатических циклов должно быть равно заданному числу лет хранения $T_c$, а длительность механических воздействий — дальности транспортирования $L_{тр.ср}$.

На втором этапе следует провести испытания на соответствие требованиям, указанным в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру.

6.14. Если в инструкции по эксплуатации или ТУ на конкретную аппаратуру предусмотрены периодические проверки, переконсервации и т. п., то на первом этапе испытаний эти работы по техническому обслуживанию следует проводить после воспроизведения влияния факторов, воздействующих на аппаратуру в условиях хранения и транспортирования.

6.15. На первом этапе испытаний и в конце этого этапа проводят внешние осмотры, контроль параметров и техническое обслуживание, предусмотренные в технической документации в соответствии с требованиями пп. 6.7 и 6.14.

6.16. После окончания первого этапа аппаратуру следует испытывать по программе, установленной для второго этапа, составленной в соответствии с требованиями п. 6.13.

6.17. Аппаратуру следует считать соответствующей заданным требованиям по показателям $T_c$ и $L_{тр.ср}$, если:

в течение и после окончания испытаний по первому этапу внешний вид аппаратуры (по состоянию металлических поверхностей, лакокрасочных покрытий, резино-технических изделий, по пораженности плесневыми грибами и т. п.) соответствовал заданным

требованиям, а отказы и неисправности для ремонтируемой аппаратуры, выявленные в процессе испытаний по первому этапу, были устранены при текущих ремонтах;

в результате испытаний по второму этапу аппаратура соответствует требованиям по безотказности и выдержала другие испытания, предусмотренные в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру.

## 7. ИСПЫТАНИЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

7.1. Испытания на долговечность следует проводить для оценки гамма-процентного, среднего и назначенного ресурса аппаратуры по методикам, утвержденным в установленном порядке. По согласованию с заказчиком показатели долговечности допускается определять при обработке статистических данных, полученных по результатам эксплуатации.

7.2. Испытания на долговечность необходимо проводить до наступления предельного состояния аппаратуры.

7.3. В стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру должны быть определены один или несколько критериев предельного состояния аппаратуры, в том числе:

потребность в плановом (заводском) ремонте;

экономическая нецелесообразность дальнейшей эксплуатации аппаратуры;

изменение параметров на величины, превышающие установленные в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру;

изменения свойств аппаратуры, при которых дальнейшая эксплуатация становится невозможной;

увеличение трудоемкости (длительности) ремонта сверх предельно допустимого, установленного в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру;

отказы или существенные повреждения (для невосстанавливаемой аппаратуры).

7.4. Перед проведением испытаний на долговечность рекомендуется определить составные части восстанавливаемой аппаратуры, нарушение работоспособности которых обуславливает наступление предельного состояния аппаратуры.

В этом случае испытаниям на долговечность следует подвергнуть эти составные части аппаратуры.

7.5. Режимы испытаний на долговечность должны быть установлены в стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру и согласованы с заказчиком.

7.6. Испытания на долговечность следует проводить на опытных и модернизированных образцах или, если это оговорено в ТУ, на серийной аппаратуре. При испытаниях на долговечность необходимо проводить профилактические осмотры, периодическое техниче-

ское обслуживание и текущие ремонты, предусмотренные в инструкции по эксплуатации или ТУ на конкретную аппаратуру.

7.7. Испытания на долговечность аппаратуры, работающей в процессе эксплуатации периодически, следует проводить циклами. Число циклов и их длительность должны быть определены в соответствии с принятой системой эксплуатации (видом и периодичностью технического обслуживания, периодичностью пополнения ЗИП, интенсивностью применения по назначению и т. п.).

7.8. Испытания на долговечность невосстанавливаемой в условиях эксплуатации аппаратуры следует проводить до наступления первого отказа или существенных повреждений, последствия которых приводят к необходимости прекращения эксплуатации аппаратуры и передачи ее в плановый ремонт.

7.9. В процессе испытаний следует периодически проверять работоспособность образцов аппаратуры. При обнаружении отказа аппаратура должна быть восстановлена. Результаты проверок работоспособности аппаратуры следует проанализировать для выявления наступления предельного состояния. Образцы аппаратуры, достигшие предельного состояния, должны быть сняты с испытаний.

7.10. Испытания на долговечность всех категорий аппаратуры должны быть проведены по методикам, утвержденным в установленном порядке.

Испытания на долговечность уникальной аппаратуры и аппаратуры, выпускаемой единичными образцами, проводить не следует.

## 8. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

8.1. Экспериментальный метод оценки комплексных показателей надежности следует применять для определения вероятностных показателей $K_г$, $K_{от}$, $K_{эф}$, установленных в ГОСТ 25804.2—83. Метод основан на оценке надежности аппаратуры по выходному результату, т. е. по выполнению реальной или имитируемой задачи аппаратурой, испытуемой в полном составе. При имитации задачи наработка всех частей (компонентов) аппаратуры должна соответствовать времени их работы при выполнении задачи.

8.2. Для проведения испытаний необходимо использовать данные опытов по выполнению задачи. Перед испытаниями проводят техническое обслуживание и подготовку аппаратуры к применению, предусмотренные в инструкции по эксплуатации.

Если запланированный опыт отменен вследствие возникновения отказа, то необходимо фиксировать отрицательный исход опыта.

Если решение об отмене опыта поступило перед его началом, то опыт не следует учитывать при условии, что его отмена не связана с отказами и повреждениями аппаратуры.

8.3. В процессе испытаний следует фиксировать число опытов $N$, в которых наблюдаемое событие (исправность в тот или иной момент времени, несрыв выполнения задачи из-за отказов и др.) могло осуществляться, и число опытов $m$, в которых оно фактически было. Для выявления наименее надежных узлов, схем и конструкций и последующих доработок следует параллельно собирать статистические данные о наработке, неисправностях и времени восстановления аппаратуры.

8.4. Определительные испытания

8.4.1. Точечную оценку заданного показателя надежности следует рассчитывать по формуле

$$\widehat{R} = \frac{m}{N}. \qquad (4)$$

8.4.2. Доверительный интервал ($R_н$, $R_в$) для оцениваемого показателя при независимых опытах следует определять в соответствии с рекомендуемым приложением 2 (п. 3.5).

8.5. Контрольные испытания

8.5.1. Контрольные испытания следует проводить последовательным или одноступенчатым методами. При независимых опытах планирование контрольных испытаний последовательным или одноступенчатым методами, а также критерии приемки и браковки полностью идентичны планированию и критериям контрольных испытаний по проверке $P(t)$.

8.6. При применении последовательного и одноступенчатого методов для экспериментальной оценки комплексных показателей $R$ следует принимать:

в качестве $P_0(t)$, $P_1(t)$ — приемочное и браковочное значение $R_0$ и $R_1$;

в качестве $q_0$ и $q_1$ — значения $1-R_0$ и $1-R_1$;

в качестве $r$ — число «неудачных» опытов $N-m$.

8.7. В случаях, когда опыты зависимы, т. е. исход очередного опыта может зависеть от исходов предыдущих опытов, определение доверительных границ следует проводить по методикам, утвержденным в установленном порядке.

## 9. ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ И СРЕДСТВАМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АППАРАТУРЫ

9.1. Оценку соответствия метрологического обеспечения аппаратуры требованиям, установленным в стандартах, ТУ и ТЗ на конкретную аппаратуру, следует проводить при метрологической экспертизе.

9.1.1. С целью оценки достоверности измерения контролируемых параметров аппаратуры должны быть проведены:

контроль выполнения метрологических требований, заданных в ТЗ, а также указанных в технической документации по метрологическому обеспечению;

контроль целесообразности применения нестандартных и разработки новых средств для измерения контролируемых параметров аппаратуры.

9.1.2. Оценку достоверности измерения контролируемых параметров проводят по методикам и другим нормативно-техническим документам, утвержденным в установленном порядке.

9.1.3. При оценке достоверности измерения контролируемых параметров должно быть установлено:

все ли измеряемые параметры аппаратуры нормированы и измерены в единицах системы СИ;

обеспечивается ли передача единиц физических величин от соответствующих государственных эталонов каждому измеряемому параметру аппаратуры;

обоснован ли объем контроля измеряемых параметров;

выполнены ли требования по условиям применения средств измерений.

Недостатки, выявленные при оценке достоверности измерения контролируемых параметров аппаратуры, и рекомендации по их устранению отражают в материалах метрологической экспертизы.

9.2. Оценка соответствия средств технического обслуживания аппаратуры (СТО) заданным требованиям

9.2.1. На стадиях разработки конструкторской документации следует проверить выполнение требований к СТО, указанных в ГОСТ 25804.2—83.

9.2.2. На различных стадиях разработки аппаратуры следует проверить конкретные пункты программы обеспечения надежности в части СТО и степень их выполнения.

9.2.3. В случае, если в ТУ или ТЗ установлены конкретные количественные требования к СТО, например, в соответствии с ГОСТ 25804.2—83, оценка соответствия СТО этим требованиям должна быть проведена по методикам, согласованным с заказчиком и утвержденным в установленном порядке.

9.3. ЗИП рассчитывают по методикам, согласованным с заказчиком и утвержденным в установленном порядке.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Рекомендуемое*

## 1. ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ПРИЕМКИ, БРАКОВКИ И СРЕДНЕЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

1.1. Уравнения границ областей приемки и браковки для наиболее распространенных показателей безотказности — наработки на отказ, средней наработки до отказа, вероятности безотказной работы и коэффициента готовности, полученные в предположении об экспоненциальности распределения наработки между отказами $t$ и времени восстановления $T_в$, приведены в пп. 1.2—1.6.

1.2. Уравнения границ для случая, когда показателем безотказности является наработка на отказ или средняя наработка до первого отказа, записывают:

для границы области приемки

$$\frac{nt}{T_0} = \frac{\dfrac{T_1}{T_0}}{\dfrac{T_1}{T_0} - 1}\left[K_1 \ln \frac{T_1}{T_0} - \ln \frac{1-\alpha}{\beta}\right]; \qquad (1)$$

для границы области браковки

$$\frac{nt}{T_0} = \frac{\dfrac{T_1}{T_0}}{\dfrac{T_1}{T_0} - 1}\left[K_2 - \ln \frac{T_1}{T_0} - \ln \frac{\alpha}{1-\beta}\right], \qquad (2)$$

где $T_0$, $T_1$, $\alpha$ и $\beta$ — заданные значения уровней наработки на отказ и рисков;
$n$ — число испытываемых образцов.

1.3. Среднюю продолжительность испытаний определяют по формулам:

$$M(t)\,|_{T=T_0} = \frac{h_0 T_0}{n}; \qquad (3)$$

$$M(t)\,|_{T=T_1} = \frac{h_1 T_1}{n}, \qquad (4)$$

где $T$ — истинная величина средней наработки на отказ;

$$h_0 = \frac{\alpha \ln \dfrac{1-\beta}{\alpha} + (1-\alpha)\ln \dfrac{\beta}{1-\alpha}}{\ln \dfrac{T_0}{T_1} - \dfrac{T_0}{T_1} + 1};$$

$$h_1 = \frac{(1-\beta)\ln \dfrac{1-\beta}{\alpha} + \beta \ln \dfrac{\beta}{1-\alpha}}{\ln \dfrac{T_0}{T_1} + \dfrac{T_0}{T_1} - 1}.$$

1.4. Уравнения границ для случая, когда показателем безотказности является вероятность безотказной работы, имеет следующий вид:

для границы области приемки

$$K_1 = \frac{\ln\frac{\beta}{1-\alpha} - N\ln\frac{1-q_1}{1-q_0}}{\ln\frac{q_1}{q_0} - \ln\frac{1-q_1}{1-q_0}}; \quad (5)$$

для границы области браковки

$$K_2 = \frac{\ln\frac{1-\beta}{\alpha} - N\ln\frac{1-q_1}{1-q_0}}{\ln\frac{q_1}{q_0} - \ln\frac{1-q_1}{1-q_0}}, \quad (6)$$

где $q_0$ и $q_1$ — вероятности отказов, определяемые по заданному значению $P_0$ ($q_0 = 1-P_0$) и отношению $\frac{q_1}{q_0} = \frac{q_1}{1-P_0}$;

$N = nm$ — число периодов работы испытуемой аппаратуры длительностью $\frac{t_p}{n}$:

$m$ — число периодов работы каждого экземпляра;

$n$ — число испытуемых экземпляров;

$\alpha$ и $\beta$ — заданные значения рисков.

1.5. Среднее число периодов работы, которое может потребоваться для проверки надежности, следует рассчитывать по формулам:

$$M[N]\big|_{q=q_0} = \frac{\alpha\ln\frac{1-\beta}{\alpha} + (1-\alpha)\ln\frac{\beta}{1-\alpha}}{q_0\ln\frac{q_1}{q_0} + (1-q_0)\ln\frac{1-q_1}{1-q_0}}; \quad (7)$$

$$M[N]\big|_{q=q_1} = \frac{\beta\ln\frac{\beta}{1-\alpha} + (1-\beta)\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{q_1\ln\frac{q_1}{q_0} + (1-q_0)\ln\frac{1-q_1}{1-q_0}}, \quad (8)$$

где $q$ — истинное значение вероятности отказа.

1.6. Уравнения границ для случая, когда показателем надежности является коэффициент готовности, имеют следующий вид:

$$K_r^{пр} = \frac{\frac{K_{r_0}(1-K_{r_1})}{1-K_{r_1}} - \chi_1 K_{r_1}}{\frac{K_{r_0}(1-K_{r_1})}{1-K_{r_0}} - 2\chi_1 K_{r_1} + \chi + K_{r_1} - 1}; \quad (9)$$

$$K_r^{р} = \frac{K_{r_1}\frac{1-K_{r_2}}{1-K_{r_0}} - \chi_2 K_{r_1}}{K_{r_0}\frac{1-K_{r_2}}{1-K_{r_0}} - 2\chi_2 K_{r_1} + \chi_2 + K_{r_1} - 1}. \quad (10)$$

Величины $\chi_1$ и $\chi_2$ следует рассчитывать по формулам.

$$\chi_1 = \exp\left\{\frac{1}{2r}\ln\frac{\beta}{1-\alpha} + \frac{1}{2}\ln\frac{K_{r_0}(1-K_{r_1})}{K_{r_1}(1-K_{r_0})}\right\}; \quad (11)$$

$$\gamma_2 = \exp\left\{\frac{1}{2r}\ln\frac{1-\beta}{\alpha} + \frac{1}{2}\ln\frac{K_{r_0}(1-K_{r_1})}{K_{r_1}(1-K_{r_0})}\right\}, \qquad (12)$$

где $K_{r_0}$; $K_{r_1}$; $\alpha$ и $\beta$ — заданные значения уровней коэффициента готовности и рисков.

Минимальное число отказов $r_{min}$, при котором можно начинать оценку $K_r$ последовательным методом, следует определять как $\min\{r_1; r_2\}$, где

$$r_1 = \frac{\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln\frac{K_{r_0}(1-K_{r_1})}{K_{r_1}(1-K_{r_0})}}; \qquad (13)$$

$$r_2 = \frac{\ln\frac{\beta}{1-\alpha}}{\ln\frac{K_{r_0}(1-K_{r_1})}{K_{r_1}(1-K_{r_0})}}. \qquad (14)$$

## 2. ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОГРАММ ИСПЫТАНИЙ ОДНОСТУПЕНЧАТЫМ МЕТОДОМ

2.1. В тех случаях, когда показателем безотказности является наработка на отказ, уравнения для определения параметров программ испытаний с ограниченным числом отказов имеют вид

$$\frac{T_0}{T_1} = \frac{\chi^2_\beta(2r)}{\chi^2_{1-\alpha}(2r)}, \qquad (15)$$

где $\chi^2_\beta(2r)$ и $\chi^2_{1-\alpha}(2r)$ — квантили $\chi^2$ — распределения с $2r$ степенями свободы.

Оценочный норматив следует рассчитывать по формуле

$$C = \frac{T_0\chi^2_{1-\alpha}(2r)}{2r}. \qquad (16)$$

При плане испытаний с ограниченным числом отказов $r_{пред}$ без восстановления отказавшей аппаратуры суммарную наработку за время испытаний $t_\Sigma$ следует рассчитывать по формуле

$$t_\Sigma = (n-r_{пред})t_u + \sum_{j=1}^{r_{пред}} t_j, \qquad (17)$$

где $t_u$ — продолжительность испытаний к моменту возникновения предельного отказа;

$t_j$ — продолжительность работы $j$-го отказавшего изделия.

При плане испытаний с ограниченным числом отказом и восстановлением отказавшей аппаратуры величину $t_\Sigma$ следует рассчитывать по формуле

$$t_\Sigma = \sum_{i=1}^{r} t_i \qquad (18)$$

или $t_\Sigma = nt_u$. (19)

если замена отказавшего изделия новым произведена в момент возникновения отказа.

2.2. Параметры плана одноступенчатых испытаний с ограниченной продолжительностью $t_{пред}$ при контроле наработки на отказ или средней наработке до отказа следует рассчитывать по формулам (15) и

$$\frac{t_\Sigma}{T_0} = \frac{\chi^2_{1-\alpha}(2r)}{2}. \qquad (20)$$

Число испытуемых образцов следует рассчитывать по формуле

$$n = \frac{\frac{t_\Sigma}{T_0}}{\frac{t_{пред}}{T_0}}. \qquad (21)$$

При плане испытаний с ограниченной продолжительностью $t_{пред}$ с восстановлением отказавшей аппаратуры величину $t_\Sigma$ следует рассчитывать по формуле

$$t_\Sigma = nt_{пред}, \qquad (22)$$

где $n$ — число испытуемых образцов (отказавшее изделие заменяют новым в момент отказа изделия).

2.3. Для случая, когда показателем надежности является вероятность безотказной работы, уравнения для определения параметров плана испытаний имеют вид:

$$\frac{q_1}{q_0} = \frac{\chi^2_\beta(f)}{\chi^2_{1-\alpha}(f)}; \qquad (23)$$

$$N = \frac{\chi^2_{1-\alpha}(f)}{2q_0} = \frac{\chi^2_\beta(f)}{2q_1}, \qquad (24)$$

где $N$ — оцениваемый объем испытаний, определяемый числом периодов испытаний, длительностью $\frac{t_p}{n}$ каждый;

$\chi^2_\beta(f)$, $\chi^2_{1-\alpha}$ $(f)$ — квантили $\chi^2$-распределения с $f$ степенями свободы.

Приемочное число отказов $C$ следует рассчитывать по формуле

$$C = \frac{f}{2} - 1. \qquad (25)$$

2.4. Для случая, когда показателем надежности является коэффициент готовности, необходимое число отказов $r$ следует рассчитывать по формуле

$$\frac{\psi_{1-\beta}(2r, 2r)}{\psi_\alpha(2r, 2r)} = \frac{K_{r_0}(1-K_{r_1})}{K_{r_1}(1-K_{r_0})}, \qquad (26)$$

где $\alpha$; $\beta$; $K_{r_0}$; $K_{r_1}$ — заданные значения рисков и уровней $K_r$;

$\psi_{1-\beta}(2r, 2r)$; $\psi_\alpha(2r, 2r)$ — квантили $F$-распределения, определяемые по таблицам $F$-функций.

Оценочный норматив $C$ следует рассчитывать по формулам:

$$C = \frac{1-K_{r_0}}{K_{r_0} f_\alpha(2r, 2r)}; \qquad (27)$$

$$C = \frac{1-K_{\Gamma_1}}{K_{\Gamma_1} f_{1-\beta}(2r, 2r)}. \qquad (28)$$

Испытания проводят на одном или $n$ образцах до получения отказов (и восстановлений).

По результатам испытаний следует определить точечную оценку $K_\Gamma$ по формуле

$$\widetilde{K}_\Gamma = \frac{\widetilde{T}}{\widetilde{T}+\widetilde{T}_в}, \qquad (29)$$

где $\widetilde{T} = \frac{1}{r}\sum_{i=1}^{r} t_i$, $T_в = \frac{1}{r}\sum_{i=1}^{r} t_{в_i}$.

Аппаратура соответствует требованиям к $K_\Gamma$, если оценка $K_\Gamma$ удовлетворяет неравенству

$$K_\Gamma \geqslant C.$$

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Рекомендуемое*

## 1. ПЛАНИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

Программы определительных испытаний приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Программы испытаний при двухстороннем ограничении определяемого показателя безотказности**

| $\frac{\theta_в}{\theta_н}$ | Число отказов $r$ или образцов $n$ при $\gamma$ | | |
|---|---|---|---|
| | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| 1,5 | 65 | 41 | 27 |
| 1,6 | 50 | 30 | 20 |
| 1,7 | 44 | 24 | 16 |
| 1,8 | 34 | 19 | 13 |
| 1,9 | 27 | 16 | 11 |
| 2,0 | 23 | 14 | 10 |
| 2,5 | 13 | 8 | 6 |
| 3,0 | 9 | 6 | 4 |

Таблица 2

**Программы испытаний при одностороннем ограничении определяемого показателя безотказности**

| $\delta$ | Число отказов $r$ или образцов $n$ при $\gamma$ | | |
|---|---|---|---|
| | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| 0,5 | 14 | 7 | 4 |
| 0,4 | 19 | 9 | 5 |
| 0,3 | 30 | 14 | 7 |
| 0,2 | 58 | 26 | 13 |

Таблица 3

**Значения табулированной функции**

| $2r$ | Значения функций $\chi^2_p(2r)$ при $P$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,99 | 0,98 | 0,95 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,50 |
| 2 | 0,020 | 0,040 | 0,103 | 0,211 | 0,446 | 0,713 | 1,386 |
| 4 | 0,297 | 0,429 | 0,711 | 1,064 | 1,649 | 2,20 | 3,36 |
| 6 | 0,872 | 1,134 | 1,635 | 2,20 | 3,07 | 3,83 | 5,35 |
| 8 | 1,646 | 2,03 | 2,73 | 3,49 | 4,59 | 5,53 | 7,34 |
| 10 | 2,56 | 3,06 | 3,94 | 4,86 | 6,18 | 7,27 | 9,34 |
| 12 | 3,57 | 4,18 | 5,23 | 6,30 | 7,81 | 9,03 | 11,34 |
| 14 | 4,66 | 5,37 | 6,57 | 7,79 | 9,47 | 10,82 | 13,34 |
| 16 | 5,81 | 6,61 | 7,96 | 9,31 | 11,15 | 12,62 | 15,34 |
| 18 | 7,02 | 7,91 | 9,39 | 10,86 | 12,86 | 14,44 | 17,34 |
| 20 | 8,26 | 9,24 | 10,85 | 12,44 | 14,58 | 16,27 | 19,27 |
| 22 | 9,54 | 10,60 | 12,34 | 14,04 | 16,31 | 18,10 | 21,30 |
| 24 | 10,86 | 11,99 | 13,85 | 15,66 | 18,06 | 19,94 | 23,30 |
| 26 | 12,12 | 13,41 | 15,38 | 17,29 | 19,82 | 21,80 | 25,30 |
| 28 | 13,56 | 14,85 | 16,93 | 18,94 | 21,60 | 23,60 | 27,30 |
| 30 | 14,95 | 16,31 | 18,49 | 20,60 | 23,40 | 25,50 | 29,30 |
| 32 | 15,74 | 17,35 | 19,85 | 22,18 | 25,21 | 27,53 | 31,50 |
| 34 | 17,17 | 18,85 | 21,45 | 23,88 | 27,01 | 28,42 | 33,50 |
| 36 | 18,61 | 20,35 | 23,05 | 25,56 | 28,81 | 31,29 | 35,50 |
| 38 | 20,04 | 21,85 | 24,64 | 27,23 | 30,58 | 33,13 | 37,50 |
| 40 | 21,52 | 23,40 | 26,22 | 28,96 | 32,40 | 35,03 | 39,50 |
| 42 | 22,99 | 24,92 | 27,90 | 30,60 | 34,20 | 36,90 | 41,50 |
| 44 | 24,50 | 26,50 | 29,57 | 32,40 | 36,04 | 38,81 | 43,50 |
| 46 | 25,99 | 28,01 | 31,21 | 34,13 | 37,85 | 40,68 | 45,50 |
| 48 | 27,53 | 29,85 | 32,89 | 35,70 | 39,66 | 42,78 | 47,50 |
| 50 | 29,03 | 31,21 | 34,53 | 37,59 | 41,50 | 44,46 | 49,95 |
| 52 | 30,58 | 32,85 | 36,21 | 39,24 | 43,34 | 46,37 | 51,50 |
| 54 | 32,08 | 34,36 | 37,85 | 41,04 | 45,13 | 48,26 | 53,50 |
| 56 | 33,70 | 36,04 | 39,61 | 42,88 | 47,05 | 50,20 | 55,50 |
| 58 | 35,20 | 37,59 | 41,23 | 44,56 | 48,81 | 62,02 | 57,50 |
| 60 | 36,82 | 39,25 | 42,97 | 46,37 | 50,70 | 53,98 | 59,50 |
| 62 | 38,37 | 40,86 | 44,65 | 48,12 | 52,53 | 55,86 | 61,50 |
| 64 | 39,96 | 42,51 | 46,37 | 49,90 | 54,39 | 57,78 | 63,50 |
| 66 | 41,59 | 44,65 | 43,12 | 51,72 | 56,29 | 59,73 | 65,50 |

*Продолжение табл. 3*

| $2r$ | Значения функций $\chi^2_p(2r)$ при $P$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,001 |
| 2 | 2,41 | 3,22 | 4,60 | 5,99 | 7,82 | 9,21 | 13,32 |
| 4 | 4,88 | 5,99 | 7,78 | 9,49 | 11,67 | 13,28 | 18,46 |
| 6 | 7,23 | 8,56 | 10,64 | 12,59 | 15,03 | 16,81 | 22,50 |
| 8 | 9,52 | 11,03 | 13,38 | 15,51 | 18,17 | 20,10 | 26,10 |
| 10 | 11,78 | 13,44 | 15,99 | 18,31 | 21,20 | 23,20 | 29,60 |
| 12 | 14,01 | 15,81 | 18,55 | 21,00 | 24,10 | 26,20 | 32,90 |
| 14 | 16,22 | 18,15 | 21,10 | 23,70 | 26,90 | 29,10 | 36,10 |
| 16 | 18,42 | 20,50 | 23,50 | 26,30 | 29,60 | 32,00 | 39,30 |
| 18 | 20,60 | 22,80 | 26,00 | 28,90 | 32,30 | 34,80 | 42,30 |
| 20 | 22,30 | 25,00 | 28,40 | 31,40 | 35,00 | 37,60 | 45,30 |
| 22 | 24,90 | 27,30 | 30,80 | 33,70 | 37,70 | 40,30 | 48,30 |
| 24 | 27,10 | 29,60 | 33,20 | 36,40 | 40,30 | 43,00 | 51,20 |
| 26 | 29,20 | 31,80 | 35,60 | 38,90 | 42,90 | 45,60 | 54,10 |
| 28 | 31,40 | 34,00 | 37,90 | 41,30 | 45,40 | 48,30 | 56,90 |
| 30 | 33,50 | 36,20 | 40,30 | 43,80 | 47,96 | 50,90 | 59,70 |
| 32 | 35,79 | 38,55 | 42,51 | 45,85 | 49,90 | 52,74 | 60,83 |
| 34 | 37,93 | 40,77 | 44,84 | 48,32 | 52,43 | 55,34 | 63,62 |
| 36 | 40,05 | 42,97 | 47,14 | 50,70 | 54,92 | 57,89 | 66,33 |
| 38 | 42,14 | 45,13 | 49,40 | 53,05 | 57,35 | 60,39 | 69,03 |
| 40 | 44,28 | 47,34 | 51,72 | 55,44 | 59,84 | 62,95 | 71,76 |
| 42 | 46,37 | 49,50 | 53,98 | 57,98 | 52,28 | 65,44 | 74,42 |
| 44 | 48,51 | 51,72 | 56,29 | 60,17 | 64,75 | 67,98 | 77,63 |
| 46 | 50,60 | 53,87 | 58,54 | 62,50 | 67,16 | 70,45 | 79,76 |
| 48 | 52,94 | 56,08 | 60,90 | 65,20 | 69,62 | 72,97 | 82,69 |
| 50 | 54,81 | 58,21 | 63,06 | 67,50 | 72,00 | 75,40 | 85,02 |
| 52 | 56,93 | 60,39 | 65,32 | 69,50 | 74,42 | 77,88 | 87,92 |
| 54 | 58,97 | 62,50 | 67,51 | 71,76 | 76,76 | 80,27 | 90,18 |
| 56 | 61,16 | 64,75 | 69,86 | 74,18 | 79,26 | 82,82 | 92,89 |
| 58 | 63,17 | 66,82 | 72,00 | 76,38 | 81,54 | 85,15 | 95,36 |
| 60 | 65,32 | 69,03 | 74,03 | 78,95 | 83,98 | 97,65 | 98,00 |
| 62 | 67,40 | 71,16 | 76,51 | 81,03 | 86,33 | 90,05 | 100,59 |
| 64 | 69,40 | 73,30 | 78,75 | 83,34 | 88,71 | 92,48 | 103,11 |
| 66 | 71,64 | 75,52 | 81,03 | 86,00 | 91,13 | 94,96 | 105,71 |

*Продолжение табл. 3*

| 2r | Значения функций $\chi^2_p(2r)$ при $P$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,99 | 0,98 | 0,95 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,50 |
| 68 | 43,15 | 45,79 | 49,80 | 53,46 | 58,11 | 61,61 | 67,50 |
| 70 | 44,75 | 47,48 | 51,51 | 55,23 | 59,95 | 63,51 | 69,50 |
| 72 | 46,37 | 49,11 | 58,25 | 56,82 | 62,95 | 65,14 | 71,50 |
| 74 | 47,92 | 50,70 | 54,92 | 58,76 | 63,62 | 67,28 | 73,50 |
| 76 | 49,60 | 52,43 | 56,71 | 60,61 | 65,55 | 69,27 | 75,50 |
| 78 | 51,21 | 54,08 | 58,43 | 62,89 | 67,40 | 71,16 | 77,50 |
| 80 | 52,84 | 55,76 | 60,17 | 64,19 | 69,27 | 73,85 | 79,50 |
| 82 | 54,50 | 57,46 | 61,94 | 66,01 | 71,16 | 75,03 | 81,50 |
| 84 | 56,08 | 59,08 | 63,62 | 67,75 | 72,97 | 76,78 | 83,50 |
| 86 | 57,78 | 60,72 | 65,44 | 69,62 | 74,91 | 78,88 | 85,50 |
| 88 | 59,41 | 62,50 | 67,17 | 71,40 | 76,75 | 80,77 | 87,50 |
| 90 | 61,50 | 64,19 | 68,92 | 73,20 | 78,63 | 82,68 | 89,50 |
| 92 | 62,72 | 65,90 | 70,68 | 75,05 | 80,52 | 84,63 | 91,50 |
| 94 | 64,30 | 67,51 | 72,36 | 76,75 | 82,31 | 86,46 | 93,50 |
| 96 | 66,01 | 69,27 | 74,40 | 78,63 | 84,24 | 88,45 | 95,50 |
| 98 | 67,63 | 70,93 | 76,20 | 80,39 | 86,07 | 90,32 | 97,50 |
| 100 | 69,39 | 72,72 | 77,75 | 82,31 | 88,05 | 92,35 | 99,50 |
| 110 | 77,75 | 81,28 | 86,60 | 91,40 | 97,44 | 101,96 | 109,50 |
| 120 | 86,20 | 89,97 | 95,50 | 100,54 | 106,87 | 111,60 | 119,50 |
| 130 | 94,67 | 98,56 | 104,40 | 108,67 | 116,28 | 119,66 | 129,50 |
| 140 | 103,25 | 107,31 | 113,40 | 118,89 | 125,77 | 132,52 | 139,50 |
| 150 | 111,90 | 114,61 | 122,46 | 128,16 | 135,30 | 140,62 | 149,50 |
| 160 | 118,59 | 124,98 | 131,35 | 137,45 | 144,84 | 150,34 | 159,50 |
| 170 | 129,29 | 133,83 | 140,62 | 146,72 | 154,35 | 160,03 | 169,50 |
| 180 | 138,11 | 142,81 | 149,82 | 151,12 | 163,99 | 169,83 | 179,50 |
| 190 | 146,89 | 151,73 | 158,96 | 165,44 | 173,55 | 179,55 | 189,50 |
| 200 | 155,59 | 160,57 | 168,00 | 174,00 | 182,98 | 189,15 | 199,50 |
| 210 | 164,53 | 169,65 | 177,29 | 184,13 | 192,67 | 199,00 | 209,50 |
| 220 | 173,35 | 178,61 | 186,44 | 193,46 | 202,24 | 208,69 | 219,50 |
| 230 | 182,22 | 187,60 | 195,63 | 202,81 | 211,77 | 218,41 | 229,50 |
| 240 | 191,30 | 198,96 | 205,03 | 212,39 | 221,55 | 228,34 | 239,50 |
| 250 | 200,20 | 205,84 | 215,25 | 221,76 | 231,13 | 238,06 | 249,50 |

*Продолжение табл. 3*

| $2r$ | Значения функций $\chi^2_p(2r)$ при $P$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,001 |
| 68 | 73,69 | 77,63 | 83,21 | 87,92 | 93,44 | 98,00 | 108,19 |
| 70 | 75,77 | 79,76 | 85,41 | 90,18 | 95,78 | 99,69 | 110,71 |
| 72 | 77,88 | 81,92 | 87,65 | 92,48 | 98,14 | 102,10 | 113,25 |
| 74 | 79,80 | 83,98 | 89,78 | 94,67 | 100,40 | 104,40 | 115,67 |
| 76 | 82,05 | 86,20 | 92,07 | 97,02 | 102,82 | 106,87 | 118,27 |
| 78 | 84,11 | 88,31 | 94,26 | 99,27 | 105,13 | 109,28 | 120,75 |
| 80 | 86,20 | 90,45 | 96,60 | 101,53 | 107,46 | 111,60 | 123,23 |
| 82 | 88,31 | 92,62 | 98,70 | 103,83 | 109,82 | 114,01 | 125,70 |
| 84 | 90,32 | 94,67 | 100,82 | 106,00 | 111,28 | 116,28 | 128,10 |
| 86 | 92,48 | 96,89 | 103,11 | 108,60 | 114,46 | 118,74 | 130,70 |
| 88 | 94,53 | 98,98 | 105,27 | 110,56 | 116,74 | 121,06 | 133,10 |
| 90 | 96,61 | 101,11 | 107,46 | 112,30 | 119,04 | 123,40 | 135,60 |
| 92 | 98,70 | 103,25 | 109,17 | 115,07 | 121,37 | 125,77 | 138,10 |
| 94 | 100,68 | 105,68 | 111,70 | 117,20 | 123,56 | 128,80 | 140,40 |
| 96 | 102,82 | 107,46 | 114,01 | 119,51 | 125,93 | 130,41 | 142,90 |
| 98 | 104,84 | 109,52 | 116,13 | 121,68 | 128,16 | 133,50 | 145,30 |
| 100 | 107,02 | 111,75 | 118,43 | 124,03 | 130,58 | 135,80 | 152,90 |
| 110 | 117,35 | 122,31 | 129,29 | 135,14 | 141,96 | 146,72 | 160,00 |
| 120 | 127,68 | 132,85 | 140,12 | 146,00 | 153,30 | 158,24 | 172,00 |
| 130 | 137,95 | 143,36 | 150,86 | 157,68 | 164,53 | 169,65 | 183,90 |
| 140 | 147,27 | 153,83 | 162,64 | 168,18 | 175,78 | 181,07 | 195,80 |
| 150 | 158,60 | 164,35 | 172,42 | 179,17 | 187,02 | 192,47 | 207,60 |
| 160 | 168,91 | 174,85 | 183,17 | 190,13 | 198,21 | 203,82 | 219,40 |
| 170 | 179,36 | 185,28 | 193,85 | 202,00 | 209,31 | 215,08 | 231,10 |
| 180 | 189,54 | 195,82 | 204,83 | 211,90 | 220,50 | 226,42 | 242,80 |
| 190 | 199,80 | 206,25 | 216,28 | 222,28 | 231,56 | 237,62 | 254,40 |
| 200 | 209,92 | 216,53 | 225,78 | 233,50 | 242,44 | 248,65 | 265,80 |
| 210 | 220,29 | 227,06 | 236,53 | 244,43 | 253,58 | 259,92 | 277,50 |
| 220 | 230,48 | 237,40 | 247,09 | 255,16 | 264,50 | 270,96 | 288,96 |
| 230 | 240,68 | 247,76 | 257,65 | 265,88 | 275,42 | 282,04 | 300,37 |
| 240 | 251,11 | 258,33 | 268,43 | 276,83 | 285,56 | 293,31 | 310,26 |
| 250 | 261,29 | 268,66 | 278,95 | 287,52 | 297,44 | 304,31 | 323,30 |

Таблица 4

**Доверительные интервалы для оценки вероятности безотказной работы**

| $r$ | Доверительные интервалы при $r$, $0,9$ и $N=r$ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 0 | 0,95<br>0 | 0,78<br>0 | 0,63<br>0 | 0,53<br>0 | 0,45<br>0 | 0,39<br>0 | 0,35<br>0 | 0,31<br>0 | 0,26<br>0 | 0,26<br>0 | 0,24<br>0 |
| 1 | 0,97<br>0,025 | 0,86<br>0,017 | 0,75<br>0,013 | 0,66<br>0,010 | 0,58<br>0,0085 | 0,52<br>0,0073 | 0,47<br>0,0064 | 0,43<br>0,0057 | 0,39<br>0,0057 | 0,36<br>0,0047 | 0,34<br>0,0043 |
| 2 | 0,98<br>0,16 | 0,90<br>0,098 | 0,81<br>0,077 | 0,73<br>0,063 | 0,66<br>0,058 | 0,60<br>0,046 | 0,56<br>0,042 | 0,51<br>0,037 | 0,47<br>0,033 | 0,44<br>0,030 | 0,41<br>0,028 |
| 3 | 0,99<br>0,25 | 0,92<br>0,19 | 0,85<br>0,15 | 0,78<br>0,13 | 0,71<br>0,11 | 0,65<br>0,098 | 0,61<br>0,087 | 0,56<br>0,079 | 0,52<br>0,072 | 0,50<br>0,066 | 0,47<br>0,067 |
| 4 | 0,94<br>0,34 | 0,94<br>0,27 | 0,87<br>0,23 | 0,81<br>0,19 | 0,75<br>0,17 | 0,70<br>0,15 | 0,65<br>0,14 | 0,61<br>0,12 | 0,56<br>0,11 | 0,54<br>0,10 | 0,51<br>0,097 |
| 5 | 0,99<br>0,42 | 0,95<br>0,34 | 0,89<br>0,29 | 0,83<br>0,25 | 0,77<br>0,22 | 0,73<br>0,20 | 0,65<br>0,18 | 0,65<br>0,17 | 0,61<br>0,15 | 0,58<br>0,14 | 0,55<br>0,13 |
| 6 | 0,99<br>0,45 | 0,95<br>0,40 | 0,90<br>0,37 | 0,89<br>0,30 | 0,80<br>0,27 | 0,75<br>0,25 | 0,71<br>0,22 | 0,68<br>0,20 | 0,64<br>0,19 | 0,61<br>0,18 | 0,58<br>0,17 |
| 7 | 0,99<br>0,53 | 0,96<br>0,45 | 0,92<br>0,39 | 0,87<br>0,36 | 0,82<br>0,35 | 0,78<br>0,31 | 0,74<br>0,26 | 0,70<br>0,24 | 0,67<br>0,23 | 0,64<br>0,21 | 0,61<br>0,20 |
| 8 | 0,99<br>0,57 | 0,96<br>0,50 | 0,92<br>0,44 | 0,88<br>0,39 | 0,83<br>0,36 | 0,79<br>0,33 | 0,76<br>0,30 | 0,72<br>0,28 | 0,69<br>0,26 | 0,66<br>0,24 | 0,63<br>0,23 |
| 9 | 0,99<br>0,61 | 0,97<br>0,58 | 0,93<br>0,47 | 0,89<br>0,43 | 0,85<br>0,39 | 0,81<br>0,36 | 0,77<br>0,33 | 0,74<br>0,31 | 0,71<br>0,29 | 0,68<br>0,27 | 0,66<br>0,26 |
| 10 | 0,99<br>0,64 | 0,97<br>0,57 | 0,94<br>0,55 | 0,90<br>0,44 | 0,86<br>0,42 | 0,82<br>0,39 | 0,79<br>0,37 | 0,76<br>0,34 | 0,73<br>0,32 | 0,70<br>0,30 | 0,67<br>0,29 |

*Продолжение табл. 4*

| $r$ | Доверительные интервалы при $r=0,9$ и $N-r$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 0 | 0,22<br>0 | 0,21<br>0 | 0,19<br>0 | 0,18<br>0 | 0,17<br>0 | 0,16<br>0 | 0,15<br>0 | 0,15<br>0 | 0,14<br>0 | 0,13<br>0 |
| 1 | 0,32<br>0,0039 | 0,30<br>0,0037 | 0,28<br>0,0034 | 0,26<br>0,0032 | 0,25<br>0,0030 | 0,24<br>0,0028 | 0,23<br>0,0027 | 0,21<br>0,0026 | 0,20<br>0,0024 | 0,20<br>0,0023 |
| 2 | 0,39<br>0,026 | 0,36<br>0,024 | 0,34<br>0,023 | 0,32<br>0,021 | 0,31<br>0,020 | 0,30<br>0,019 | 0,28<br>0,018 | 0,27<br>0,017 | 0,26<br>0,016 | 0,25<br>0,016 |
| 3 | 0,44<br>0,057 | 0,42<br>0,053 | 0,39<br>0,050 | 0,37<br>0,047 | 0,36<br>0,044 | 0,34<br>0,042 | 0,33<br>0,040 | 0,31<br>0,038 | 0,30<br>0,036 | 0,29<br>0,035 |
| 4 | 0,48<br>0,091 | 0,46<br>0,085 | 0,44<br>0,080 | 0,42<br>0,075 | 0,40<br>0,071 | 0,39<br>0,068 | 0,37<br>0,064 | 0,35<br>0,062 | 0,34<br>0,061 | 0,33<br>0,056 |
| 5 | 0,52<br>0,12 | 0,50<br>0,12 | 0,48<br>0,11 | 0,46<br>0,10 | 0,44<br>0,099 | 0,42<br>0,095 | 0,40<br>0,090 | 0,39<br>0,086 | 0,38<br>0,082 | 0,36<br>0,079 |
| 6 | 0,56<br>0,16 | 0,53<br>0,15 | 0,54<br>0,14 | 0,49<br>0,13 | 0,48<br>0,13 | 0,45<br>0,12 | 0,43<br>0,11 | 0,42<br>0,11 | 0,41<br>0,10 | 0,39<br>0,10 |
| 7 | 0,58<br>0,19 | 0,56<br>0,18 | 0,54<br>0,17 | 0,52<br>0,16 | 0,50<br>0,15 | 0,48<br>0,15 | 0,47<br>0,14 | 0,45<br>0,13 | 0,44<br>0,13 | 0,42<br>0,12 |
| 8 | 0,61<br>0,22 | 0,58<br>0,21 | 0,56<br>0,20 | 0,54<br>0,19 | 0,52<br>0,18 | 0,51<br>0,17 | 0,49<br>0,16 | 0,47<br>0,16 | 0,46<br>0,15 | 0,45<br>0,15 |
| 9 | 0,63<br>0,24 | 0,60<br>0,23 | 0,58<br>0,22 | 0,56<br>0,21 | 0,55<br>0,20 | 0,53<br>0,19 | 0,51<br>0,18 | 0,49<br>0,18 | 0,48<br>0,17 | 0,47<br>0,17 |
| 10 | 0,65<br>0,27 | 0,63<br>0,26 | 0,60<br>0,25 | 0,58<br>0,24 | 0,57<br>0,23 | 0,55<br>0,22 | 0,53<br>0,21 | 0,51<br>0,20 | 0,50<br>0,19 | 0,48<br>0,19 |

*Продолжение табл. 4*

| r | Доверительные интервалы при $r=0,9$ и $N-r$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 0 | 0,13<br>0 | 0,12<br>0 | 0,12<br>0 | 0,11<br>0 | 0,11<br>0 | 0,11<br>0 | 0,10<br>0 | 0,10<br>0 | 0,10<br>0 | 0,09<br>0 |
| 1 | 0,19<br>0,0022 | 0,18<br>0,0022 | 0,18<br>0,0020 | 0,17<br>0,0020 | 0,16<br>0,0019 | 0,16<br>0,0018 | 0,15<br>0,0018 | 0,15<br>0,0017 | 0,14<br>0,0017 | 0,13<br>0,0016 |
| 2 | 0,24<br>0,015 | 0,23<br>0,014 | 0,22<br>0,014 | 0,22<br>0,013 | 0,21<br>0,013 | 0,20<br>0,012 | 0,19<br>0,012 | 0,19<br>0,012 | 0,18<br>0,011 | 0,17<br>0,0106 |
| 3 | 0,28<br>0,033 | 0,27<br>0,033 | 0,26<br>0,031 | 0,25<br>0,030 | 0,25<br>0,029 | 0,24<br>0,028 | 0,23<br>0,027 | 0,22<br>0,026 | 0,22<br>0,025 | 0,21<br>0,022 |
| 4 | 0,32<br>0,054 | 0,31<br>0,052 | 0,30<br>0,050 | 0,29<br>0,049 | 0,29<br>0,047 | 0,27<br>0,045 | 0,26<br>0,043 | 0,026<br>0,042 | 0,025<br>0,041 | 0,24<br>0,038 |
| 5 | 0,35<br>0,075 | 0,34<br>0,073 | 0,33<br>0,070 | 0,32<br>0,068 | 0,31<br>0,066 | 0,30<br>0,064 | 0,29<br>0,062 | 0,28<br>0,060 | 0,26<br>0,059 | 0,25<br>0,55 |
| 6 | 0,38<br>0,098 | 0,37<br>0,094 | 0,36<br>0,091 | 0,35<br>0,090 | 0,34<br>0,085 | 0,33<br>0,082 | 0,32<br>0,080 | 0,31<br>0,077 | 0,30<br>0,075 | 0,29<br>0,071 |
| 7 | 0,41<br>0,12 | 0,39<br>0,11 | 0,38<br>0,11 | 0,37<br>0,11 | 0,36<br>0,10 | 0,35<br>0,10 | 0,34<br>0,098 | 0,33<br>0,096 | 0,32<br>0,094 | 0,31<br>0,088 |
| 8 | 0,43<br>0,14 | 0,42<br>0,14 | 0,41<br>0,13 | 0,40<br>0,13 | 0,39<br>0,12 | 0,38<br>0,12 | 0,37<br>0,12 | 0,36<br>0,11 | 0,35<br>0,11 | 0,33<br>0,10 |
| 9 | 0,45<br>0,16 | 0,44<br>0,16 | 0,42<br>0,15 | 0,42<br>0,15 | 0,41<br>0,14 | 0,40<br>0,14 | 0,39<br>0,13 | 0,38<br>0,13 | 0,37<br>0,13 | 0,35<br>0,12 |
| 10 | 0,47<br>0,18 | 0,46<br>0,17 | 0,45<br>0,17 | 0,44<br>0,16 | 0,43<br>0,16 | 0,42<br>0,15 | 0,41<br>0,15 | 0,40<br>0,15 | 0,39<br>0,14 | 0,37<br>0,13 |

*Продолжение табл. 4*

| r | Доверительные интервалы при r=0,9 и N r | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 52 | 55 | 57 |
| 0 | 0,08<br>0 | 0,08<br>0 | 0,073<br>0 | 0,07<br>0 | 0,07<br>0 | 0,06<br>0 | 0,06<br>0 | 0,05<br>0 | 0,05<br>0 | 0,05<br>0 |
| 1 | 0,13<br>0,0014 | 0,12<br>0,0014 | 0,11<br>0,0013 | 0,11<br>0,0012 | 0,099<br>0,0011 | 0,096<br>0,0011 | 0,091<br>0,0010 | 0,087<br>0,0010 | 0,088<br>0,00092 | 0,079<br>0,00088 |
| 2 | 0,16<br>0,0098 | 0,15<br>0,0091 | 0,14<br>0,0086 | 0,14<br>0,0081 | 0,13<br>0,0075 | 0,12<br>0,0073 | 0,12<br>0,0072 | 0,11<br>0,0062 | 0,11<br>0,0063 | 0,10<br>0,0061 |
| 3 | 0,19<br>0,022 | 0,18<br>0,020 | 0,17<br>0,019 | 0,16<br>0,018 | 0,15<br>0,017 | 0,15<br>0,017 | 0,14<br>0,016 | 0,14<br>0,015 | 0,13<br>0,14 | 0,12<br>0,14 |
| 4 | 0,22<br>0,034 | 0,21<br>0,033 | 0,20<br>0,032 | 0,19<br>0,030 | 0,18<br>0,028 | 0,17<br>0,027 | 0,16<br>0,026 | 0,16<br>0,025 | 0,15<br>0,024 | 0,14<br>0,028 |
| 5 | 0,25<br>0,052 | 0,24<br>0,047 | 0,22<br>0,044 | 0,21<br>0,043 | 0,20<br>0,040 | 0,19<br>0,039 | 0,18<br>0,037 | 0,18<br>0,035 | 0,17<br>0,033 | 0,16<br>0,033 |
| 6 | 0,27<br>0,066 | 0,26<br>0,062 | 0,24<br>0,058 | 0,23<br>0,055 | 0,22<br>0,052 | 0,21<br>0,050 | 0,20<br>0,048 | 0,20<br>0,046 | 0,19<br>0,044 | 0,18<br>0,042 |
| 7 | 0,29<br>0,081 | 0,28<br>0,078 | 0,26<br>0,072 | 0,25<br>0,069 | 0,24<br>0,065 | 0,23<br>0,062 | 0,22<br>0,060 | 0,21<br>0,058 | 0,20<br>0,054 | 0,19<br>0,053 |
| 8 | 0,31<br>0,096 | 0,30<br>0,092 | 0,28<br>0,085 | 0,27<br>0,082 | 0,26<br>0,078 | 0,25<br>0,075 | 0,24<br>0,071 | 0,23<br>0,068 | 0,22<br>0,065 | 0,21<br>0,063 |
| 9 | 0,33<br>0,11 | 0,32<br>0,11 | 0,30<br>0,099 | 0,29<br>0,095 | 0,27<br>0,090 | 0,26<br>0,085 | 0,25<br>0,082 | 0,25<br>0,080 | 0,23<br>0,075 | 0,23<br>0,073 |
| 10 | 0,35<br>0,13 | 0,34<br>0,12 | 0,32<br>0,11 | 0,31<br>0,11 | 0,29<br>0,10 | 0,28<br>0,098 | 0,27<br>0,098 | 0,26<br>0,091 | 0,25<br>0,086 | 0,24<br>0,084 |

*Продолжение табл. 4*

| $r$ | Доверительные интервалы при $r=0{,}9$ и $N-r$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 120 |
| 0 | 0,05<br>0 | 0,04<br>0 | 0,04<br>0 | 0,04<br>0 | 0,04<br>0 | 0,04<br>0 | 0,03<br>0 | 0,03<br>0 | 0,03<br>0 | 0,020<br>0 |
| 1 | 0,075<br>0,00084 | 0,069<br>0,00078 | 0,064<br>0,00072 | 0,060<br>0,00067 | 0,057<br>0,00063 | 0,052<br>0,00060 | 0,051<br>0,00056 | 0,049<br>0,00054 | 0,046<br>0,00051 | 0,033<br>0,00042 |
| 2 | 0,098<br>0,0058 | 0,091<br>0,0053 | 0,085<br>0,0050 | 0,079<br>0,0046 | 0,076<br>0,0044 | 0,071<br>0,0041 | 0,067<br>0,0039 | 0,064<br>0,0036 | 0,061<br>0,0032 | 0,057<br>0,0029 |
| 3 | 0,12<br>0,013 | 0,11<br>0,012 | 0,10<br>0,011 | 0,096<br>0,0106 | 0,091<br>0,0099 | 0,087<br>0,0094 | 0,083<br>0,0088 | 0,080<br>0,0084 | 0,070<br>0,0080 | 0,060<br>0,0067 |
| 4 | 0,14<br>0,022 | 0,13<br>0,020 | 0,12<br>0,019 | 0,11<br>0,018 | 0,11<br>0,017 | 0,10<br>0,016 | 0,096<br>0,014 | 0,091<br>0,014 | 0,087<br>0,013 | 0,078<br>0,011 |
| 5 | 0,16<br>0,032 | 0,14<br>0,029 | 0,13<br>0,027 | 0,13<br>0,025 | 0,12<br>0,024 | 0,11<br>0,022 | 0,11<br>0,021 | 0,10<br>0,020 | 0,098<br>0,019 | 0,088<br>0,016 |
| 6 | 0,17<br>0,041 | 0,16<br>0,038 | 0,15<br>0,035 | 0,14<br>0,033 | 0,13<br>0,031 | 0,13<br>0,029 | 0,12<br>0,028 | 0,11<br>0,026 | 0,11<br>0,026 | 0,098<br>0,021 |
| 7 | 0,19<br>0,050 | 0,17<br>0,047 | 0,16<br>0,044 | 0,15<br>0,041 | 0,15<br>0,039 | 0,14<br>0,038 | 0,13<br>0,035 | 0,12<br>0,033 | 0,12<br>0,032 | 0,11<br>0,026 |
| 8 | 0,20<br>0,060 | 0,19<br>0,055 | 0,18<br>0,052 | 0,17<br>0,048 | 0,16<br>0,046 | 0,15<br>0,044 | 0,14<br>0,041 | 0,14<br>0,039 | 0,13<br>0,037 | 0,11<br>0,032 |
| 9 | 0,22<br>0,070 | 0,20<br>0,065 | 0,19<br>0,061 | 0,18<br>0,057 | 0,17<br>0,054 | 0,16<br>0,051 | 0,16<br>0,048 | 0,15<br>0,046 | 0,14<br>0,044 | 0,12<br>0,037 |
| 10 | 0,23<br>0,081 | 0,22<br>0,075 | 0,20<br>0,070 | 0,19<br>0,066 | 0,18<br>0,062 | 0,17<br>0,059 | 0,16<br>0,057 | 0,16<br>0,053 | 0,15<br>0,050 | 0,15<br>0,048 |

## 2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОГРАММЫ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ, ПРОВОДИМЫХ ОДНОСТУПЕНЧАТЫМ МЕТОДОМ

2.1. При планировании определительных испытаний одноступенчатым методом минимальное число отказов $r$, необходимое для обеспечения заданной точности $T_в/T_н$, при экспоненциальном законе следует рассчитывать по формуле

$$\frac{T_в}{T_н} = \frac{\chi^2_{\frac{1-\gamma}{2}}(2r)}{\chi^2_{\frac{1+\gamma}{2}}(2r)}, \qquad (1)$$

где $\gamma$ – заданная доверительная вероятность.

Значения квантилей $\chi^2$ выбирают по табл. 3.

При этом минимальное время испытаний определяют по формуле

$$t = T^*_r, \qquad (2)$$

где $T^*$ — расчетное значение наработки на отказ или значение, заданное в ТЗ.

2.2. Если определительные испытания для определения показателей безотказности ограничены по времени, то по формуле (2) определяют ожидаемое число отказов за установленное время, а затем по формуле (1) при заданном значении $\gamma$ — ожидаемую точность оценки.

2.3. При планировании определительных испытаний с односторонним ограничением наработки на отказ или средней наработки до отказа минимальное число отказов, до получения которого должны быть проведены испытания, следует рассчитывать по формуле

$$\frac{\chi^2_{1-\gamma}(2r)}{2r} = \frac{1}{1-\delta_н} \qquad (3)$$

или

$$\frac{\chi^2_{\gamma}(2r)}{2r} = \frac{1}{1+\delta_в} \qquad (4)$$

по заданному значению нижней или верхней относительной доверительной ошибки

$$\delta_н = \frac{\widetilde{T} - T_н}{T_н} \text{ или } \delta_в = \frac{T_в - \widetilde{T}}{\widetilde{T}}.$$

## 3. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Для невосстанавливаемой аппаратуры, испытуемой по программам с ограниченным числом отказов, вычисляют точечную оценку средней наработки до отказа по формуле

$$\widetilde{T} = \frac{S(t_r)}{r-1} \qquad (5)$$

и ее доверительные границы по формулам:

$$T_в = \frac{2S(t_r)}{\chi^2_{\frac{1+\gamma}{2}}(2r)}; \qquad (6)$$

$$T_н = \frac{2\,S(t_r)}{\chi^2_{\frac{1-\gamma}{2}}(2r)}, \qquad (7)$$

где $S(t_r)$ — суммарная продолжительность испытаний;

$\chi^2_{\frac{1+\gamma}{2}}(2r)$ и $\chi^2_{\frac{1-\gamma}{2}}(2r)$ — табулированные функции, приведенные в табл. 3.

Суммарную продолжительность испытаний следует рассчитывать по формуле

$$S(t_r) = \sum_{i=1}^{r} t_i + (n-r)t_r, \qquad (8)$$

где $t_r$ — наибольшая продолжительность работы одного из $r$ отказавших образцов аппаратуры, отсчитываемая с начала испытаний;

$t_i$ — продолжительность работы $i$-го отказавшего образца аппаратуры.

3.2. Для восстанавливаемой аппаратуры, испытываемой по программам с ограниченным числом отказов, следует рассчитывать значение наработки на отказ по формуле

$$T = \frac{nt_r}{r-1} \qquad (9)$$

и ее доверительные границы по формулам:

$$T_в = \frac{2nt_r}{\chi^2_{\frac{1+\gamma}{2}}(2r)}; \qquad (10)$$

$$T_н = \frac{2nt_r}{\chi^2_{\frac{1-\gamma}{2}}(2r)}, \qquad (11)$$

где $t_r$ — момент наступления $r$-го отказа.

3.3. По результатам определительных испытаний аппаратуры по планам с ограниченной продолжительностью вычисляют оценку наработки на отказ по формуле

$$\tilde{T} = \frac{nt}{r} \qquad (12)$$

и ее границы доверительных интервалов по формулам

$$T_в = \frac{2nt}{\chi^2_{\frac{1+\gamma}{2}}(2r)}; \qquad (13)$$

$$T_н = \frac{2nt}{\chi^2_{\frac{1-\gamma}{2}}(2r)}, \qquad (14)$$

где $t$ — продолжительность испытаний.

3.4. Точечную оценку вероятности безотказной работы аппаратуры следует рассчитывать по формуле

$$\tilde{P}(t_р) = \exp\left\{-\frac{t_р}{\tilde{T}}\right\}; \qquad (15)$$

и ее границы доверительных интервалов по формулам:

$$P_в(t_р) = \exp\left\{-\frac{t_р}{T_в}\right\}; \quad (16)$$

$$P_н(t_р) = \exp\left\{-\frac{t_р}{T_н}\right\}. \quad (17)$$

3.5. Границы доверительных интервалов при неизвестном распределении величины вероятности отказа $\tilde{q}=1-\tilde{P}$ (где $\tilde{P}$ следует рассчитывать по формуле (4), приведенной в разд. 8 настоящего стандарта) находят по табл. 4.

По числу испытуемых экземпляров $n$ (или периодов работы длительностью $t_р$) и полученному числу отказов $r$ определяют величину $N-r$.

В табл. 4 для доверительной вероятности $\gamma=0{,}9$ и полученных значений $r$ и $N-r$ следует определить верхнюю и нижнюю доверительные границы оценки $q$.

---

*ПРИЛОЖЕНИЕ 3*
*Рекомендуемое*

## ИСПЫТАНИЯ НА СОХРАНЯЕМОСТЬ В УСЛОВИЯХ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

1. Влияние механических воздействий различных уровней, соответствующих дорожным условиям и дальности транспортирования, установленных в ТЗ, рекомендуется воспроизводить при испытании аппаратуры в реальных дорожных условиях и (или) в лабораторных условиях. Условия испытаний следует устанавливать в стандартах и ТУ на конкретную аппаратуру.

2. Испытания аппаратуры в реальных условиях

2.1. Испытания аппаратуры следует проводить при транспортировании по естественным или специально подготовленным трассам на расстояние и со скоростью, установленными в ТЗ на аппаратуру или транспортное средство, на котором она установлена. При отсутствии в ТЗ указаний о распределении общей дальности между реальными видами дорог следует выполнять соотношения, приведенные в таблице.

| Дорожные условия | Распределение общей дальности транспортирования аппаратуры, % | |
|---|---|---|
| | на колесных шасси общего назначения и повышенной проходимости | на колесных шасси высокой проходимости |
| Асфальтированное шоссе | 5 | 5 |
| Булыжное шоссе | 30 | 25 |
| Грунтовая дорога | 55 | 50 |
| Пересеченная местность | 10 | 20 |

2.2. Испытания следует начинать при транспортировании аппаратуры в наиболее сложных дорожных условиях.

2.3. Географические пункты следует выбирать исходя из необходимости проведения испытаний в условиях воздействия климатических факторов, установленных в ТЗ.

2.4. Испытания проводят с использованием штатных транспортных средств или средств, предназначенных для замены их при эксплуатации.

2.5. В процессе испытаний следует осуществлять контроль скорости и дальности транспортирования по различным дорогам, а также внешний осмотр аппаратуры. Обнаруженные в процессе и после испытаний неисправности анализируют, определяют их характер и причины.

3. Испытания в лабораторных условиях

3.1. Испытания следует проводить по методам и при соблюдении требований ГОСТ 25804.7—83. При этом длительность испытаний должна соответствовать времени, необходимому для полной дальности транспортирования.

4. Проверку влияния транспортирования на работоспособность аппаратуры проводят в рабочем режиме сопоставлением ее показателей в исходном состоянии и после транспортирования.

5. Аппартуру следует считать выдержавшей испытания, если она не имеет механических повреждений и ее параметры находятся в пределах значений, установленных в ТЗ.

gost.e-ecolog.ru