ГОСТ 27.410—87

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И ПЛАНЫ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

Издание официальное

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 62-192:658.562:006.354 Группа Т59

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Надежность в технике

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И ПЛАНЫ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

ГОСТ 27.410—87

Industrial product dependability. Inspection methods of reliability indices and plans of check tests on reliability

ОКСТУ 0027

Дата введения 01.01.89

Настоящий стандарт распространяется на изделия, к которым в нормативно-технической и конструкторской документации предъявляют требования надежности, и устанавливает методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность.

Принятые в стандарте обозначения приведены в приложении 1, термины и определения планов испытаний на надежность — в приложении 2, применяемость испытаний на надежность — в приложении 4, планы контрольных испытаний — в приложении 7, контрольные испытания на ремонтопригодность — в приложении 8, примеры планирования контрольных испытаний на надежность — в приложении 9, пояснения — в приложении 10.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Контроль нормируемых показателей надежности должен включать:

получение и математическую обработку исходных данных;

принятие решения о соответствии или несоответствии изделий установленным требованиям;

анализ причин и последствий отказов с целью разработки мероприятий по повышению надежности изделий.

1.2. В зависимости от способа получения исходных данных методы контроля показателей надежности подразделяют на расчетные, экспериментальные и расчетно-экспериментальные.

1.3. Расчетные методы основаны на вычислении показателей надежности изделия по справочным данным о надежности его составных частей с учетом функциональной структуры изделия и видов разрушения, по данным о надежности изделий-аналогов, по результатам экспертной оценки надежности, по данным о свойствах материалов, элементов изделий и нагрузках на них, механизме отказа и по другой информации, имеющейся к моменту расчета надежности.

1.4. Экспериментальные методы основаны на использовании статистических данных, получаемых при испытаниях изделий на надежность, или данных опытной или подконтрольной эксплуатации.

План контроля показателей надежности должен содержать число испытуемых образцов, стратегию проведения испытаний с восстановлением и (или) заменой отказавших изделий, без восстановления и (или) замены отказавших изделий, правила прекращения испытаний, число независимых наблюдений и отрицательных исходов этих наблюдений, позволяющих принять решение о соответствии или несоответствии изделий заданным требованиям к уровню надежности, а также правила принятия решения.

При испытаниях на надежность наблюдением может быть время безотказной работы изделия, продолжительность его восстановления и т. п., отрицательным исходом наблюдения — наступление отказа (предельного состояния), невозможность восстановления в течение заданного времени и т. п.

Издание официальное ★ **Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1987
© ИПК Издательство стандартов, 2002

При контроле надежности невосстанавливаемых изделий объем выборки (число испытуемых образцов) равен необходимому числу наблюдений. Для восстанавливаемых изделий объем выборки может быть уменьшен (до одного образца), если независимость наблюдений обеспечена к началу очередного наблюдения.

1.5. Расчетно-экспериментальные методы основаны на вычислении показателей надежности по исходным данным, определяемым экспериментальными методами. Исходными данными для расчетно-экспериментального метода служат:

информация о надежности изделия, полученная в ходе предшествующих испытаний, эксплуатации;

экспериментальные значения единичных показателей надежности, определяющих контролируемый комплексный показатель надежности;

экспериментальные значения показателей надежности составных частей изделия, полученные при их автономных (поэлементных) испытаниях, а также в составе другого изделия;

экспериментальные значения параметров нагрузки, износостойкости и прочности изделия и его составных частей;

экспериментальные данные об изменении параметров, характеризующих работоспособное состояние изделий.

1.6. Метод контроля показателей надежности изделий выбирают с учетом:

видов работ на стадиях жизненного цикла изделия;

заданной номенклатуры и норм показателей надежности;

требований к достоверности контроля показателей надежности;

особенностей конструкции и функционирования изделия;

характеристики условий и режимов эксплуатации;

предполагаемого вида законов распределения наработки до отказа (между отказами) и (или) до предельного состояния, продолжительности восстановления и т. п.;

возможности выделения необходимого числа образцов для испытаний на надежность;

технических возможностей и оснащенности испытательной базы;

ограничений по продолжительности и стоимости испытаний на надежность.

1.7. Допускается по согласованию с потребителем (заказчиком) испытания на надежность опытных образцов и серийных изделий выделять в самостоятельные испытания. Порядок контроля надежности по результатам самостоятельных испытаний устанавливают по согласованию между разработчиком и потребителем (заказчиком) в программе и методике испытаний.

1.8. Запрещается проводить контроль показателей надежности изделия в целом только по результатам автономных контрольных испытаний его составных частей, кроме отдельных случаев, когда в составе изделия проводить контрольные испытания невозможно, и для комплексов народно-хозяйственного назначения при наличии технико-экономического обоснования и по согласованию с потребителем (заказчиком).

1.9. Исходными данными для выбора плана контроля служат риск поставщика (изготовителя) α, риск потребителя (заказчика) β (далее — риск поставщика и риск потребителя, соответственно), браковочный уровень надежности R_β и приемочный уровень надежности R_α. При этом вероятность приемки изделий с приемочным уровнем надежности R_α равна $1-\alpha$, а вероятность приемки изделий с браковочным уровнем надежности R_β равна β.

При установлении интервала $[R_\beta, R_\alpha]$ в качестве R_β служит значение показателя, заданное в стандарте или технических условиях на изделие.

В экономически обоснованных случаях допускается размещать интервал $[R_\beta, R_\alpha]$ относительно R, заданного в стандарте или технических условиях на изделие, по согласованию между изготовителем и потребителем.

1.10. При использовании расчетных методов контроля показателей надежности принимают решение о соответствии показателя надежности изделия установленным нормам, ограниченным снизу, если выдерживается соотношение

$$R_p \geq R,$$

где R_p — расчетное значение показателя надежности;

R — требуемое значение показателя надежности.

Для норм, ограниченных сверху, соотношение имеет вид

$$R_{\beta} \le R.$$

1.11. При использовании экспериментальных и расчетно-экспериментальных методов контроля показателей надежности принятие решения о соответствии или несоответствии изделия (совокупности изделий) заданным требованиям надежности осуществляют по двум уровням (приемочному и браковочному) на основе решающих правил, приведенных в приложении 7.

При контроле надежности по доверительным границам используют результаты определительных испытаний на надежность.

В обоснованных случаях допускается контроль по одному браковочному уровню R_{β} с использованием риска потребителя β. В этом случае при контроле по доверительным границам применяют следующее решающее правило:

решение о соответствии показателя надежности изделия установленным нормам, ограниченным снизу, принимают, если выдерживается соотношение

$$\underline{R}_{1-\beta} \ge R_{\beta},$$

где $\underline{R}_{1-\beta}$ — нижняя граница одностороннего доверительного интервала уровня 1—β;

R_{β} — браковочный уровень показателя надежности;

β — риск потребителя.

Для норм, ограниченных сверху, соотношение имеет вид

$$\overline{R}_{1-\beta} \le R_{\beta},$$

где $\overline{R}_{1-\beta}$ — верхняя граница одностороннего доверительного интервала уровня 1—β.

В противном случае принимают решение о несоответствии показателя надежности изделия установленным нормам.

1.12. Решение о соответствии или несоответствии надежности изделия установленным требованиям принимают на основе решений, принятых по отдельным показателям надежности. Решение о соответствии принимают при положительных решениях по всем показателям надежности, решение о несоответствии — при наличии хотя бы одного отрицательного решения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТНЫМ МЕТОДАМ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

2.1. Расчетные методы контроля — по ГОСТ 27.301—95.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДАМ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

3.1. Экспериментальные методы являются основными для контроля показателей надежности во всех случаях, кроме указанных в пп. 2.1 и 4.1.

3.2. Число невосстанавливаемых объектов для испытаний устанавливают в соответствии с приложением 7.

Число восстанавливаемых объектов для испытаний устанавливают с учетом условия получения за время испытаний наработки, достаточной для контроля показателей надежности с заданными точностью и достоверностью.

3.3. При контроле конкретных показателей надежности все отказы изделий, зафиксированные при испытании или эксплуатации, подразделяют на учитываемые и неучитываемые, при этом не учитывают отказы:

зависимые, возникшие одновременно с независимыми;

вызванные воздействием внешних факторов, не предусмотренных в ТЗ и ТУ на изделие;

вызванные нарушением обслуживания персоналом инструкций по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту.

При необходимости проводят предварительную обработку данных испытаний для выявления выпадающих значений, проверки однородности, независимости и вида распределения.

Обработка данных контрольных испытаний должна обеспечивать определение соответствия продукции требованиям нормативно-технических документов с указанием вероятностей ошибок при принятии решения о соответствии или несоответствии испытуемых изделий указанным требованиям.

3.4. Испытания на надежность опытных образцов

3.4.1. Испытания на надежность опытных образцов изделий проводят в составе предварительных и (или) приемочных испытаний.

3.4.2. Испытания на надежность проводят по ускоренному методу, если определены:

принцип и метод ускорения испытаний;

режимы ускоренных испытаний;

расчетные формулы и (или) коэффициенты, позволяющие привести данные и результаты ускоренных испытаний к нормальным условиям испытаний.

3.4.3. Испытания на надежность проводят по программам и методикам, утвержденным (методикам — аттестованным) в установленном порядке.

3.4.4. Программы испытаний на надежность разрабатывают на основе технического задания и конструкторской документации в соответствии с требованиями настоящего стандарта, типовых программ испытаний на надежность (при наличии) и других нормативно-технических документов по организации и проведению испытаний.

Типовые программы испытаний на надежность составляют на основе анализа опыта разработки, испытаний и эксплуатации групп однородной продукции в соответствии с требованиями настоящего стандарта и нормативно-технических документов по организации и проведению испытаний.

3.4.5. Программы испытаний на надежность должны содержать условия, определяющие готовность к проведению испытаний, порядок завершения отдельных этапов и условия перехода к каждому последующему этапу испытаний на надежность.

Программы испытаний на надежность не должны содержать положения, разрешающие выполнение в процессе проведения испытаний наладочных, настроечных, регулировочных и т. п. работ, не предусмотренных эксплуатационной документацией, а также не должны допускать упрощения, приводящие к снижению достоверности результатов.

3.4.6. Методики испытаний разрабатывают на основе технического задания и конструкторской документации, типовых методик испытаний на надежность (при наличии) с учетом особенностей изделия, условий проведения испытаний, свойств конкретных типов или экземпляров средств измерений и испытательного оборудования и других факторов, обеспечивающих в совокупности необходимую точность, воспроизводимость и (или) достоверность результатов.

Типовые методики испытаний на надежность разрабатывают на основе опыта разработки, испытаний и эксплуатации групп однородной продукции в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

3.4.7. Примерное содержание разделов программ и методик испытаний на надежность приведено в приложениях 3 и 5.

3.4.8. Требования к оформлению программ и методик испытаний на надежность приведены в приложении 6.

3.4.9. По согласованию между потребителем (заказчиком) и разработчиком изделий допускается совмещать испытания на надежность с другими видами испытаний. При этом специальные образцы для испытаний на надежность не выделяют и учитывают для контроля надежности данные о наработках и отказах изделий в процессе всех испытаний, предусмотренных в программе испытаний.

3.4.10. Техническое обслуживание и ремонт испытуемых опытных образцов должен проводить в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации персонал, прошедший предварительную подготовку и назначенный на эти работы.

Если в процессе испытаний на надежность выявлены недостатки или некомплектность эксплуатационной и ремонтной документации, то разработчик устраняет недостатки и согласовывает изменения в установленном порядке.

3.4.11. Результаты испытаний оформляют и утверждают в установленном порядке протоколом (актом), в который включают:

наименование продукции;

код продукции по классификатору СЭВ;

код продукции по национальному классификатору;

наименование предприятия-изготовителя, адрес, (страна, город, почтовый индекс и др.);

сведения о продукции (тип, марка, основные параметры и т. п.);

цель испытаний;

число испытанных образцов (номер изделия, номер партии, дата изготовления);

наименование предъявителя образцов для испытаний (наименование органа, номер и дата сопроводительного письма, документа и др.);

ссылку на программу и методику испытаний;

перечень наблюдавшихся отказов и их классификацию;

выявленные причины отказов (с указанием методов анализа) и нетехнологичность при техническом обслуживании и ремонте;

обработанные результаты испытаний;

выводы о соответствии опытных образцов изделий заданным требованиям и значения достигнутых показателей;

выводы о правильности и достаточности номенклатуры критериев отказа и предельного состояния;

рекомендации по доработке изделий с целью повышения или достижения заданного уровня надежности.

3.5. Испытания на надежность установочной серии изделий

3.5.1. На этапе постановки изделий на производство проводят контрольные испытания на надежность установочной серии изделий или первой промышленности партии.

3.5.2. Программа и методика испытаний на надежность должны содержать данные, указанные в пп. 3.4.3—3.4.8.

3.5.3. Протокол испытаний (акт) должен содержать данные, указанные в п. 3.4.11.

3.6. Испытания изделий на надежность на этапе серийного производства

3.6.1. Испытания на надежность серийных изделий проводят в составе периодических и типовых испытаний.

3.6.2. Контрольные испытаний на надежность проводят по методике, содержащейся в технических условиях (в разделах «Методы испытаний» и «Приемка»), или по отдельным методикам.

3.6.3. В методику проведения контрольных испытаний на надежность в составе периодических испытаний дополнительно к данным по п. 3.4.7 должны быть включены:

периодичность проведения испытаний;

метод и планы испытаний;

число испытуемых изделий;

правила отбора изделий в выборку для испытаний;

режимы испытаний;

перечень контролируемых параметров и периодичность их проверки;

перечень необходимого испытательного и контрольного измерительного оборудования;

номенклатура и значения параметров для решения о принятии или отбраковке испытуемых изделий;

порядок учета и статистического анализа отказов (предельных состояний);

порядок выявления причин отказов;

порядок проведения технического обслуживания и ремонта испытуемых изделий.

3.6.4. Периодичность контрольных испытаний на надежность устанавливают в зависимости от контролируемых показателей и числа выпускаемых изделий, с учетом возможности завершения предыдущего цикла испытаний к началу очередного цикла и необходимого резерва времени для технического обслуживания и ремонта испытательного оборудования.

3.6.5. Число серийных изделий, выделяемых для контрольных испытаний на надежность, определяют в соответствии с п. 3.2.

3.6.6. Если периодичность контрольных испытаний на надежность установлена более одного года или постановка на испытания требуемого числа образцов невозможна по техническим или экономическим причинам, то допускается в обоснованных случаях (по согласованию с потребителем (заказчиком) контролировать надежность по результатам объединения информации, получаемой при испытаниях, с данными эксплуатации.

Критерии перехода к такому порядку контроля надежности конкретных видов изделий должны быть приведены в нормативно-технических документах на указанные изделия.

3.6.7. Протокол испытаний (акт) должен содержать данные, указанные в п. 3.4.11.

4. ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДАМ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

4.1. Расчетно-экспериментальные методы применяют, если по техническим, экономическим или организационным причинам невозможно или нецелесообразно применять для этой цели экспериментальные методы, например:

для контроля комплексных показателей надежности, если объем испытаний не позволит проконтролировать указанные показатели экспериментальными методами с заданными точностью и достоверностью (рисками);

для контроля надежности изделий, размеры и особенности функционирования которых или требования безопасности не позволяют испытывать их в полном составе;

для контроля надежности уникальных изделий.

Отнесение изделий к уникальным определяют в отраслевой документации.

Расчетно-экспериментальные методы также применяют во всех случаях, когда это позволяет существенно сократить необходимый объем испытаний (например для резервированных систем, при наличии дополнительных данных о надежности изделий и т. п.).

Применение расчетно-экспериментальных методов должно быть обосновано и согласовано с потребителем (заказчиком).

4.2. В качестве дополнительных данных используют разнородную информацию о надежности изделия, накапливаемую в процессе разработки, производства, испытаний и эксплуатации изделия.

Рекомендуемые источники дополнительной информации, в зависимости от стадии жизненного цикла изделия, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Источники экспериментальной информации о надежности на различных стадиях жизненного цикла изделия

Стадия жизненного цикла изделия	Источник основной информации	Источник дополнительной информации
Исследование и обоснование разработки, разработка	Предварительные испытания	Испытания и (или) эксплуатация изделия-прототипа. Испытания и (или) эксплуатация изделий-аналогов
	Приемочные испытания	Исследовательские испытания изделия. Испытания и (или) эксплуатация изделия-прототипа. Испытания и (или) эксплуатация изделий-аналогов. Испытания изделия в процессе отработки (доводочные испытания)
Производство	Квалификационные, периодические, типовые и самостоятельные испытания	Предыдущие приемосдаточные и приемочные испытания изделия. Типовые испытания изделия или его модернизированных составных частей. Эксплуатация изделия. Испытаний и (или) эксплуатация изделия-прототипа
Эксплуатация	Эксплуатационные испытания	Испытания и (или) эксплуатация изделия-прототипа. Испытания и (или) эксплуатация изделий-аналогов

4.3. Контроль показателей надежности проводят по методикам, включающим:

номенклатуру и число составных частей, проходящих автономные испытания;

требования к точности и достоверности контроля показателей надежности составных частей;

методику автономных испытаний составных частей;

цели, задачи и объем испытаний изделий (если предполагается их проведение), условия и режимы их проведения, перечень и требования к точности контроля параметров изделия при испытаниях;

расчетную схему надежности изделия и принятые при ее составлении допущения;

предполагаемый вид законов распределения наработки до отказа (между отказами) и (или) до предельного состояния, продолжительности восстановления и т. п. составных частей, при необходимости;

порядок и правила использования информации, имеющейся на этапе разработки (производства) изделий, в том числе данных эксплуатации и ремонта и т. д.;

формулы или машинные алгоритмы и программы для расчета показателей надежности;

правила принятия решения о соответствии или несоответствии изделий (совокупности изделий) установленным требованиям к надежности;

правила оформления результатов контроля надежности.

4.4. В отчете (протоколе, акте) о результатах контроля показателей надежности изделий приводят:

выводы о соответствии или несоответствии изделия требованиям к надежности и значения достигнутых показателей;

перечень и характеристику отказов составных частей, наблюдавшихся в процессе их автономных или комплексных испытаний;

анализ причин отказов и принятые меры по их устранению;

рекомендации по доработке изделия и его составных частей с целью повышения или достижения заданного уровня надежности, предложения по уточнению состава ЗИП и норм расхода запасных частей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В СТАНДАРТЕ

R — требуемое значение показателя надежности

$R_р$ — расчетное значение показателя надежности

$\underline{R}_{1-\beta}$ — нижняя граница одностороннего доверительного интервала уровня $1-\beta$

R_β — браковочный уровень показателя надежности

β — риск потребителя (заказчика)

$\overline{R}_{1-\beta}$ — верхняя граница одностороннего доверительного интервала уровня $1-\beta$

$\overline{R}_{1-\alpha}$ — верхняя граница одностороннего доверительного интервала уровня $1-\alpha$

R_α — приемочный уровень показателя надежности

α — риск поставщика (изготовителя)

$\underline{R}_{1-\alpha}$ — нижняя граница одностороннего доверительного интервала уровня $1-\alpha$

t — наработка, измеряемая в часах, циклах, километрах пробега и других единицах

v — коэффициент вариации

$t_н$ — продолжительность испытаний, измеряемая в единицах наработки

T_β — браковочное значение контролируемого показателя

T_α — приемочное значение контролируемого показателя

$r_{пр}$ — предельное число отказов или отказавших объектов

t_{max} — предельная суммарная наработка

t_{Σ} — суммарная наработка

r — число отказов или число отказавших объектов

t_j — наработка j-го из r отказавших изделий, отсчитанная от начала испытаний

t_i — суммарная наработка i-го изделия за время испытаний

T_0 — средняя наработка на отказ

a — тангенс угла наклона линий соответствия или несоответствия на графике последовательного контроля

r_0 — точка пересечения линии несоответствия с осью ординат

$t_{в\,j}$ — длительность восстановления работоспособного состояния после j-го из r отказов или длительность замены j-го из r отказавших образцов новым

b — параметр формы распределения Вейбулла

$P(t)$ — вероятность безотказной работы

$P_в(t)$ — вероятность восстановления работоспособного состояния

$P_\alpha(t)$ — приемочный уровень вероятности безотказной работы

$P_\beta(t)$ — браковочный уровень вероятности безотказной работы

$F_0(x)$ — функция нормированного (и центрированного) нормального распределения

x — число успешных исходов испытаний

$T_{ср}$ — средняя наработка до отказа

σ — среднее квадратическое отклонение

$T_{\gamma\%}$ — гамма-процентная наработка до отказа

u_γ — квантиль нормированного (и центрированного) нормального распределения, соответствующая заданной доверительной вероятности γ

t'_{Σ} — ожидаемая суммарная наработка до принятия решения

n — число независимых наблюдений

C_α — приемочное число

n_0, t_0 — точка пересечения линии соответствия с осью абсцисс

$n_{ус}$ — предельное число независимых наблюдений при усеченном последовательном контроле

$r_{ус}$ — предельное число отрицательных исходов при усеченном последовательном контроле

$\lambda(t)$ — интенсивность отказов

$\lambda(u_\beta)$ — обратное отношение Миллса

$K_г$ — коэффициент готовности

$T_в$ — среднее время восстановления работоспособного состояния

$T_{в\beta}$ — браковочный уровень среднего времени восстановления

$T_{в\alpha}$ — приемочный уровень среднего времени восстановления

$K_{г\beta}$ — браковочный уровень коэффициента готовности

$K_{г\alpha}$ — приемочный уровень коэффициента готовности

γ — односторонняя доверительная вероятность

γ^* — двусторонняя доверительная вероятность

$\hat{\beta}$ — наблюдаемый риск потребителя

$\hat{\alpha}$ — наблюдаемый риск поставщика

N — объем выборки

Δ — относительная погрешность

$\chi^2_{P,n}$ — квантиль χ^2 распределения

$\gamma\%$ — гамма-процент

$T_н$ — норма показателя надежности типа Т

$T_р$ — средний ресурс

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Обязательное

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНОВ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

Таблица 2

Термин	Определение
1. План испытаний [*NUT*]* План [*NUT*]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, отказавшие во время испытаний объекты не восстанавливают и не заменяют, испытания прекращают по истечении времени испытаний или наработки T для каждого неотказавшего объекта.
2. План испытаний [*NUr*] План [*NUr*]	План испытаний, согласно которому испытывают одновременно N объектов, отказавшие во время испытаний объекты не восстанавливают и не заменяют, испытания прекращают, когда число отказавших объектов достигло r. Примечание. При $r = N$ имеем план [*NUN*]
3. План испытаний [*NU* (r, T)] План [*NU* (r, T)]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, отказавшие во время испытаний объекты не восстанавливают и не заменяют, испытания прекращают, когда число отказавших объектов достигло r или при истечении времени испытаний или наработки T каждого неотказавшего объекта в зависимости от того, какое из этих условий выполнено ранее
4. План испытаний [*NRT*] План [*NRT*]	План испытаний, согласно которому одновременно начинают испытания N объектов, отказавшие во время испытаний объекты заменяют новыми, испытания прекращают при истечении времени испытаний или наработки T для каждой из N позиций. Примечание. Каждый из N объектов занимает определенную позицию (стенд, испытательную площадку и т. д.), применительно к которой в дальнейшем исчисляется продолжительность испытаний T независимо от замен объектов, отказавших на данной позиции
5. План испытаний [*NRr*] План [*NRr*]	План испытаний, согласно которому одновременно начинают испытания N объектов, отказавшие во время испытаний объекты заменяют новыми, испытания прекращают, когда число отказавших объектов, суммарное по всем позициям, достигло r
6. План испытаний [*NR* (r, T)] План [*NR* (r, T)]	План испытаний, согласно которому одновременно начинают испытания N объектов, отказавшие во время испытания объекты заменяют новыми, испытания прекращают, когда число отказавших объектов, суммарное по всем позициям, достигло r или при истечении времени испытаний, или наработки T в каждой позиции в зависимости от того, какое из этих условий выполнено ранее
7. План испытаний [*NMT*] План [*NMT*]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, после каждого отказа объект восстанавливают, каждый объект испытывают до истечения времени испытаний или наработки T
8. План испытаний [NMT_{Σ}] План [NMT_{Σ}]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, после каждого отказа объект восстанавливают, испытания прекращают при истечении суммарного по всем объектам времени испытаний или наработки T_{Σ}
9. План испытаний [*NMr*] План [*NMr*]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, после каждого отказа объект восстанавливают, испытания прекращают, когда суммарное по всем объектам число отказов достигло r

Продолжение табл. 2

Термин	Определение
10. План испытаний [$NM\ (r,\ T_\Sigma)$] План [NM (r, T_Σ)]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, после каждого отказа объект восстанавливают, испытания прекращают, когда суммарноное по всем объектам число отказов достигло r или при истечении суммарного по всем объектам времени испытаний или наработка T_Σ в зависимости от того, какое из этих условий выполнено ранее
11. План испытаний [$NU\ (r_1,\ n_1),\ (r_2,\ n_2)...(r_{к-1},\ n_{к-1}),\ r_к$] План [$NU\ (r_1,\ n_1),\ (r_2,\ n_2)...(r_{к-1},\ n_{к-1}),\ r_к$]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, отказавшие во время испытаний объекты не восстанавливают и не заменяют, после возникновения r_1 отказов с испытаний снимают n_1 неотказавших объектов, после возникновения r_2 отказов с испытаний снимают n_2 неотказавших объектов и т. д., испытания прекращают после возникновения $r_к$ отказов
12. План испытаний [$NU\ (T_1,\ n_1),\ (T_2,\ n_2)...(T_{к-1},\ n_{к-1}),\ T_к$] План [$NU\ (T_1,\ n_1),\ (T_2,\ n_2)...(T_{к-1},\ n_{к-1}),\ T_к$]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, отказавшие во время испытаний объекты не восстанавливают и не заменяют, при истечении времени или наработки T_1 с испытаний снимают n_1 неотказавших объектов (если число неотказавших объектов больше n_1, в противном случае испытания прекращают) и т. д. испытания прекращают при истечении времени или наработки $T_к$
13. План испытаний [NUz] План [NUz]	План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов; отказавшие во время испытаний объекты не восстанавливают и не заменяют, каждый объект испытывают в течение наработки z_i, где $z_i = \min(t_i \tau_i)$. Здесь $i = 1, 2 \ldots N$; t_i — наработка до отказа i-го объекта; τ_i — наработка до снятия с испытаний работоспособного i-го объекта;
14. План испытаний [NUS] План [NUS]	План испытаний, согласно которому последовательно или одновременно испытывают N объектов; отказавшие во время испытаний объекты не восстанавливают и не заменяют; по суммарному времени испытаний или наработке и числу отказов в любой момент принимают решение о приемке, браковке или продолжении испытаний. Испытания прекращают решением о приемке или браковке
15. План испытаний [NRS] План [NRS]	План испытаний, согласно которому последовательно или одновременно испытывают N объектов; отказавшие во время испытаний объекты заменяют новыми; по суммарному времени испытаний или наработке и числу отказов в любой момент принимают решение о приемке, браковке или продолжении испытаний; испытания прекращают решением о приемке или браковке
16. План испытаний [NMS] План [NMS]	План испытаний, согласно которому последовательно или одновременно испытывают N объектов; после каждого отказа объект восстанавливают; по суммарному времени испытаний или наработке и числу отказов в любой момент принимают решение о приемке, браковке или продолжении испытаний; испытания прекращают решением о приемке или браковке

* Буквы U, R, M в обозначениях планов испытаний указывают степень и характер восстановления объектов:

U — невосстанавливаемые и незаменяемые при испытаниях в случае отказа;

R — восстанавливаемые, но заменяемые при испытаниях в случае отказа;

M — восстанавливаемые при испытаниях в случае отказа;

N — объем выборки;

T — время испытаний или наработка;

r — число отказов или отказавших объектов;

T_Σ — суммарное время испытаний или суммарная наработка;

S — принятие решения при последовательных испытаниях.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

1. Типовые программы испытаний на надежность содержат вводную часть, которая заменяет раздел «Объект испытаний» и не имеет ни заголовка ни нумерации. Во вводной части указывают область распространения программы испытаний на надежность, особенности функционирования и испытаний данной группы однородной продукции, возможные ограничения по применению типовой программы испытаний на надежность.

2. В разделе «Объект испытаний» программы испытаний на надежность указывают:

полное наименование изделия, его индекс и обозначение по чертежу, а также стадию разработки;

число испытуемых объектов и порядок их отбора;

изготовителя объектов;

комплектность испытуемых объектов;

наработку объектов до начала испытаний;

перечень составных частей, замена которых предусмотрена в процессе испытаний.

3. В разделе «Цель испытаний» указывают конкретные цели и задачи, которые должны быть достигнуты и решены в процессе испытаний на надежность.

4. В разделе «Общие положения» указывают:

перечень руководящих документов, на основании которых проводят испытания;

периодичность, место и продолжительность проведения испытаний;

организации (предприятия), участвующие в испытаниях;

перечень ранее проведенных испытаний, включающих испытания на надежность;

перечень представляемых на испытания документов, откорректированных по результатам ранее проведенных испытаний и характеризующих степень отработки изделия.

5. В разделе «Объем испытаний» указывают:

перечень этапов испытаний и проверок, номенклатуру и значения показателей надежности, подлежащих контролю;

виды испытаний для контроля каждого показателя, последовательность их проведения и режимы испытаний;

исходные данные для планирования испытаний каждого вида или непосредственно планы контроля показателей (тип плана, объем выборки, правила принятия решения);

перечень видов и операций технического обслуживания и ремонта;

перечень и критерии отказов (предельных состояний) изделий, учитываемых при контроле показателей надежности;

содержание и порядок подготовки изделий к испытаниям;

требования к наработке испытуемых образцов в процессе испытаний. При проведении испытаний нескольких образцов (партии образцов) должно быть указано их распределение по видам испытаний, а для изделий многократного применения — число циклов функционирования на каждом виде и режиме испытаний;

перечень работ, проводимых после завершения испытаний, требования к ним, объем и порядок проведения, в том числе:

осмотр (без разборки или с разборкой) и описание состояния испытуемых образцов;

фотографирование, при необходимости, образцов, их узлов, деталей, мест коррозии, а также характерных повреждений и поломок.

В разделе могут быть даны рекомендации по использованию образцов после испытаний (уничтожение, возможность или ограничение по дальнейшему использованию, использование в качестве экспоната и т. п.). В типовых программах испытаний на надежность приводят типовой перечень проверок, подлежащих включению в программы испытаний на надежность.

Перечень видов и операций при техническом обслуживании и текущем ремонте устанавливается в соответствии с инструкциями (правилами) по техническому обслуживанию и текущему ремонту.

Перечень операций неплановых текущих ремонтов определяется перечнем возможных отказов, приведенных в эксплуатационной документации, с учетом опыта эксплуатации изделий, их аналогов и прототипов, и перечнем запасных частей, прилагаемых в ЗИП данного изделия.

Перечень операций при ремонте определяется ремонтной документацией, разрабатываемой в соответствии с требованиями нормативно-технической документации при условии его проведения на основе замены дефектных деталей и сборочных единиц на новые или восстановленные без учета работ по их восстановлению.

Учет объема работ по восстановлению деталей и сборочных единиц для определения значений показателей ремонтопригодности допускается только в том случае, когда их восстановление осуществляется по стандартизованной документации, согласованной с разработчиком (изготовителем).

6. В разделе «Условия и порядок проведения испытаний» указывают: условия проведения испытаний (характеристика места испытаний, время года и суток, температура окружающей среды, температурный градиент, давление и влажность окружающей среды, скорость ветра, запыленность, уровень радиации и вибрации и т. д.) с оценкой, при необходимости, степени их приближения к условиям эксплуатации, заданным в техническом задании и нормативно-технической документации, а также допустимые значения отклонения условий испытаний от заданных;

условия начала и завершения отдельных этапов испытаний;

ограничения на условия проведения испытаний;

порядок и правила контроля показателей надежности, указанные в виде ссылок на нормативно-техническую документацию, регламентирующие методы испытаний на надежность изделий конкретного вида;

требования к техническому обслуживанию и ремонту образцов в процессе испытаний, периодичность и место проведения;

перечень средств технологического оснащения, используемых при испытаниях, и порядок их подготовки к применению;

меры, обеспечивающие безопасность и безаварийность проведения испытаний, включая использование средств оперативной технической диагностики и аварийной защиты объекта испытаний;

порядок взаимодействия организаций (предприятий), участвующих в испытаниях;

порядок привлечения экспертов для исследования отказов испытуемых образцов в процессе проведения испытаний;

требования к квалификации, опыту по уровню ознакомления с изделием и численности персонала, проводящего испытания, техническое обслуживание и ремонт, порядок его допуска к испытаниям, при необходимости. Меры, обеспечивающие безопасность и безаварийность проведения испытаний, рекомендуется оформлять в виде подраздела «Требования безопасности труда», в котором указывают основные требования к обеспечению безопасности труда в соответствии с требованиями конструкторской документации, стандартов системы безопасности труда и другой нормативно-технической документации по технике безопасности.

7. В разделе «Материально-техническое обеспечение испытаний» указывают конкретные виды материально-технического обеспечения с распределением задач и обязанностей организаций (предприятий), участвующих в испытаниях, по видам обеспечения, а также устанавливают сроки готовности материально-технического обеспечения. В разделе могут быть выделены подразделы: материально-техническое, математическое, бытовое обеспечение; обеспечение секретности, обеспечение документацией.

В зависимости от сложности испытуемых объектов в обоснованных случаях данный раздел может быть представлен несколькими разделами по видам обеспечения испытаний или вынесен в приложение к программе испытаний.

8. В разделе «Метрологическое обеспечение испытаний» приводят перечень мероприятий по метрологическому обеспечению испытаний с распределением задач и ответственности организаций (предприятий), участвующих в испытаниях, за выполнение соответствующих мероприятий.

9. В разделе «Отчетность» указывают:

перечень отчетных документов, которые должны быть оформлены в процессе испытаний и по их завершении, с указанием организаций и предприятий, разрабатывающих, согласующих и утверждающих их, и сроки оформления этих документов;

перечень организаций для рассылки отчетной документации;

порядок, место и сроки хранения первичных материалов испытаний.

К числу отчетных документов относят протокол и отчет, о результатах испытаний, акт технического состояния объектов после испытаний, материалы первичной документации по усмотрению комиссии, акт на списание материальной части, при необходимости.

10. В разделе «Приложения» указывают перечень методик испытаний, математических и комплексных моделей, применяемых для контроля характеристик объектов испытаний.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Рекомендуемое

Таблица 3

Применяемость испытаний на надежность

Контролируемое свойство надежности	Контроль при испытаниях					
	предварительных	приемочных	квалификационных	приемо-сдаточных	периодических	типовых
Безотказность	Проводят (нормальные или ускоренные)	Проводят (нормальные или ускоренные)	Проводят (нормальные или ускоренные)	Проводят** (нормальные)	Проводят (нормальные или ускоренные)	Проводят (нормальные или ускоренные)
Ремонтопригодность	Проводят (ускоренные)	Проводят (ускоренные)	Проводят (ускоренные)	Не проводят	Проводят (ускоренные) по требованию заказчика	Проводят (ускоренные)
Долговечность Сохраняемость	Проводят самостоятельные (ускоренные или нормальные)		Не проводят*	Не проводят	Проводят самостоятельные (ускоренные или нормальные)	
Несколько свойств	Проводят	Проводят	Проводят	Не проводят	Проводят	Проводят

* По требованию заказчика допускается проводить испытания установочной серии изделий на долговечность и сохраняемость как самостоятельные испытания (ускоренные или нормальные).

** Только для изделий кратковременного действия.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Рекомендуемое

ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

1. Типовые методики испытаний на надежность содержат вводную часть, которая заменяет раздел «Объект испытаний» и не имеет ни заголовка, ни нумерации. Во вводной части указывают область распространения методики испытаний, особенности функционирования данной группы однородной продукции, возможные ограничения по применению методики испытаний.

2. В разделе «Объект испытаний» указывают наименование, индекс и состав объекта испытаний, а также особенности его функционирования, существенные для применения методики.

3. В разделе «Цель испытаний» указывают конечную цель проверки показателей надежности и перечень заключений, которые могут явиться результатами испытаний.

4. В разделе «Общие положения» должны быть приведены:

определения контролируемых показателей надежности, если они не определены в стандарте или другой нормативно-технической документации, регламентирующей терминологию;

обоснование избранного метода испытаний;

поясняющие сведения, относящиеся к объекту испытаний.

5. В разделе «Контролируемые показатели и расчетные соотношения» должны быть приведены:

перечень показателей надежности, подлежащих контролю;

критерии отказа и предельного состояния;

планы испытаний для каждого контролируемого показателя надежности, предусмотренного в программе испытаний;

расчетные соотношения и формулы (математическая модель), по которым рассчитывают контролируемые показатели. Соотношения и формулы должны быть приведены в конечном виде (без выводов) с объяснениями символов, обозначений и коэффициентов;

в методике проведения контрольных испытаний на надежность должны быть приведены правила принятия решений о соответствии или несоответствии показателей надежности заданным в техническом задании или технических условиях.

При наличии качественной характеристики указывают метод ее оценки.

6. В разделе «Условия и порядок проведения испытаний» должны быть указаны:

условия проведения испытаний на надежность (продолжительность, периодичность, цикличность испытаний и последовательность воспроизведения внешних воздействий);

требования к квалификации обслуживающего персонала;

требования техники безопасности;

особенности функционирования испытуемых и привлекаемых к испытаниям средств, порядок их взаимодействия;

порядок учета наработки объектов испытаний и времени их проверки;

условия содержания, технического обслуживания, диагностирования и режимы работы испытуемых образцов;

технологическая документация на проведение каждого вида технического обслуживания и ремонта, подготовленная разработчиком (изготовителем) изделия или согласованная с ним, предусматривающая последовательность выполнения операций технического обслуживания и ремонта и сетевые графики их проведения;

перечень и характеристика средств технического обслуживания и ремонта, оборудования, оснастки, приспособлений, инструмента, используемых при испытаниях на ремонтопригодность из перечня рекомендуемых разработчиком (изготовителем) и прилагаемых к изделиям, а также потребных дополнительно;

характеристика условий проведения испытаний на ремонтопригодность и ремонтная документация, при необходимости;

наработка каждого образца в различных режимах работы и (или) суммарная наработка образцов в процессе испытаний;

методы контроля объекта испытаний (внешний осмотр, проведение измерений и др.);

последовательность выполнения операций при проверках с указанием контрольных точек, способов и числа измерений, используемых средств измерений и описанием выполненных регулировок, операций с переключателями, схем расположения и включения приборов.

Если в процессе испытаний используют метод моделирования, то должны быть указаны принцип моделирования, порядок применения результатов моделирования, принцип и метод проверки совместимости результатов моделирования с результатами натурных экспериментов. Например, при использовании методов испытаний с создаваемой или предполагаемой необходимостью проведения технического обслуживания и ремонта указывают способ подготовки изделий к испытаниям и внесения повреждений.

7. В разделе «Обработка, анализ и оценка результатов испытаний» должны быть указаны:

источники и порядок применения статистических данных, накопленных до начала испытаний;

объем обрабатываемой информации;

методы статистической обработки результатов испытаний, применяемые в методике;

способы обработки информации с указанием их места в процессе обработки;

требования к виду обработанной информации;

требования к точности обработки информации (доверительные вероятности, допускаемые относительные погрешности, риски поставщика и потребителя, браковочные и приемочные уровни контролируемых показателей);

порядок и последовательность проведения анализа результатов, полученных на выходе системы обработки, а также экспресс-анализа;

объем исходных данных с требованиями, заданными в программе испытаний;

критерии соответствия (несоответствия) изделий заданным требованиям к надежности;

критерии достаточности объема испытаний.

8. В разделе «Материально-техническое и метрологическое обеспечение испытаний» для обеспечения выполнения конкретного пункта программы испытаний указывают:

состав технических средств с указанием их наименований и шифров;

перечень средств измерений и регистрации с указанием наименований, шифров, число экземпляров по видам;

перечень необходимой конструкторской и другой технической документации;

состав имитирующих и моделирующих средств с указанием наименований, шифров и числа;

перечень и количество материалов, в том числе расходных, необходимых для проведения испытаний;

состав привлекаемых транспортных средств и другие виды материально-технического обеспечения, при необходимости;

порядок подготовки и использования материально-технических средств в процессе испытаний.

9. В разделе «Отчетность» приводят требования к объему сведений, подлежащих отражению в протоколе (п. 3.4.11) по каждому пункту программы испытаний.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Рекомендуемое

ПРАВИЛА РАЗРАБОТКИ И ОФОРМЛЕНИЯ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИК ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

1. Типовые программы и методики испытаний на надежность разрабатывают для групп однородной продукции с целью унификации и повышения научно-технического уровня разрабатываемых программ и методик испытаний на надежность, а также сокращения сроков создания и трудозатрат на их разработку. Типовые программы и методики испытаний должны содержать общие для группы однородной продукции требования к проведению испытаний на надежность и устанавливать общие требования к содержанию программ и методик испытаний на надежность.

2. Рабочие программы и методики испытаний на надежность разрабатывают для испытаний определенных видов продукции и отдельных изделий, а также для групп продукции, специфика проведения испытаний на надежность которых зависит только от общих свойств групп продукции. Для проведения испытаний на надежность применяют программу и методику, которую разрабатывают вне зависимости от наличия или отсутствия типовой программы и методики испытаний на надежность.

3. Программы и методики, регламентируемые настоящим стандартом, применяют для:

самостоятельно проводимых испытаний, являющихся частью испытаний другого вида (например предварительных, приемочных, периодических, типовых и т. п.);

контрольных испытаний;

испытаний, проводимых в контролируемых условиях (лабораторные, стендовые, полигонные испытания) или в неконтролируемых, но известных условиях (эксплуатационные испытания).

4. Программы и методики испытаний должны предусматривать применение прогрессивных, экономически обоснованных методов проведения испытаний с использованием результатов теоретических и экспериментальных работ по созданию опытного образца моделирования процессов испытаний для наиболее эффективной и достоверной оценки соответствия испытуемых образцов требованиям к надежности, заданным в техническом задании и технических условиях, результатов эксплуатации и методов ускоренных испытаний (в технически обоснованных случаях) при проведении испытаний, имеющих большую продолжительность (испытания на долговечность и сохраняемость).

5. В зависимости от специфики изделий, числа и объема проверок программа и методика испытаний на надежность могут являться составной частью программы и методики испытаний другого вида, быть оформлены в виде единого документа, состоящего из двух частей: «Типовая программа испытаний на надежность» и «Типовая методика (методики) испытаний на надежность», или как самостоятельные документы.

Допускается оформлять методику испытаний на надежность как приложение к программе испытаний.

6. При оформлении программы и методики испытаний в виде единого документа в методике испытаний допускается исключать вопросы, дублирующие аналогичные разделы (пункты) программы испытаний.

7. При проведении испытаний на надежность в несколько этапов программы испытаний должны быть оформлены в виде единого документа. Если одну часть испытаний проводит разработчик (изготовитель) в своей организации, а другую часть — в организации заказчика (потребителя), то допускается оформлять программы испытаний в организации заказчика как самостоятельные части единых программ.

Когда цели и задачи этапов испытаний на надежность существенно различаются и сроки их проведения не совпадают по времени, допускается составлять самостоятельные программы испытаний для каждого из этапов.

8. Программы испытаний изделий (систем) могут включать программы испытаний составных частей, испытуемых в составе изделий (систем).

9. Программы и методики испытаний на надежность выполняют машинописным или типографским способом и оформляют в соответствии с общими требованиями к текстовым конструкторским документам.

Номера листов (страниц) следует проставлять в верхней части листа (над текстом).

10. Программы и методики испытаний на надежность необходимо оформлять в виде отдельных брошюр или книг. При этом порядок их компоновки должен быть следующим:

обложка (переплет);

титульный лист (первый лист документа);

содержание;

основной текст документа;

приложения.

11. Обложку применяют в документах, имеющих объем до 50 листов. При объеме более 50 листов следует переплетать документы.

На обложке (переплете) должны быть указаны организация, выпустившая документ, его наименование и год выпуска.

12. Наименование типовой программы и методики испытаний должно состоять из заголовка, дающего общее определение группы однородной продукции, на которые распространяется документ, и подзаголовка с указанием вида испытаний. Например: «Автомобили легковые. Типовая программа и методика ресурсных испытаний», «Автобусы. Типовая программа испытаний на надежность», «Автомобили грузовые. Типовая методика испытаний на безотказность».

13. Наименование программы и методики испытаний должно состоять из заголовка, содержащего полное наименование изделия, его индекса и подзаголовка с указанием вида испытаний. Например: «Автобус ПАЗ-672. Рабочая программа ресурсных испытаний», «Автомобиль ВАЗ-2121. Рабочая методика испытаний на надежность».

14. Утверждающие и согласующие подписи помещают на титульном листе: подписи потребителя (заказчика) и его организаций — слева, а организаций (предприятий) разработчиков (изготовителей) — справа.

Расположение согласующих подписей должно соответствовать уровням утверждающих и подписывающих должностных лиц. Если не все согласующие подписи можно поместить на титульном листе, допускается их располагать на отдельном листе, следующем за титульным листом и являющемся его продолжением. При этом на втором листе в верхнем правом углу указывают: «Продолжение титульного листа».

_____
наименование документа

15. Подписи разработчиков программ и методик испытаний помещают на последнем листе основного текста документа. Визы должностных лиц, если они необходимы, помещают на поле подшивки этого листа.

16. Титульный лист второй и последующих частей (книг) оформляют в соответствии с требованиями п. 14. Ниже наименования документа помещают текст:

«Часть _____». Утверждающие и согласующие подписи не проставляют.
номер части

17. При разработке отдельных частей (книг) программ и методик испытаний на надежность соисполнителями по поручению разработчика документа соисполнители подписывают последний лист этой части (книги).

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Обязательное

ПЛАНЫ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Выбор плана контрольных испытаний определяется:

видом контролируемых показателей надежности, в том числе показателей типа Т (наработка, ресурс, срок службы, срок сохраняемости, срок хранения, время восстановления и т. п.); показателей типа Р (вероятность безотказной работы, безотказного хранения, восстановления за заданное время, гамма-процент для заданного значения показателей типа Т и т. п.); комплексных показателей;

составом исходных данных (знание предполагаемого закона распределения наработок до отказа или предельного состояния, риска потребителя, риска поставщика, нормы, браковочного и приемочного значений показателя надежности, предполагаемого коэффициента вариации наработок до отказа или предельного состояния и т. п.);

принятым методом контроля (одноступенчатый контроль, последовательный контроль для восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий, контроль при помощи доверительных границ).

Одноступенчатым методом целесообразно пользоваться при жестком ограничении времени, отводимого на испытания.

Последовательным методом целесообразно пользоваться при ограниченном числе изделий, выделяемых для испытаний. Этот метод наиболее эффективен при испытаниях восстанавливаемых изделий.

Метод доверительных интервалов рекомендуется применять при использовании данных эксплуатационных наблюдений, а также для уточнения достоверности принятого решения после одноступенчатого контроля.

1. Контроль показателей надежности типа средняя наработка до отказа, средний ресурс, средний срок службы, средняя наработка на отказ

Исходные данные:

норма показателя — $T_н$;

предполагаемый закон распределения наработок;
риск потребителя — β;
риск поставщика — α;
браковочное значение контролируемого показателя — T_β;
приемочное значение контролируемого показателя — T_α.

1.1. Экспоненциальное распределение

1.1.1. *Одноступенчатый контроль*

1.1.1.1. Параметры плана испытаний определяют по табл. 4.

Таблица 4

Планы контроля средних показателей надежности по одноступенчатому методу для экспоненциального распределения

α = β						$r_{пр}$
0,05		0,10		0,20		
$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	
58,820	0,052	21,740	0,105	7,246	0,223	1
13,330	0,356	7,299	0,532	3,636	0,824	2
7,692	0,817	4,831	1,102	2,785	1,535	3
5,682	1,366	3,831	1,745	2,404	2,297	4
4,651	1,970	3,289	2,432	2,174	3,089	5
4,032	2,613	2,941	3,152	2,024	3,903	6
3,646	3,285	2,703	3,895	1,919	4,733	7
3,350	3,981	2,525	4,656	1,835	5,576	8
3,077	4,695	2,392	5,432	1,770	6,428	9
2,898	5,425	2,283	6,221	1,718	7,289	10
2,747	6,169	2,193	7,020	1,675	8,157	11
2,631	6,924	2,118	7,829	1,636	9,031	12
2,531	7,689	2,057	8,646	1,605	9,910	13
2,445	8,464	2,004	9,469	1,577	10,790	14
2,369	9,246	1,953	10,300	1,553	11,680	15
2,096	13,200	1,792	14,520	1,460	16,170	20
1,942	17,300	1,672	18,840	1,398	20,720	25
1,835	21,500	1,602	23,230	1,362	25,320	30

Испытания прекращают как только будет достигнуто одно из значений: $r_{пр}$ или t_{max}/T_α.

При испытаниях без восстановления или без замены изделий новыми объем выборки должен быть не меньше предельного числа отказов (предельных состояний).

При испытаниях с восстановлением или заменой объем выборки не регламентируют. Допускается уменьшать (увеличивать) продолжительность испытаний при пропорциональном увеличении (уменьшении) числа испытуемых образцов при условии обеспечения требуемой суммарной наработки t_{max}.

Если продолжительность испытаний $t_и$ задана, все образцы испытывают одновременно, а отказавшие заменяют (или полностью восстанавливают), то необходимое число образцов можно подсчитать по формуле $N = t_{max}/t_и$.

1.1.1.2. Если отказавшие изделия не заменяют и не восстанавливают, число образцов до достижения той же суммарной наработки при той же общей продолжительности испытаний вычисляют по формуле

$$N = \frac{t_{max}}{t_и} + \frac{t_{max}}{T_\alpha} = \frac{t_{max}}{T_\alpha}\left(\frac{T_\alpha}{t_и} + 1\right).$$

1.1.1.3. В ходе испытаний определяют суммарную наработку t_Σ.

При испытаниях без восстановления или без замены

$$t_\Sigma = (N - r)\, t_и + \sum_{j=1}^{r} t_j ,$$

где t_j — наработка j-го из r отказавших изделий, отсчитанная от начала испытаний.

При испытаниях с восстановлением или заменой

$$t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N} t_i ,$$

где t_i — суммарная наработка i-го изделия за время испытаний.

1.1.1.4. Если первым достигается предельное число отказов $r_{пр}$ при $t_{\Sigma} < t_{max}$, принимают решение о несоответствии требованиям к показателю надежности.

Если первым достигается $t_{\Sigma} = t_{max}$ при $r < r_{пр}$, принимают решение о соответствии требованиям к показателю надежности.

1.1.2. *Последовательный контроль*

1.1.2.1. Параметры плана испытаний определяют по табл. 5. По ним в прямоугольной системе координат (черт. 1) строят наклонные линии:

Таблица 5

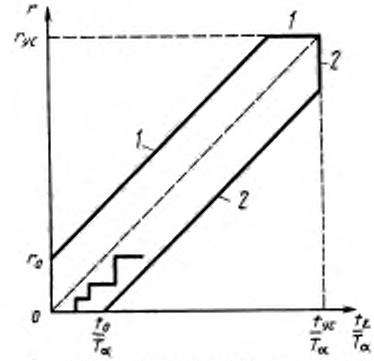
Планы контроля средних показателей надежности по последовательному методу для экспоненциального распределения

T_{α}/T_{β}	a	r_0	r_{y_*}	t_0/T_{α}	t'_{Σ}/T_{α}
		$\alpha = \beta = 0{,}05$			
58,80	14,20	0,72	1	0,049	0,049
13,30	4,76	1,14	2	0,239	0,272
7,69	3,28	1,44	3	0,440	0,570
5,68	2,69	1,70	4	0,629	0,900
5,00	2,49	1,83	5	0,736	1,110
4,65	2,38	1,92	5	0,806	1,250
4,03	2,17	2,11	6	0,971	1,620
4,00	2,16	2,12	6	0,981	1,640
3,64	2,04	2,28	7	1,120	1,970
3,50	2,00	2,35	8	1,180	2,120
3,30	1,93	2,47	8	1,280	2,400
3,08	1,85	2,62	9	1,420	2,780
3,00	1,82	2,68	9	1,470	2,940
2,90	1,78	2,77	10	1,550	3,180
2,75	1,73	2,91	11	1,690	3,600
2,63	1,69	3,04	12	1,810	3,990
2,53	1,65	3,14	13	1,920	4,400
2,50	1,64	3,21	14	1,960	4,540
2,45	1,62	3,29	14	2,040	4,810
2,37	1,59	3,41	15	2,150	5,230
2,10	1,48	3,98	20	2,690	7,440
2,00	1,44	4,25	25	2,940	8,640
1,94	1,42	4,44	25	3,130	9,640
1,84	1,38	4,85	30	3,530	11,600
1,50	1,23	7,26	40	5,890	28,000
		$\alpha = \beta = 0{,}10$			
21,70	6,74	0,713	1	0,106	0,099
7,30	3,17	1,110	2	0,349	0,408
5,00	2,49	1,370	3	0,549	0,735
4,83	2,43	1,400	3	0,574	0,780
4,00	2,16	1,590	4	0,732	1,090
3,83	2,11	1,640	4	0,776	1,180
3,50	2,00	1,750	5	0,879	1,410
3,29	1,92	1,850	5	0,960	1,600
3,00	1,82	2,000	6	1,100	1,960
2,94	1,80	2,040	6	1,130	2,040
2,70	1,71	2,210	7	1,290	2,480
2,53	1,65	2,380	8	1,440	2,940
2,50	1,64	2,400	9	1,460	3,010
2,39	1,60	2,520	9	1,580	3,380

Продолжение табл. 5

T_α/T_β	a	r_0	$r_{\text{пр}}$	t_0/T_α	t_Σ/T_α
2,28	1,55	2,660	10	1,710	3,840
2,19	1,52	2,810	11	1,840	4,310
2,12	1,49	2,930	12	1,970	4,780
2,06	1,47	3,050	13	2,080	5,240
2,00	1,44	3,160	15	2,190	5,690
1,96	1,42	3,280	15	2,310	6,200
1,79	1,36	3,770	20	2,770	8,420
1,67	1,31	4,270	25	3,270	11,100
1,60	1,28	4,660	30	3,650	13,400
1,50	1,23	5,420	40	4,390	18,600
		$\alpha = \beta = 0{,}20$			
7,25	3,15	0,700	1	0,222	0,195
5,00	2,49	0,712	1	0,347	0,348
4,00	2,16	1,000	2	0,462	0,515
3,64	2,04	1,070	2	0,526	0,613
3,50	2,00	1,110	2	0,555	0,667
3,00	1,82	1,260	2	0,693	0,923
2,79	1,74	1,350	3	0,777	1,090
2,50	1,64	1,510	4	0,924	1,420
2,40	1,60	1,580	4	0,987	1,580
2,17	1,51	1,790	5	1,180	2,090
2,02	1,45	1,970	6	1,350	2,610
2,00	1,44	2,000	7	1,390	2,710
1,92	1,43	2,130	7	1,510	3,110
1,84	1,38	2,280	8	1,660	3,650
1,77	1,35	2,430	9	1,800	4,180
1,72	1,33	2,560	10	1,930	4,700
1,68	1,31	2,690	11	2,050	5,230
1,64	1,29	2,815	12	3,180	5,790
1,61	1,28	2,930	13	2,290	6,310
1,58	1,27	3,040	14	2,400	6,850
1,55	1,26	3,150	15	2,510	7,860
1,50	1,23	3,42	18	2,77	8,80
1,46	1,22	3,66	20	3,01	10,20
1,40	1,19	4,13	25	3,48	13,20
1,36	1,17	4,48	30	3,83	15,70

График последовательных испытаний



1 — линия несоответствия; *2* — линия соответствия

Черт. 1

$r = at_{\Sigma}/T_{\alpha} + r_0$ — несоответствия,

$r = a\,(t_{\Sigma}/T_{\alpha} - t_0/T_{\alpha})$, — соответствия.

Усечение испытаний по числу отказов следует производить при r_{yc}, по суммарной наработке — при t_{yc}/T_{α}.

При испытаниях без восстановления или без замены минимальный объем выборки $N = r_{yc}$.

При необходимости завершить испытания в течение заданной продолжительности t_u объем выборки N определяют по табл. 6 в зависимости от требуемого отношения t_u/T_{β} для каждого из планов табл. 5.

Для проведения испытаний могут быть выбраны числа испытуемых изделий N, для которых приведенные в табл. 6 отношения t_u/T_{β} не больше требуемого.

Таблица 6

Значения относительной продолжительности последовательных испытаний t_u/T_{β} (для экспоненциального распределения) или $(t_u/a_{\beta})^{\delta}$ (для распределения Вейбулла)

T_{α}/T_{β}	Число испытуемых изделий N										
	5	10	15	20	30	40	50	75	100	150	200
					$\alpha = \beta = 0{,}05$						
58,80	0,575	0,287	0.189	0,144	0,091	0,072	0,052	0,033	0,026	0,013	0,013
13,30	1,250	0.590	0.384	0,276	0,179	0,140	0,109	0.072	0,055	0,037	0,027
7,69	1.630	0,687	0.446	0,300	0,208	0,150	0,116	0,077	0,057	0,038	0,028
5,68	2,397	0,903	0.577	0,420	0,272	0,201	0,160	0,105	0,079	0,052	0,039
5,00		1,185	0,736	0,533	0,342	0,251	0,200	0,132	0,098	0,063	0,047
4,65		1,200	0.719	0,525	0,338	0,250	0,198	0,130	0,097	0,065	0,045
4,03		1,447	0,870	0,610	0,384	0,292	0,219	0,140	0,105	0,069	0,055
4,00		1,460	0,832	0,616	0,394	0,289	0,228	0,150	0,102	0,072	0,050
3,64		1,798	0.997	0,684	0,431	0,320	0,248	0,162	0,118	0,078	0,059
3,50		2,205	1.144	0,788	0,490	0,352	0,273	0,180	0,133	0,087	0,065
3,30		2,181	1.152	0,795	0,488	0,354	0,275	0,178	0,132	0,087	0,065
3,08			1,352	0,909	0,552	0,390	0,310	0,201	0,149	0,097	0,073
3,00			1,341	0,900	0,545	0,395	0,309	0,200	0,148	0,097	0,072
2,90			1,583	1,038	0,618	0,440	0,343	0,224	0,164	0,109	0,077
2,75			1,818	1,116	0,669	0,490	0,380	0,232	0,179	0,116	0,087
2,63			2,078	1,281	0,740	0,535	0,412	0,257	0,185	0,127	0,092
2,53			2,484	1,437	0,812	0,557	0,434	0,275	0,205	0,130	0,097
2,50			2,997	1,595	0,875	0,609	0,464	0,294	0,215	0,139	0,104
2,45				1,612	0,880	0,614	0,474	0,300	0,214	0,139	0,103
2,37				1,811	0,957	0,648	0,500	0,314	0,229	0,149	0,111
2,10					1,420	0,922	0,688	0,421	0,304	0,194	0,142
2,00					2,136	1,226	0,900	0,530	0,370	0,236	0,176
1,94					2,153	1,242	0,898	0,528	0,374	0,240	0,175
1,84						1,671	1,146	0,644	0,459	0,285	0,208
1,50								0,897	0,606	0,372	0,269
					$\alpha = \beta = 0{,}1$						
21,70	0,458	0,229	0,152	0,113	0,075	0,055	0,046	0,029	0,022	0,014	0,010
7,30	1,032	0,486	0,317	0,236	0,156	0,114	0,092	0,058	0,045	0,030	0,023
5,00	1,253	0,538	0,353	0,261	0,163	0,121	0,097	0,064	0,048	0,032	0,023
4,83	1,227	0,539	0,370	0,291	0,164	0,132	0,101	0,068	0,048	0,032	0,024
4,00	2,019	0,769	0,490	0,353	0,231	0,171	0,136	0,090	0,067	0,044	0,033
3,83	2,068	0,774	0,488	0,352	0,231	0,170	0,135	0,089	0,067	0,044	0,033
3,50	3,262	1,015	0,619	0,459	0,292	0,217	0,171	0,108	0,083	0,056	0,042
3,29		1,036	0,632	0,452	0,291	0,216	0,170	0,113	0,084	0,054	0,039
3,00		1,287	0,740	0,522	0,329	0,236	0,187	0,125	0,091	0,061	0,044
2,94		1,288	0,742	0,522	0,333	0,250	0,186	0,124	0,092	0,062	0,044
2,70		1,563	0.886	0,613	0,373	0,268	0,212	0,140	0,104	0,069	0,049
2,53		1,978	0.999	0,692	0,420	0,311	0,241	0,157	0,117	0,077	0,057
2,50		2,402	1,172	0,777	0,479	0,348	0,269	0,174	0,132	0,087	0,061
2,39		2,564	1,164	0,800	0,481	0,347	0,272	0,178	0,131	0,086	0,063

Продолжение табл. 6

T_α/T_β	Число испытуемых изделий N										
	5	10	15	20	30	40	50	75	100	150	200
2,28			1,391	0,910	0,549	0,378	0,308	0,196	0,142	0,092	0,072
2,19			1,614	1,029	0,597	0,432	0,340	0,212	0,149	0,102	0,075
2,12			1,891	1,153	0,680	0,480	0,362	0,227	0,168	0,109	0,081
2,06			2,245	1,314	0,729	0,507	0,389	0,249	0,178	0,117	0,087
2,00			3,354	1,622	0,853	0,584	0,455	0,284	0,203	0,134	0,100
1,96			3,632	1,674	0,875	0,603	0,457	0,288	0,210	0,137	0,100
1,79				3,639	1,301	0,826	0,624	0,376	0,279	0,175	0,129
1,67					1,967	1,146	0,820	0,483	0,346	0,222	0,159
1,60					3,645	1,554	1,053	0,596	0,421	0,266	0,192
1,50						3,808	1,764	0,876	0,584	0,357	0,260
$\alpha = \beta = 0{,}2$											
7,25	0,321	0,160	0,107	0,080	0,053	0,039	0,031	0,021	0,015	0,010	0,007
5,00	0,347	0,173	0,116	0,087	0,058	0,043	0,034	0,023	0,017	0,011	0,008
4,00	0,823	0,392	0,242	0,173	0,125	0,088	0,074	0,044	0,033	0,024	0,014
3,64	0,811	0,375	0,245	0,182	0,121	0,090	0,070	0,048	0,036	0,023	0,017
3,50	0,792	0,367	0,242	0,179	0,119	0,088	0,070	0,047	0,035	0,023	0,016
3,00	0,735	0,347	0,228	0,168	0,111	0,083	0,066	0,044	0,033	0,022	0,016
2,79	1,049	0,425	0,273	0,202	0,139	0,096	0,077	0,051	0,039	0,025	0,019
2,50	1,575	0,620	0,393	0,288	0,186	0,138	0,110	0,072	0,054	0,036	0,027
2,40	1,594	0,616	0,393	0,290	0,187	0,138	0,110	0,073	0,054	0,036	0,027
2,17	2,704	0,834	0,513	0,373	0,238	0,172	0,142	0,090	0,070	0,045	0,033
2,02		1,042	0,611	0,429	0,264	0,198	0,153	0,104	0,076	0,049	0,037
2,00		1,216	0,720	0,482	0,313	0,227	0,177	0,115	0,085	0,056	0,042
1,92		1,290	0,734	0,513	0,310	0,233	0,184	0,114	0,086	0,057	0,042
1,84		1,639	0,872	0,593	0,363	0,263	0,208	0,135	0,100	0,066	0,049
1,77		2,168	1,027	0,689	0,418	0,302	0,237	0,151	0,114	0,075	0,055
1,72		2,866	1,197	0,797	0,474	0,346	0,262	0,169	0,126	0,084	0,062
1,68			1,374	0,895	0,532	0,382	0,282	0,186	0,132	0,089	0,066
1,64			1,653	1,004	0,577	0,404	0,316	0,197	0,148	0,096	0,070
1,61			2,000	1,108	0,626	0,443	0,340	0,217	0,159	0,104	0,077
1,58			2,367	1,275	0,705	0,477	0,370	0,232	0,172	0,112	0,083
1,55			3,007	1,469	0,753	0,530	0,402	0,251	0,184	0,121	0,089
1,50				2,172	0,995	0,636	0,501	0,306	0,219	0,140	0,103
1,46				3,200	1,183	0,751	0,569	0,340	0,244	0,158	0,117
1,40					1,813	1,063	0,741	0,444	0,311	0,203	0,145
1,36					3,290	1,427	0,960	0,544	0,385	0,245	0,178

1.1.2.2. При наличии отказов графиком последовательных испытаний является ступенчатая линия, сумма отрезков которой, параллельных оси t_Σ/T_α, равна отношению суммарной наработки образцов в момент времени t к значению T_α, а сумма отрезков, параллельных оси r, равна числу отказов к моменту t.

При отсутствии отказов графиком последовательных испытаний является прямая линия с началом в точке 0, совпадающая с осью t_Σ/T_α. При этом $t_\Sigma = Nt$.

1.1.2.3. При испытаниях с восстановлением или заменой суммарную наработку образцов t_Σ в момент t вычисляют по формуле

$$t_\Sigma = Nt - \sum_{j=1}^{r} t_{nj} ,$$

где t_{nj} — длительность восстановления работоспособного состояния после j-го из r отказов или длительность замены j-го из r отказавших образцов новым.

При испытаниях без восстановления или без замены суммарную наработку образцов в момент t вычисляют по формуле

$$t_{\Sigma} = (N - r)\, t + \sum_{j=1}^{r} t_j ,$$

где t_j — наработка до отказа j-го из r отказавших образцов.

1.1.2.4. Решение о соответствии требованиям к показателю надежности принимают при пересечении графиком последовательных испытаний одной из линий соответствия. Решение о несоответствии — при пересечении одной из линий несоответствия.

1.1.2.5. Для обеспечения равенства истинных рисков с запланированными рекомендуется применять планы контроля, приведенные в табл. 7 — 30.

Таблица 7

$\alpha = \beta = 0{,}05$; $T_0/T_\beta = 1{,}5$; $t'_{\Sigma 0}/T_\alpha = 29{,}78$; $t'_{\Sigma \beta}/T_\alpha = 27{,}77$

r	$t_{\Sigma 0}/T_\alpha$	$t_{\Sigma \beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma 0}/T_\alpha$	$t_{\Sigma \beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma 0}/T_\alpha$	$t_{\Sigma \beta}/T_\alpha$
0	3,489	—	47	45,010	30,711	94	81,146	70,117
1	4,904	0,004	48	45,802	31,516	95	81,896	70,984
2	6,128	0,089	49	46,589	32,320	96	82,656	71,844
3	7,260	0,304	50	47,375	33,134	97	83,406	72,703
4	8,333	0,119	51	48,161	33,945	98	84,156	73,578
5	9,370	1,006	52	48,948	34,758	99	84,906	74,438
6	10,372	1,446	53	49,729	35,578	100	85,661	75,297
7	11,352	1,930	54	50,510	36,391	101	86,417	76,417
8	12,313	2,447	55	51,292	37,211	102	87,167	77,031
9	13,255	2,992	56	52,073	38,031	103	87,917	77,906
10	14,188	3,563	57	52,854	38,852	104	88,661	78,781
11	15,107	4,152	58	53,625	39,680	105	89,417	79,641
12	16,016	4,762	59	54,406	40,500	106	90,167	80,516
13	16,914	5,383	60	55,182	41,328	107	90,906	81,391
14	17,807	6,023	61	55,958	42,156	108	91,656	82,250
15	18,688	6,672	62	56,720	42,984	109	92,406	83,125
16	19,565	7,332	63	57,505	43,813	110	93,156	83,992
17	20,438	8,004	64	58,281	44,648	111	93,906	84,875
18	21,302	8,688	65	59,052	45,484	112	94,646	85,750
19	22,161	9,375	66	59,823	46,320	113	95,396	86,625
20	23,016	10,074	67	60,394	47,156	114	96,146	87,500
21	23,865	10,781	68	61,359	47,992	115	96,885	88,375
22	24,714	11,492	69	62,125	48,828	116	97,635	89,250
23	25,557	12,211	70	62,896	49,672	117	98,375	90,125
24	26,396	12,938	71	63,667	50,516	118	99,125	90,992
25	27,229	13,664	72	64,427	51,352	119	99,865	91,875
26	28,063	14,402	73	65,198	52,195	120	100,616	92,742
27	28,981	15,141	74	65,958	53,039	121	101,360	93,620
28	29,719	15,891	75	66,729	53,891	122	102,103	94,499
29	30,542	16,641	76	67,490	54,734	123	102,847	95,378
30	31,365	17,391	77	68,250	55,578	124	103,589	96,257
31	32,177	18,148	78	69,021	56,422	125	104,332	97,138
32	32,995	18,914	79	69,781	57,281	126	105,074	98,018
33	33,813	19,680	80	70,542	58,125	127	105,816	98,900
34	34,625	20,445	81	71,302	58,977	128	106,558	99,781
35	35,432	21,219	82	72,063	59,828	129	107,300	100,663
36	36,240	21,992	83	72,823	60,688	130	108,041	101,546
37	37,042	22,773	84	73,533	61,531	131	108,782	102,429
38	37,849	23,555	85	74,344	62,391	132	109,522	103,312
39	38,651	24,344	86	75,344	63,250	133	110,263	104,196
40	39,453	25,125	87	75,854	64,102	134	111,003	105,080
41	40,250	25,922	88	76,615	64,953	135	111,742	105,965
42	41,047	26,711	89	77,370	65,813	136	112,482	106,850
43	41,844	27,508	90	78,125	66,672	137	113,221	107,736
44	42,635	28,305	91	78,885	67,531	138	113,960	108,622
45	43,432	29,102	92	79,635	68,391	139	114,699	109,508
46	44,219	29,906	93	80,396	69,250	140	115,437	110,395

Продолжение табл. 7

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
141	116,175	111,282	151	123,544	120,176	160	130,156	128,211
142	116,913	112,170	152	124,280	121,067	161	130,890	129,106
143	117,651	113,058	153	125,015	121,059	162	131,623	130,000
144	118,389	113,947	154	125,750	122,851	163	132,357	130,896
145	119,126	114,835	155	126,485	123,744	164	133,090	131,791
146	119,863	115,724	156	127,220	124,630	165	133,822	132,687
147	120,599	116,614	157	127,954	125,530	166	134,555	133,583
148	121,336	117,502	158	128,688	126,423	167	135,287	134,479
149	122,072	118,394	159	129,422	127,317	168	—	135,287
150	122,808	119,285						

Таблица 8

$\alpha = \beta = 0{,}05$; $T_\alpha/T_\beta = 2$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 8{,}94$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 7{,}58$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	2,412	0,000	18	15,533	9,014	36	26,613	22,539
1	3,445	0,005	19	16,170	9,719	37	27,211	23,328
2	4,341	0,108	20	16,803	10,430	38	27,809	24,117
3	5,171	0,348	21	17,434	11,148	39	28,402	24,914
4	5,960	0,688	22	18,061	11,875	40	28,998	25,711
5	6,721	1,099	23	18,684	12,605	41	29,592	26,508
6	7,459	1,563	24	19,307	13,344	42	30,184	27,313
7	8,182	2,067	25	19,926	14,086	43	30,777	28,117
8	8,889	2,605	26	20,543	14,832	44	31,367	28,922
9	9,586	3,172	27	21,158	15,586	45	31,955	29,734
10	10,273	3,760	28	21,770	16,344	46	32,543	30,547
11	10,951	4,367	29	22,383	17,105	47	33,133	31,359
12	11,623	4,994	30	22,992	17,871	48	33,719	32,172
13	12,287	5,635	31	23,598	18,641	49	34,305	32,992
14	12,945	6,289	32	24,203	19,414	50	34,887	33,809
15	13,600	6,953	33	24,809	20,188	51	35,473	34,633
16	14,248	7,631	34	25,410	20,969	52	36,055	35,453
17	14,893	8,316	35	26,012	21,750	53	—	36,055

Таблица 9

$\alpha = \beta = 0{,}05$; $T_\alpha/T_\beta = 2; 5$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 4{,}668$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 3{,}67$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	1,833	—	10	8,041	3,894	20	13,220	10,668
1	2,645	0,007	11	8,578	4,514	21	13,720	11,395
2	3,351	0,122	12	9,111	5,150	22	14,219	12,129
3	4,005	0,378	13	9,638	5,803	23	14,714	12,869
4	4,628	0,735	14	10,159	6,467	24	15,208	13,613
5	5,230	1,163	15	10,678	7,145	25	15,700	14,367
6	5,814	1,642	16	11,192	7,832	26	16,191	15,121
7	6,384	2,162	17	11,703	8,526	27	16,678	15,883
8	6,945	2,714	18	12,213	9,232	28	17,166	16,648
9	7,497	3,293	19	12,717	9,945	29	—	17,166

Таблица 10

$\alpha = \beta = 0{,}05$; $\frac{T_\alpha}{T_\beta} = 3{,}0$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 3{,}03$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 2{,}23$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	1,471	0,000	7	5,226	2,234	14	8,350	6,604
1	2,139	0,008	8	5,689	2,797	15	8,779	7,287
2	2,721	0,133	9	6,146	3,385	16	9,205	7,982
3	3,260	0,403	10	6,596	3,996	17	9,629	8,686
4	3,775	0,772	11	7,040	4,625	18	10,049	9,398
5	4,271	1,212	12	7,480	5,271	19	—	10,049
6	4,754	1,703	13	7,917	5,930			

Таблица 11

$\alpha = \beta = 0{,}05$; $T_\alpha/T_\beta = 4$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 1{,}70$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 1{,}13$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	1,066	—	4	2,747	0,831	8	4,166	2,922
1	1,538	0,010	5	3,114	1,289	9	4,504	3,524
2	1,968	0,151	6	3,472	1,797	10	4,639	4,149
3	2,366	0,441	7	3,822	2,344	11	5,169	4,792
						12	—	5,169

Таблица 12

$\alpha = \beta = 0{,}05$; $T_\alpha/T_\beta = 5$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 1{,}15$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}65$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,806	0,000	3	1,850	0,471	6	2,727	1,868
1	1,195	0,012	4	2,152	0,875	7	3,005	2,428
2	1,534	0,166	5	2,443	1,347	8	—	3,005

Таблица 13

$\alpha = \beta = 0{,}5$; $T_\alpha/T_\beta = 7$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}68$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}38$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,547	—	3	1,282	0,517	6	—	1,700
1	0,820	0,016	4	1,494	0,943			
2	1,059	0,189	5	1,700	1,436			

Таблица 14

$\alpha = \beta = 0{,}05$; $T_\alpha/T_\beta = 10$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}42$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}21$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,336	—	2	0,718	0,216	4	—	0,872
1	0,553	0,020	3	0,872	0,570			

Таблица 15

$\alpha = 0{,}05$; $\beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 1{,}5$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 22{,}36$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 25{,}10$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	2,892	—	27	27,370	15,219	54	48,526	36,516
1	4,220	0,004	28	28,177	15,969	55	49,294	37,336
2	5,376	0,092	29	28,979	16,719	56	50,057	38,156
3	6,452	0,312	30	29,781	17,477	57	50,823	38,984
4	7,475	0,630	31	30,581	18,234	58	51,589	39,805
5	8,464	1,021	32	31,378	18,996	59	52,349	40,633
6	9,426	1,466	33	32,172	19,766	60	53,112	41,461
7	10,366	1,953	34	32,966	20,539	61	53,875	42,289
8	11,289	2,475	35	33,758	21,313	62	54,635	43,125
9	12,199	3,023	36	34,547	22,086	63	55,393	43,953
10	13,096	3,596	37	35,336	22,867	64	56,151	44,781
11	13,984	4,189	38	36,120	23,656	65	56,911	45,625
12	14,862	4,801	39	36,906	24,438	66	57,669	46,453
13	15,732	5,426	40	37,690	25,227	67	58,427	47,297
14	16,594	6,056	41	38,471	26,023	68	59,182	48,133
15	17,449	6,719	42	39,253	26,813	69	59,938	48,969
16	18,299	7,383	43	40,031	27,609	70	60,693	49,813
17	19,143	8,059	44	40,810	28,406	71	61,448	50,656
18	19,984	8,742	45	41,586	29,211	72	62,203	51,500
19	20,819	9,434	46	42,362	30,016	73	62,953	52,344
20	21,651	10,137	47	43,135	30,820	74	63,708	53,188
21	22,477	10,844	48	32,909	31,625	75	64,458	54,031
22	23,299	11,559	49	44,682	32,438	76	65,211	54,883
23	24,120	12,277	50	45,453	33,250	77	65,964	55,734
24	24,938	13,008	51	46,224	34,063	78	66,714	56,578
25	25,753	13,738	52	46,992	34,875	79	67,464	57,430
26	26,563	14,477	53	47,760	35,695	80	68,211	58,281

Таблица 16

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 1{,}5$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 19{,}73$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 18{,}44$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	2,85	0,04	18	19,9	10,33	60	51,79	42,83
1	4,16	0,12	19	20,72	11,07	65	56,17	46,74
2	5,32	0,43	20	21,57	11,80	70	59,42	51,30
3	6,39	0,60	21	22,28	12,57	75	63,91	55,15
4	7,41	1,28	22	23,21	13,31	80	67,44	60,10
5	8,40	1,78	23	24,00	14,08	85	70,93	64,43
6	9,35	2,33	24	24,84	14,84	90	74,66	68,81
7	10,29	1,94	25	25,60	15,58	95	78,37	73,21
8	11,22	3,51	26	26,47	16,39	100	82,07	77,62
9	12,25	4,13	27	27,26	17,16	105	85,77	82,05
10	13,01	4,45	28	28,06	17,95	110	89,45	86,49
11	13,90	5,42	29	28,88	18,82	115	93,13	90,95
12	14,78	6,09	30	29,68	19,52	120	96,80	95,41
13	15,64	6,78	35	32,81	22,00	125	100,46	99,89
14	16,50	7,48	40	36,72	26,11	126	101,20	100,89
15	17,35	8,18	45	40,61	30,22	127	101,92	101,68
16	18,11	8,89	50	44,47	34,39	128	102,66	102,38
17	18,97	9,61	55	48,13	38,59	129	—	102,66

Таблица 17

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 2$: $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 5{,}91$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 5{,}00$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	1,907	—	14	11,884	7,140	28	20,413	17,766
1	2,860	0,015	15	12,513	7,854	29	21,006	18,563
2	3,695	0,183	16	13,137	8,577	30	21,598	19,363
3	4,473	0,507	17	13,758	9,309	31	22,188	20,166
4	5,217	0,929	18	14,376	10,049	32	22,775	20,973
5	5,936	1,417	19	14,990	10,796	33	23,363	21,781
6	6,636	1,953	20	15,602	11,549	34	23,949	22,594
7	7,322	2,525	21	16,211	12,309	35	24,533	23,408
8	7,997	3,128	22	16,817	13,074	36	25,117	24,227
9	8,663	3,755	23	17,422	13,846	37	25,699	25,045
10	9,319	4,401	24	18,023	14,621	38	—	25,699
11	9,969	5,065	25	18,624	15,400			
12	10,612	5,744	26	19,223	16,186			
13	11,251	6,436	27	19,818	16,975			

Таблица 18

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 2{,}5$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 3{,}09$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 2{,}42$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	1,426	—	7	5,681	2,658	14	9,285	7,378
1	2,170	0,019	8	6,213	3,278	15	9,783	8,104
2	2,825	0,209	9	6,738	3,921	16	10,277	8,841
3	3,436	0,557	10	7,257	4,583	17	10,769	9,585
4	4,021	1,002	11	7,771	5,262	18	11,259	10,336
5	4,587	1,511	12	8,280	5,955	19	11,745	11,095
6	5,139	2,067	13	8,784	6,661	20	—	11,745

Таблица 19

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 3$: $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 2{,}00$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 1{,}47$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	1,131	—	4	3,262	1,061	8	5,070	3,396
1	1,741	0,023	5	3,728	1,566	9	5,503	4,051
2	2,278	0,231	6	4,184	2,157	10	5,932	4,726
3	2,781	0,598	7	4,630	2,763	11	6,356	5,416
						12	6,766	6,120
						13	—	6,766

Таблица 20

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 4$: $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 1{,}12$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}74$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,791	—	3	2,001	0,664	6	3,036	2,299
1	1,237	0,030	4	3,356	1,154	7	3,366	2,926
2	1,631	0,267	5	2,700	1,705	8	—	3,366

Таблица 21

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 5$: $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}76$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}47$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,602	—	2	1,263	0,297	4	1,836	1,228
1	0,952	0,037	3	1,555	0,717	5	2,108	1,797
						6	—	2,108

Таблица 22

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 7$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}45$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}25$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,402	—	1	0,646	0,049	2	0,864	0,347

Таблица 23

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $T_\alpha/T_\beta = 10$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}27$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}14$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,263	—	1	0,430	0,065	2	0,579	0,406

Таблица 24

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $T_\alpha/T_\beta = 1{,}5$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 9{,}33$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 8{,}69$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	2,045	—	26	24,195	17,420	52	43,870	39,510
1	3,220	0,033	27	24,969	18,239	53	44,613	40,381
2	4,262	0,279	28	25,742	19,063	54	45,355	41,255
3	5,240	0,685	29	26,512	19,890	55	46,098	42,129
4	6,179	1,184	30	27,280	20,719	56	46,839	43,006
5	7,090	1,742	31	28,047	21,551	57	47,579	43,883
6	7,981	2,343	32	28,813	22,387	58	48,319	44,760
7	8,855	2,977	33	29,576	23,224	59	49,059	45,639
8	9,717	3,637	34	30,339	24,063	60	49,798	46,520
9	10,568	4,317	35	31,099	24,906	61	50,535	47,400
10	11,410	5,015	36	31,859	25,751	62	51,273	48,283
11	12,243	5,728	37	32,617	26,598	63	52,010	49,166
12	13,070	6,454	38	33,374	27,446	64	52,747	50,049
13	13,890	7,190	39	34,130	28,297	65	53,483	50,483
14	14,705	7,938	40	34,885	29,150	66	54,219	51,820
15	15,515	8,694	41	35,639	30,004	67	54,953	52,707
16	16,321	9,458	42	36,392	30,861	68	55,688	53,594
17	17,122	10,229	43	37,143	31,719	69	56,422	54,482
18	17,920	11,008	44	37,895	32,578	70	57,155	55,371
19	18,714	11,792	45	38,645	33,439	71	57,888	56,262
20	19,505	12,582	46	39,393	34,303	72	58,620	57,152
21	20,293	13,377	47	40,141	35,167	73	59,353	58,043
22	21,079	14,177	48	40,888	36,033	74	60,085	58,936
23	21,861	14,981	49	41,635	36,900	75	60,815	59,828
24	22,642	15,790	50	42,380	37,768	76	61,546	60,723
25	23,420	16,604	51	43,125	38,639	77	—	61,546

Таблица 25

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $T_\alpha/T_\beta = 2$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 2{,}79$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 2{,}33$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	1,313	—	8	6,842	3,983	16	11,670	10,040
1	2,145	0,051	9	7,462	4,698	17	12,258	10,836
2	2,892	0,356	10	8,076	5,428	18	12,844	11,638
3	3,595	0,819	11	8,685	6,172	19	13,427	12,446
4	4,273	1,367	12	9,290	6,927	20	14,008	13,259
5	4,933	1,972	13	9,890	7,693	21	—	14,008
6	5,579	2,615	14	10,486	8,467			
7	6,215	3,287	15	11,080	9,250			

Таблица 26

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $T_\alpha/T_\beta = 2{,}5$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 1{,}46$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 1{,}12$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,949	—	4	3,245	1,508	8	5,258	4,998
1	1,590	0,069	5	3,761	2,145	9	5,745	4,978
2	2,169	0,419	6	4,267	2,818	10	6,227	5,731
3	2,716	0,923	7	4,765	3,518	11	—	6,227

Таблица 27

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $T_\alpha/T_\beta = 3{,}0$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}95$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}68$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,733	—	3	2,171	1,013	6	3,442	2,988
1	1,253	0,086	4	2,604	1,628	7	—	3,442
2	1,724	0,475	5	3,026	2,291			

Таблица 28

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $T_\alpha/T_\beta = 4{,}0$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}35$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}22$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,493	—	2	1,209	0,577	4	—	1,534
1	0,867	0,121	3	1,534	1,171			

Таблица 29

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $T_\alpha/T_\beta = 5{,}0$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}35$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}22$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,363	—	1	0,655	0,161	2	—	0,656

Таблица 30

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $T_\alpha/T_\beta = 7{,}0$; $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 0{,}21$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 0{,}12$

r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$	r	$t_{\Sigma\alpha}/T_\alpha$	$t_{\Sigma\beta}/T_\alpha$
0	0,233	—	1	0,432	0,221	2	—	0,432

В процессе испытаний суммарную наработку в момент очередного отказа сравнивают с табличным нормативом. Решение о соответствии принимают в случае, когда суммарная наработка равна или больше норматива. Решение о несоответствии принимают как только суммарная наработка к моменту очередного отказа окажется ниже нормативной.

1.2. Распределение Вейбулла (испытания без восстановления)

1.2.1. *Одноступенчатый контроль*

Планирование и испытания проводят в соответствии с пп. 1.1.1 или 2.

В первом случае вместо T_α/T_β следует использовать $(T_\alpha/T_\beta)^b$, а вместо относительной суммарной наработки фиксировать сумму

$$\left(\frac{t_\Sigma}{T_\alpha}\right)_{\text{Всеб}} = (N-r)\left(\frac{t}{a_\alpha}\right)^b + \sum_{j=1}^{r}\left(\frac{t_j}{a_\alpha}\right)^b, \text{ где } a_\alpha = \frac{T_\alpha}{K_b} = \frac{T_\alpha}{\Gamma\left(1+\frac{1}{b}\right)}$$

Во втором случае наработки следует пересчитать на вероятность, используя соотношения:

$$P_\alpha\ (t_и) = \exp\left\{-\left[\frac{t_и}{a_\alpha}\right]^b\right\} \text{ и } P_\beta\ (t_и) = \exp\left\{-\left[\frac{t_и}{a_\beta}\right]^b\right\},$$

где

$$a_\beta = \frac{T_\beta}{K_b} = \frac{T_\beta}{\Gamma\left(1+\frac{1}{b}\right)}.$$

1.2.2. *Последовательный контроль*

Планирование контроля и испытания проводят в соответствии с п. 1.1.2, используя вместо относительной суммарной наработки сумму отношений $(t_j/a_\alpha)^b$.

Уравнения наклонных прямых имеют вид:

$$r = a\left(\frac{t_\Sigma}{T_\alpha}\right)_{\text{Вейб}} + r_0 \quad \text{— линия несоответствия;}$$

$$r = a\left[\left(\frac{t_\Sigma}{T_\alpha}\right)_{\text{Вейб}} - \frac{t_0}{T_\alpha}\right] \quad \text{— линия соответствия.}$$

Значения a, r_0, $r_{ус}$ и t_0/T_α определяют по табл. 5, используя вместо T_α/T_β величину $(T_\alpha/T_\beta)^b$. В табл. 6 вместо $T_и/T_\beta$ следует использовать величину $(t_и/a_\beta)^b$.

1.2.3. При неизвестном параметре формы рекомендуется использовать методику, изложенную в пп. 1.2.3.1—1.2.3.4.

1.2.3.1. Испытывают N образцов ($N \geq 3$) до отказа или достижения относительной суммарной наработки $T_\Sigma/T_\alpha = 5N$.

В последнем случае испытания прекращают и принимают решение о соответствии заданным требованиям. В противном случае переходят к следующему этапу.

1.2.3.2. На основе данных испытаний N образцов определяют оценку максимального правдоподобия параметра формы и устраняют ее смещение умножением на коэффициент $B(N)$:

N	3	4	5	6	7	8	9	10
$B(N)$	0,488	0,593	0,669	0,752	0,792	0,820	0,842	0,859

1.2.3.3. Применяют полученную несмещенную оценку параметра формы к имеющимся данным (п. 1.2.2). Если данных достаточно для принятия решения, испытания прекращают. В противном случае переходят к следующему этапу.

1.2.3.4. Испытывают дополнительный образец до отказа или до принятия решения. Решение о соответствии может быть принято в любой момент до отказа, о несоответствии — в момент отказа. Если решение принято, испытания прекращают. В противном случае возвращаются к п. 1.2.3.2, используя несмещенную оценку в качестве первого приближения для итеративного оценивания параметра формы.

1.3. Нормальное распределение, усеченное слева

1.3.1. *Одноступенчатый контроль*

Параметры плана контроля определяют по п. 2 после пересчета наработки на вероятность при помощи формул:

$$P(t_н) = F_0\left(\frac{T_{ср} - t_н}{\sigma}\right) / F_0\left(\frac{T_{ср}}{\sigma}\right),$$

если нормируют $T_{ср}$, а продолжительность испытаний $t_н$:

$$P(t_н) = P(T_{\gamma\%}) = F_0\left(\frac{T_{ср} - T_{\gamma\%}}{\sigma}\right) / F_0\left(\frac{T_{ср}}{\sigma}\right) = \frac{\gamma\%}{100},$$

если нормируют $T_{\gamma\%}$, а $t_н = T_{\gamma\%}$;

$$P(t_н) = F_0\left(u_{\gamma\%} + \frac{T_{\gamma\%} - t_н}{\sigma}\right) / F_0\left(\frac{T_{ср}}{\sigma}\right),$$

если нормируют $T_{\gamma\%}$, а $t_н \neq T_{\gamma\%}$.

Здесь $u_{\gamma\%}$ есть решение уравнения

$$F_0(u_{\gamma\%}) = \gamma\%/100.$$

1.3.2. *Последовательный контроль*

1.3.2.1. График последовательных испытаний имеет вид, показанный на черт. 2. Уравнения наклонных прямых:

$r = at_{\Sigma} + r_0$ — линия несоответствия;

$r = at_{\Sigma} - r_0'$ — линия соответствия,

где

$$a = \frac{1}{\frac{N(T_\alpha + T_\beta)}{2} - \frac{\sigma^2}{T_\alpha - T_\beta} \ln \frac{F_0\left(\frac{T_\beta\sqrt{N}}{\sigma}\right)}{F_0\left(\frac{T_\alpha\sqrt{N}}{\sigma}\right)}};$$

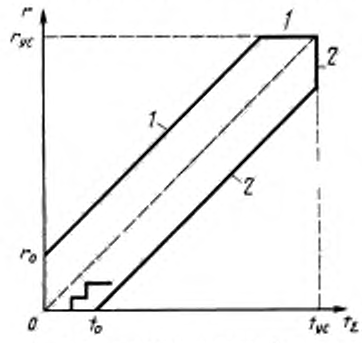
$$r_0 = a\frac{\sigma^2}{T_\alpha - T_\beta} \ln \frac{1-\beta}{\alpha};$$

$$r_0' = a\frac{\sigma^2}{T_\alpha - T_\beta} \ln \frac{1-\alpha}{\beta};$$

$$t_0 = \frac{\sigma^2}{T_\beta - T_\alpha} \ln \frac{\beta}{1-\alpha}.$$

Усечение испытаний по числу отказов следует проводить по методу одноступенчатого контроля (п. 1.3.1), по суммарной наработке — при $t_{yc} = r_{yc}/a$.

График последовательных испытаний



1 — линия несоответствия; *2* — линия соответствия

Черт. 2

1.3.2.2. Ожидаемую суммарную наработку до принятия решения при $T_{ср} = T_\alpha$ подсчитывают по формуле

$$t_\Sigma' = r'\left[\frac{N(T_\alpha + T_\beta)}{2} - \frac{\sigma^2}{T_\alpha - T_\beta} \ln \frac{F_0\left(\frac{T_\alpha\sqrt{N}}{\sigma}\right)}{F_0\left(\frac{T_\beta\sqrt{N}}{\sigma}\right)}\right] + \frac{\sigma^2}{T_\alpha - T_\beta} \ln \frac{1}{\alpha},$$

где $r' = \dfrac{(1-\alpha)\left(\ln\dfrac{1-\alpha}{\beta} - \ln\dfrac{\alpha}{1-\beta}\right) + \ln\dfrac{\alpha}{1-\beta}}{\dfrac{N(T_\alpha - T_\beta)^2}{2\sigma^2} - \ln\dfrac{F_0\left(\dfrac{T_\beta\sqrt{N}}{\sigma}\right)}{F_0\left(\dfrac{T_\alpha\sqrt{N}}{\sigma}\right)}}$ — ожидаемое число отказов до принятия решения.

1.3.2.3. Задаваясь продолжительностью испытаний $T_\alpha < t_и \le t_\Sigma$ и полагая, что все образцы испытываются одновременно, а отказавшие заменяются (или полностью восстанавливаются), необходимое число образцов определяют по формуле $N = t'_\Sigma / t_и$.

Если отказавшие изделия не заменяются и не восстанавливаются, число образцов для достижения той же суммарной наработки при той же продолжительности испытаний следует увеличить до

$$N = t'_\Sigma \left(\frac{1}{t_и} + \frac{1}{T_\alpha} \right).$$

Испытания проводят до пересечения одной из линий несоответствия или соответствия, причем возможна постановка на испытания дополнительных образцов для достижения суммарной наработки.

1.4. Логарифмически нормальное распределение

Параметры плана контроля определяют по п. 1.3 с заменой наработки на логарифм наработки.

1.5. Диффузионное распределение

Исходные данные для планирования испытаний включают перечень данных по п. 1 настоящего приложения и дополнительно ожидаемое значение коэффициента вариации v.

Параметры плана контроля определяют по табл. 31 и 32.

Таблица 31

Планы испытаний для контроля средних показателей надежности по одноступенчатому методу (план [*NUT*]) при диффузионном распределении

α, β	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$t_и/T_{ср}$	v							
			0,5		0,7		1,0		1,5	
			$r_{ср}$	N	$r_{ср}$	N	$r_{ср}$	N	$r_{ср}$	N
0,05	3,0	0,3	0	20	0	12	2	16	5	17
		0,5	0	12	1	7	3	10	9	19
		0,7	1	5	2	6	5	11	11	19
		0,9	1	4	3	7	6	11	16	24
	2,5	0,3	0	32	1	22	3	23	8	26
		0,5	1	10	2	12	5	16	13	27
		0,7	1	5	3	9	8	16	17	29
		0,9	2	5	5	10	11	19	23	34
	2,0	0,3	0	53	1	29	5	35	14	44
		0,5	1	13	3	16	9	27	23	47
		0,7	2	9	5	14	14	29	27	46
		0,9	4	9	8	16	19	32	36	52
	1,5	0,3	0	106	4	84	12	73	28	90
		0,5	4	41	11	51	27	80	54	105
		0,7	7	25	17	43	38	78	65	104
		0,9	11	23	23	42	45	76	73	110
0,10	3,0	0,3	0	18	0	10	1	11	3	11
		0,5	0	10	0	6	2	7	6	13
		0,7	0	5	1	4	3	7	8	14
		0,9	1	4	2	5	4	8	9	14
	2,5	0,3	0	25	0	13	1	10	4	14
		0,5	0	16	1	8	3	10	8	17
		0,7	1	6	1	4	4	9	11	19
		0,9	1	4	2	5	6	11	14	21
	2,0	0,3	0	40	1	25	3	22	8	26
		0,5	1	11	2	11	5	16	14	29
		0,7	1	5	3	9	9	19	19	32
		0,9	2	6	5	10	11	19	20	30
	1,5	0,3	0	65	3	49	8	53	18	58
		0,5	2	23	6	29	17	49	28	58
		0,7	4	15	10	26	24	48	35	57
		0,9	6	13	16	30	33	54	41	60

Продолжение табл. 31

α, β	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	t_a/T_{cp}	v							
			0,5		0,7		1,0		1,5	
			$r_{кр}$	N	$r_{кр}$	N	$r_{кр}$	N	$r_{кр}$	N
0,20	3,0	0,3	0	15	0	8	0	5	1	6
		0,5	0	8	0	5	1	5	2	6
		0,7	0	4	1	5	1	3	3	6
		0,9	0	2	1	4	2	4	4	7
	2,5	0,3	0	20	0	12	0	6	1	5
		0,5	0	13	0	6	1	5	3	7
		0,7	0	6	1	4	2	5	4	8
		0,9	0	3	1	3	3	6	5	8
	2,0	0,3	0	28	0	10	1	9	3	11
		0,5	0	15	1	6	2	7	5	11
		0,7	0	8	1	4	3	7	8	14
		0,9	1	3	2	5	5	9	9	14
	1,5	0,3	0	58	1	13	3	22	8	27
		0,5	1	13	2	12	7	21	17	35
		0,7	2	8	5	14	12	24	21	36
		0,9	3	7	7	14	15	25	26	38

Таблица 32

Планы испытаний для контроля средних показателей надежности по одноступенчатому методу (план [*NUr*]) при диффузионном распределении

α, β	$r_{кр}$	v									
		0,3		0,5		0,7		1,0		1,5	
		$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$
0,05	1	2,657	0,587	4,962	0,399	8,950	0,268	20,097	0,149	63,409	0,059
	2	2,003	1,382	3,150	1,061	4,887	0,806	9,133	0,529	23,402	0,265
	3	1,765	2,225	2,563	1,799	3,692	1,443	6,262	1,028	14,166	0,580
	4	1,636	3,092	2,263	2,578	3,115	2,136	4,962	1,596	10,308	0,972
	5	1,553	3,976	2,078	3,384	2,770	2,864	4,221	2,212	8,232	1,423
	6	1,495	4,870	1,951	4,208	2,539	3,618	3,740	2,864	6,945	1,917
	7	1,451	5,773	1,858	5,046	2,372	4,391	3,402	3,542	6,071	2,448
	8	1,417	6,683	1,785	5,895	2,245	5,181	3,150	4,242	5,440	3,007
	9	1,389	7,598	1,727	6,754	2,145	5,983	2,955	4,960	4,962	3,591
	10	1,366	8,518	1,680	7,620	2,063	6,795	2,798	5,693	4,588	4,196
	11	1,346	9,442	1,640	8,493	1,996	7,617	2,670	6,439	4,287	4,820
	12	1,329	10,369	1,606	9,371	1,938	8,447	2,563	7,196	4,039	5,459
	13	1,315	11,299	1,577	10,255	1,889	9,284	2,471	7,963	3,832	6,112
	14	1,302	12,232	1,551	11,143	1,846	10,127	2,393	8,739	3,655	6,778
	15	1,290	13,167	1,528	12,035	1,808	10,975	2,324	9,522	3,503	7,455
	20	1,247	17,871	1,444	16,541	1,671	15,284	2,078	13,535	3,974	10,979
	25	1,218	22,611	1,389	21,106	1,583	19,675	1,925	17,664	2,657	14,676
	30	1,197	27,375	1,350	25,713	1,522	24,124	1,819	21,877	2,444	18,497
0,10	1	2,148	0,653	3,528	0,473	5,692	0,337	11,180	0,199	30,414	0,085
	2	1,720	1,492	2,456	1,201	3,485	0,954	5,787	0,665	12,729	0,359
	3	1,558	2,368	2,087	1,993	2,786	1,662	4,255	1,247	8,326	0,756
	4	1,468	3,265	1,893	2,819	2,435	2,416	3,528	1,893	6,394	1,235
	5	1,410	4,173	1,770	3,666	2,219	3,200	3,100	2,582	5,315	1,770
	6	1,368	5,091	1,685	4,528	2,072	4,005	2,815	3,301	4,628	2,349
	7	1,337	6,015	1,621	5,401	1,964	4,826	2,611	4,043	4,150	2,960
	8	1,312	6,945	1,572	6,283	1,881	5,660	2,456	4,804	3,798	3,599

Продолжение табл. 32

α, β	$r_{ср}$	v									
		0,3		0,5		0,7		1,0		1,5	
		$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{T_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}$	$\frac{t_{max}}{T_\alpha}$
0,10	9	1,292	7,879	1,532	7,172	1,815	6,504	2,335	5,580	3,528	4,259
	10	1,275	8,816	1,499	8,068	1,760	7,357	2,237	6,368	3,313	4,938
	11	1,261	9,757	1,471	8,968	1,715	8,217	2,156	7,166	3,138	5,633
	12	1,248	10,700	1,447	9,873	1,676	9,083	2,087	7,974	2,993	6,342
	13	1,238	11,645	1,426	10,782	1,643	9,955	2,028	8,790	2,870	7,063
	14	1,228	12,593	1,408	11,694	1,614	10,832	1,977	9,613	2,764	7,795
	15	1,220	13,542	1,392	12,610	1,588	11,713	1,933	10,442	2,672	8,536
	20	1,188	18,312	1,332	17,224	1,493	16,172	1,770	14,664	2,347	12,359
	25	1,166	23,108	1,292	21,885	1,431	20,696	1,667	18,981	2,148	16,325
	30	1,151	27,925	1,263	26,579	1,387	25,266	1,595	23,364	2,011	20,392
0,20	1	1,655	0,744	2,306	0,585	3,196	0,449	5,141	0,294	10,825	0,143
	2	1,429	1,637	1,809	1,399	2,287	1,178	3,233	0,890	5,646	0,539
	3	1,338	2,555	1,624	2,260	1,968	1,977	2,618	1,589	4,168	1,069
	4	1,287	3,487	1,522	3,144	1,799	2,810	2,306	2,341	3,464	1,677
	5	1,253	4,427	1,456	4,042	1,691	3,665	2,114	3,126	3,049	2,338
	6	1,229	5,372	1,409	4,951	1,616	4,535	1,982	3,934	2,773	3,034
	7	1,210	6,322	1,374	5,867	1,560	5,416	1,884	4,759	2,574	3,759
	8	1,195	7,276	1,346	6,789	1,516	6,305	1,809	5,597	2,424	4,505
	9	1,183	8,233	1,324	7,716	1,480	7,201	1,749	6,446	2,306	5,268
	10	1,173	9,191	1,305	8,647	1,451	8,104	1,700	7,304	2,211	6,046
	11	1,164	10,152	1,289	9,581	1,426	9,011	1,659	9,169	2,131	6,835
	12	1,157	11,115	1,275	10,518	1,405	9,923	1,624	9,040	2,065	7,636
	13	1,150	12,079	1,263	11,458	1,386	10,838	1,593	9,917	2,007	8,445
	14	1,144	13,045	1,252	12,401	1,370	11,756	1,567	10,799	1,958	9,262
	15	1,139	14,011	1,243	13,345	1,355	12,678	1,543	11,686	1,914	10,086
	20	1,120	18,860	1,207	18,091	1,301	17,321	1,456	16,169	1,756	14,291
	25	1,106	23,726	1,183	22,868	1,266	22,007	1,400	20,717	1,655	18,597
	30	1,097	28,606	1,166	27,666	1,240	26,724	1,359	25,309	1,584	22,974

2. Контроль показателей надежности типа вероятность безотказной работы, вероятность восстановления за заданное время, гамма-процент для заданного значения показателей типа Т

2.1. Одноступенчатый контроль

Параметры плана контроля определяют по табл. 33 — 35 в зависимости от браковочного P_β и приемочного P_α уровней и рисков поставщика α и потребителя β.

Таблица 33

Планы контроля показателей надежности типа вероятность безотказной работы по одноступенчатому методу (α = β = 0,05)

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β′	α′
0,998	0,999	22	15654	0,050	0,057
0,997	0,999	9	5233	0,050	0,044
0,996	0,999	5	2625	0,050	0,052
	0,998	22	7843	0,050	0,066
0,995	0,999	4	1829	0,050	0,040
	0,998	12	3886	0,050	0,062

Продолжение табл. 33

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,994	0,999	3	1290	0,050	0,043
	0,998	8	2402	0,050	0,061
	0,997	22	5230	0,050	0,048
0,993	0,999	2	897	0,050	0,063
	0,998	6	1688	0,050	0,060
	0,997	15	3294	0,050	0,044
0,992	0,999	2	785	0,050	0,046
	0,998	5	1312	0,050	0,053
	0,997	11	2273	0,050	0,045
	0,996	22	3923	0,050	0,053
0,991	0,999	2	698	0,050	0,034
	0,998	4	1015	0,050	0,057
	0,997	8	1600	0,050	0,055
	0,996	16	2694	0,050	0,050
	0,995	31	4640		0,046
0,990	0,999	2	628	0,050	0,026
	0,998	4	913	0,050	0,040
	0,997	7	1312	0,050	0,047
	0,996	12	1940	0,050	0,055
	0,995	22	3135	0,050	0,048
0,980	0,999	1	236	0,049	0,024
	0,998	2	313	0,050	0,026
	0,997	3	386	0,050	0,030
	0,996	4	455	0,050	0,038
	0,995	5	523	0,050	0,050
	0,994	7	655	0,050	0,047
	0,993	8	719	0,050	0,071
	0,992	12	969	0,050	0,051
	0,991	16	1212	0,049	0,054
	0,990	22	1566	0,050	0,050
0,970	0,999	1	157	0,049	0,011
	0,998	1	157	0,049	0,040
	0,997	2	208	0,050	0,025
	0,996	2	208	0,050	0,052
	0,995	3	256	0,050	0,041
	0,994	4	303	0,050	0,037
	0,993	5	348	0,050	0,038
	0,992	6	393	0,049	0,040
	0,991	7	440	0,046	0,049
	0,990	8	480	0,048	0,056
0,960	0,998	1	117	0,050	0,024
	0,997	1	117	0,049	0,049
	0,996	1	42	0,050	0,012
	0,995	2	156	0,049	0,044
	0,994	3	192	0,049	0,029
	0,993	3	192	0,049	0,047
	0,992	4	227	0,049	0,037
	0,991	4	227	0,049	0,056
	0,990	5	261	0,049	0,049
	0,980	22	783	0,048	0,048

Продолжение табл. 33

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,950	0,997	1	93	0,050	0,032
	0,996	1	34	0,049	0,083
	0,995	2	124	0,050	0,025
	0,994	2	124	0,050	0,039
	0,993	2	124	0,050	0,057
	0,992	3	155	0,046	0,037
	0,991	3	155	0,046	0,053
	0,990	4	182	0,049	0,037
	0,980	12	386	0,049	0,050
0,940	0,996	1	28	0,049	0,056
	0,995	1	78	0,048	0,058
	0,994	2	103	0,050	0,025
	0,993	2	103	0,049	0,036
	0,992	2	105	0,045	0,053
	0,991	3	127	0,050	0,029
	0,990	3	128	0,048	0,041
	0,980	8	238	0,049	0,050
	0,970	22	520	0,049	0,044
0,930	0,995	1	66	0,050	0,043
	0,994	1	66	0,050	0,060
	0,993	2	88	0,049	0,024
	0,992	2	90	0,044	0,036
	0,991	2	88	0,049	0,046
	0,990	2	88	0,049	0,059
	0,980	6	167	0,048	0,051
	0,970	15	326	0,050	0,039
0,920	0,994	1	58	0,048	0,048
	0,993	1	58	0,048	0,063
	0,992	2	80	0,040	0,027
	0,991	2	78	0,046	0,034
	0,990	2	77	0,049	0,043
	0,980	5	129	0,049	0,046
	0,970	11	225	0,048	0,040
	0,960	22	388	0,050	0,042
0,910	0,993	1	51	0,049	0,050
	0,992	1	51	0,049	0,063
	0,991	2	68	0,049	0,024
	0,990	2	69	0,046	0,032
	0,980	4	100	0,047	0,051
	0,970	8	158	0,048	0,050
	0,960	16	268	0,046	0,043
	0,950	31	463	0,045	0,042
0,900	0,992	1	46	0,048	0,052
	0,991	1	46	0,048	0,065
	0,990	2	61	0,049	0,024
	0,980	4	89	0,050	0,034
	0,970	7	130	0,046	0,043
	0,960	12	192	0,047	0,046
	0,950	22	312	0,045	0,042

Продолжение табл. 33

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,890	0,991	1	42	0,046	0,055
	0,990	1	42	0,046	0,066
	0,980	3	69	0,047	0,050
	0,970	6	105	0,049	0,039
	0,960	10	152	0,046	0,043
	0,950	17	230	0,046	0,041
	0,940	29	359	0,043	0,043
0,880	0,990	1	38	0,048	0,056
	0,980	3	63	0,047	0,038
	0,970	5	85	0,049	0,043
	0,960	8	117	0,050	0,046
	0,950	14	180	0,046	0,037
	0,940	22	260	0,044	0,042
0,870	0,980	3	58	0,047	0,029
	0,970	4	68	0,049	0,054
	0,960	7	98	0,050	0,043
	0,950	11	138	0,045	0,044
	0,940	18	202	0,047	0,036
	0,930	28	291	0,048	0,036
0,860	0,980	2	43	0,049	0,055
	0,970	4	63	0,049	0,041
	0,960	7	92	0,045	0,031
	0,950	10	120	0,042	0,038
	0,940	15	162	0,047	0,035
	0,930	22	222	0,044	0,039
	0,920	34	319	0,047	0,036
0,850	0,980	2	40	0,049	0,046
	0,970	4	59	0,047	0,032
	0,960	6	76	0,050	0,033
	0,950	8	93	0,050	0,043
	0,940	12	126	0,049	0,040
	0,930	18	174	0,048	0,037
	0,920	23	213	0,048	0,056
0,800	0,980	1	22	0,048	0,070
	0,970	2	30	0,044	0,060
	0,960	4	44	0,044	0,031
	0,950	5	50	0,042	0,038
	0,940	7	63	0,047	0,034
	0,930	9	76	0,045	0,039
	0,920	12	94	0,047	0,037
	0,910	16	118	0,046	0,036
	0,900	22	153	0,047	0,031
	0,890	31	204	0,048	0,026
	0,880	38	245	0,043	0,041
0,750	0,980	1	17	0,050	0,045
	0,970	2	23	0,048	0,031
	0,960	2	23	0,049	0,062
	0,950	4	35	0,041	0,029
	0,940	5	40	0,047	0,031
	0,930	6	45	0,045	0,036

Продолжение табл. 33

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,750	0,920	6	45	0,045	0,065
	0,910	10	65	0,045	0,030
	0,900	12	75	0,043	0,034
	0,890	16	97	0,030	0,035
	0,880	20	114	0,047	0,030
	0,870	14	133	0,037	0,037
	0,860	31	162	0,048	0,027
	0,850	40	203	0,046	0,028
0,700	0,970	1	14	0,048	0,065
	0,960	2	19	0,046	0,038
	0,950	3	24	0,042	0,030
	0,940	3	24	0,042	0,053
	0,930	5	33	0,041	0,025
	0,920	6	37	0,044	0,026
	0,910	7	41	0,046	0,028
	0,900	8	45	0,047	0,032
	0,890	10	53	0,048	0,028
	0,880	11	57	0,049	0,036

Таблица 34

Планы контроля показателей надежности типа вероятность безотказной работы по одноступенчатому методу ($\alpha = \beta = 0,1$)

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,998	0,999	13	9448	0,100	0,104
0,997	0,999	5	3090	0,100	0,095
0,996	0,999	3	1668	0,100	0,099
	0,998	13	4737	0,099	0,110
0,995	0,999	2	1061	0,100	0,093
	0,998	7	2375	0,100	0,109
0,994	0,999	1	646	0,100	0,138
	0,998	5	1546	0,099	0,097
	0,997	13	2833	0,099	0,099
0,993	0,999	1	554	0,100	0,107
	0,998	4	1140	0,100	0,084
	0,997	8	1853	0,100	0,110
0,992	0,999	1	486	0,100	0,086
	0,998	3	834	0,100	0,090
	0,997	6	1315	0,100	0,104
	0,996	13	2370	0,999	0,103
0,991	0,999	1	431	0,100	0,070
	0,998	2	590	0,100	0,118
	0,997	5	1028	0,100	0,092
	0,996	9	1576	0,100	0,108
	0,995	18	2744	0,100	0,101

Продолжение табл. 34

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,990	0,999	0	229	0,100	0,205
	0,998	2	530	0,100	0,093
	0,997	4	798	0,100	0,095
	0,996	7	1173	0,100	0,104
	0,995	13	1891	0,100	0,098
0,980	0,999	0	114	0,100	0,108
	0,998	0	114	0,100	0,204
	0,997	1	192	0,100	0,114
	0,996	2	265	0,099	0,092
	0,995	3	332	0,100	0,087
	0,994	4	398	0,099	0,094
	0,993	4	398	0,100	0,150
	0,992	7	586	0,100	0,102
	0,991	10	767	0,100	0,092
	0,990	13	945	0,100	0,099
0,970	0,999	0	76	0,099	0,073
	0,998	0	76	0,099	0,142
	0,997	0	76	0,099	0,204
	0,996	1	128	0,100	0,094
	0,995	1	128	0,100	0,137
	0,994	2	176	0,099	0,091
	0,993	2	176	0,099	0,127
	0,992	3	221	0,102	0,103
	0,991	4	265	0,099	0,102
	0,990	5	307	0,100	0,091
0,960	0,998	0	57	0,098	0,108
	0,997	0	56	0,100	0,155
	0,996	0	57	0,098	0,204
	0,995	1	96	0,099	0,084
	0,994	1	96	0,099	0,114
	0,993	1	96	0,099	0,146
	0,992	2	132	0,098	0,090
	0,991	2	132	0,098	0,115
	0,990	3	165	0,100	0,085
	0,980	13	471	0,100	0,096
0,950	0,997	0	45	0,099	0,126
	0,996	0	44	0,099	0,162
	0,995	0	45	0,099	0,202
	0,994	1	77	0,097	0,078
	0,993	1	77	0,097	0,102
	0,992	1	77	0,097	0,124
	0,991	1	77	0,097	0,150
	0,990	2	105	0,099	0,089
	0,980	7	233	0,100	0,099
0,940	0,996	0	38	0,095	0,141
	0,995	0	38	0,095	0,169
	0,994	0	37	0,095	0,204
	0,993	1	64	0,097	0,074
	0,992	1	64	0,097	0,093
	0,991	1	64	0,097	0,111
	0,990	1	64	0,097	0,135
	0,980	5	153	0,098	0,088
	0,970	12	294	0,099	0,108

Продолжение табл. 34

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,930	0,995	0	32	0,098	0,148
	0,994	0	32	0,098	0,175
	0,993	0	32	0,098	0,201
	0,992	1	55	0,095	0,070
	0,991	1	55	0,095	0,088
	0,990	1	55	0,095	0,105
	0,980	1	55	0,095	0,301
	0,970	8	183	0,100	0,101
0,920	0,994	4	398	0,099	0,094
	0,993	0	28	0,097	0,173
	0,992	0	28	0,097	0,201
	0,991	1	48	0,095	0,070
	0,990	1	48	0,095	0,084
	0,980	1	48	0,095	0,301
	0,970	6	150	0,097	0,097
	0,960	12	220	0,098	0,106
0,910	0,993	0	25	0,095	0,161
	0,992	0	25	0,095	0,182
	0,991	0	25	0,095	0,208
	0,990	1	42	0,098	0,066
	0,980	1	42	0,098	0,205
	0,970	4	87	0,099	0,121
	0,960	9	156	0,097	0,097
	0,950	18	272	0,099	0,091
0,900	0,992	0	22	0,098	0,162
	0,991	0	22	0,098	0,180
	0,990	0	22	0,098	0,198
	0,980	1	38	0,095	0,169
	0,970	4	78	0,099	0,085
	0,960	7	116	0,096	0,094
	0,950	12	175	0,099	0,101
0,890	0,991	0	20	0,097	0,158
	0,990	0	20	0,097	0,182
	0,980	1	34	0,099	0,148
	0,970	3	59	0,099	0,101
	0,960	5	83	0,095	0,115
	0,950	9	127	0,097	0,104
	0,940	16	201	0,099	0,098
0,880	0,990	0	18	0,100	0,166
	0,980	1	31	0,099	0,127
	0,970	3	54	0,098	0,079
	0,960	4	65	0,097	0,119
	0,950	7	96	0,098	0,108
	0,940	12	145	0,101	0,097
0,870	0,980	1	29	0,094	0,114
	0,970	2	40	0,093	0,118
	0,960	4	60	0,096	0,092
	0,950	6	79	0,098	0,100
	0,940	9	107	0,097	0,109

Продолжение табл. 34

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,860	0,980	1	27	0,092	0,101
	0,970	2	37	0,093	0,099
	0,960	3	46	0,098	0,111
	0,950	5	64	0,100	0,100
	0,940	8	91	0,095	0,096
	0,930	11	116	0,098	0,113
	0,920	18	174	0,097	0,104
0,850	0,980	0	15	0,87	0,241
	0,970	2	34	0,097	0,089
	0,960	3	43	0,096	0,092
	0,950	4	52	0,093	0,117
	0,940	7	77	0,093	0,091
	0,930	9	92	0,100	0,110
	0,920	14	131	0,100	0,102
0,800	0,980	0	11	0,086	0,199
	0,970	1	18	0,099	0,100
	0,960	2	25	0,098	0,077
	0,950	2	25	0,098	0,127
	0,940	3	32	0,093	0,123
	0,930	5	45	0,090	0,092
	0,920	6	51	0,092	0,110
	0,910	8	63	0,094	0,110
	0,900	11	81	0,092	0,108
	0,890	15	104	0,093	0,105
	0,880	18	120	0,102	0,127
0,750	0,980	0	8	0,100	0,149
	0,970	1	14	0,101	0,064
	0,960	1	15	0,080	0,119
	0,950	2	20	0,091	0,075
	0,940	2	20	0,091	0,115
	0,930	3	25	0,096	0,094
	0,920	4	30	0,098	0,087
	0,910	5	35	0,098	0,090
	0,900	6	40	0,096	0,099
	0,890	8	50	0,092	0,094
	0,880	9	54	0,101	0,107
	0,870	12	68	0,101	0,098
	0,860	15	82	0,098	0,104
	0,850	18	95	0,104	0,113
0,700	0,970	0	7	0,082	0,192
	0,960	1	12	0,085	0,069
	0,950	1	12	0,085	0,118
	0,940	1	12	0,085	0,160
	0,930	2	16	0,099	0,097
	0,920	3	21	0,086	0,092
	0,910	3	21	0,086	0,114
	0,900	4	25	0,090	0,098
	0,890	5	29	0,093	0,092
	0,880	6	33	0,094	0,093
	0,870	7	37	0,095	0,099

Таблица 35

Планы контроля показателей надежности типа вероятность безотказной работы по одноступенчатому методу ($\alpha = \beta = 0{,}2$)

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,997	0,999	2	1426	0,200	0,174
	0,998	17	7160	0,200	0,209
0,996	0,999	1	787	0,177	0,187
	0,998	5	1972	0,200	0,210
0,995	0,999	0	321	0,200	0,275
	0,998	3	1126	0,190	0,193
	0,997	10	2727	0,200	0,202
0,994	0,999	0	267	0,200	0,235
	0,998	2	742	0,178	0,188
	0,997	5	1316	0,200	0,206
	0,996	16	3385	0,500	0,208
0,993	0,999	0	229	0,200	0,205
	0,998	1	427	0,200	0,211
	0,997	2	610	0,200	0,277
	0,996	7	1457	0,200	0,233
0,992	0,998	1	375	0,200	0,174
	0,997	2	535	0,200	0,218
	0,996	5	990	0,200	0,209
	0,995	11	1845	0,200	0,219
0,991	0,998	1	333	0,200	0,145
	0,997	2	475	0,200	0,172
	0,996	4	750	0,196	0,185
	0,995	7	1136	0,200	0,213
	0,994	16	9256	0,200	0,206
0,990	0,998	0	160	0,200	0,274
	0,997	1	298	0,200	0,225
	0,996	3	550	0,200	0,181
	0,995	5	791	0,200	0,207
	0,994	10	1362	0,200	0,202
	0,993	14	1810	0,200	0,294
0,980	0,998	0	80	0,200	0,148
	0,997	0	80	0,200	0,214
	0,996	1	149	0,200	0,120
	0,995	1	149	0,200	0,171
	0,994	1	149	0,200	0,225
	0,993	2	213	0,200	0,190
	0,992	3	275	0,200	0,180
	0,991	4	335	0,200	0,190
	0,990	5	394	0,200	0,205
0,970	0,998	0	53	0,200	0,100
	0,997	0	53	0,200	0,147
	0,996	0	53	0,200	0,191
	0,995	0	53	0,200	0,233
	0,994	0	53	0,200	0,273
	0,993	1	99	0,200	0,153

Продолжение табл. 35

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,970	0,992	1	99	0,200	0,190
	0,991	2	142	0,200	0,137
	0,990	2	142	0,200	0,170
	0,980	16	676	0,200	0,203
0,960	0,997	0	40	0,200	0,113
	0,996	0	40	0,195	0,148
	0,995	0	40	0,195	0,182
	0,994	0	40	0,195	0,214
	0,993	0	40	0,195	0,245
	0,992	0	40	0,195	0,275
	0,991	1	74	0,200	0,144
	0,990	1	74	0,200	0,170
	0,980	5	196	0,200	0,201
0,950	0,996	0	32	0,194	0,120
	0,995	0	32	0,194	0,148
	0,994	0	32	0,194	0,175
	0,993	0	32	0,194	0,201
	0,992	0	32	0,194	0,227
	0,991	0	32	0,194	0,251
	0,990	0	32	0,194	0,275
	0,980	3	109	0,200	0,175
	0,970	14	362	0,200	0,130
0,940	0,995	0	26	0,200	0,122
	0,994	0	26	0,200	0,145
	0,993	0	26	0,200	0,200
	0,992	0	26	0,200	0,190
	0,991	0	26	0,200	0,210
	0,990	0	26	0,200	0,230
	0,980	2	71	0,194	0,170
	0,970	5	131	0,200	0,201
	0,960	18	374	0,200	0,174
0,930	0,990	0	23	0,190	0,206
	0,980	1	42	0,200	0,205
	0,970	3	78	0,200	0,207
	0,960	8	161	0,200	0,200
0,920	0,980	1	37	0,193	0,170
	0,970	2	53	0,192	0,212
	0,960	5	98	0,200	0,200
	0,950	11	183	0,200	0,207
0,910	0,980	1	33	0,190	0,140
	0,970	2	47	0,193	0,167
	0,960	3	60	0,200	0,219
	0,950	7	112	0,200	0,200
	0,940	17	236	0,200	0,180
0,900	0,980	0	16	0,185	0,280
	0,970	1	29	0,200	0,216
	0,960	2	42	0,200	0,236
	0,950	5	78	0,200	0,200
	0,940	11	146	0,200	0,170
	0,930	18	223	0,200	0,219

Продолжение табл. 35

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,890	0,980	0	14	0,200	0,246
	0,970	1	27	0,190	0,194
	0,960	2	38	0,200	0,194
	0,950	3	49	0,200	0,229
	0,940	6	81	0,200	0,213
	0,930	12	143	0,200	0,202
	0,920	18	203	0,200	0,270
0,880	0,980	0	13	0,190	0,231
	0,970	1	26	0,164	0,183
	0,960	1	24	0,200	0,250
	0,950	3	45	0,195	0,187
	0,940	5	65	0,193	0,194
	0,930	8	93	0,201	0,203
	0,920	15	158	0,200	0,200
0,870	0,970	1	22	0,200	0,140
	0,960	1	22	0,200	0,219
	0,950	2	32	0,200	0,213
	0,940	4	51	0,190	0,190
	0,930	6	69	0,191	0,207
	0,920	10	103	0,201	0,200
	0,910	18	171	0,200	0,200
0,860	0,970	1	21	0,190	0,130
	0,960	1	21	0,190	0,204
	0,950	2	30	0,190	0,190
	0,940	3	39	0,185	0,205
	0,930	5	55	0,200	0,190
	0,920	8	80	0,200	0,190
	0,910	12	112	0,200	0,207
	0,900	18	159	0,200	0,240
0,850	0,970	0	10	0,200	0,263
	0,960	1	19	0,200	0,175
	0,950	1	19	0,200	0,245
	0,940	2	28	0,190	0,235
	0,930	4	44	0,190	0,192
	0,920	6	59	0,200	0,191
	0,910	9	82	0,200	0,201
	0,900	15	126	0,200	0,191
	0,890	18	148	0,200	0,270
0,800	0,970	0	8	0,170	0,216
	0,960	0	8	0,170	0,280
	0,950	1	14	0,200	0,153
	0,940	1	14	0,200	0,204
	0,930	2	21	0,180	0,180
	0,920	3	27	0,182	0,166
	0,910	4	33	0,182	0,171
	0,900	5	40	0,200	0,175
	0,890	6	44	0,200	0,205
	0,880	9	61	0,200	0,191
	0,870	12	78	0,192	0,209
	0,860	18	111	0,191	0,206

Продолжение табл. 35

Характеристика плана				Истинный риск	
$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	C_α	N	β'	α'
0,750	0,960	0	6	0,180	0,217
	0,950	0	6	0,180	0,265
	0,940	0	6	0,180	0,310
	0,930	1	11	0,200	0,180
	0,920	1	11	0,200	0,218
	0,910	2	16	0,200	0,170
	0,900	2	16	0,200	0,211
	0,890	3	21	0,192	0,194
	0,880	4	26	0,184	0,200
	0,870	5	30	0,203	0,190
	0,860	6	35	0,192	0,211
	0,850	8	44	0,194	0,206
0,700	0,960	0	5	0,170	0,185
	0,950	0	5	0,170	0,226
	0,940	0	5	0,170	0,270
	0,930	0	5	0,170	0,304
	0,920	1	9	0,200	0,160
	0,910	1	9	0,200	0,191
	0,900	1	9	0,200	0,225
	0,890	2	14	0,161	0,194
	0,880	3	21	0,192	0,240
	0,870	3	17	0,202	0,171
	0,860	3	17	0,202	0,207
	0,850	4	21	0,200	0,200
	0,800	18	73	0,194	0,128
0,650	0,940	0	4	0,180	0,219
	0,930	0	4	0,180	0,252
	0,920	0	4	0,180	0,284
	0,910	1	8	0,170	0,160

Для контроля организуется n независимых наблюдений, продолжительность каждого из которых равна наработке, для которой задана вероятность безотказной работы, и в каждом наблюдении фиксируют результат: наличие или отсутствие отказа. После n-го наблюдения принимают решение о соответствии безотказности заданным требованиям, если число отказов не больше приемочного числа C_α. Решение о несоответствии принимают в случае, если число отказов больше приемочного числа.

Испытания могут быть прекращены с принятием решения о несоответствии, если число отказов превысит C_α.

2.2. Последовательный контроль

2.2.1. Параметры планов контроля определяют по табл. 36 — 38. По ним в прямоугольной системе координат (черт. 3) строят график последовательных испытаний.

Таблица 36

Планы контроля показателей надежности типа вероятность безотказной работы по последовательному методу ($\alpha = \beta = 0{,}05$)

$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	a	r_0	$r_{ус}$	n_0	n'
0,998	0,999	0,00144	4,24	23	2940	8620
0,997	0,999	0,00182	2,68	10	1470	2930
0,996	0,999	0,00216	2,12	6	980	1640
	0,998	0,00289	4,24	23	1470	4300
0,995	0,999	0,00249	1,82	5	730	1110

Продолжение табл. 36

$P_э(t)$	$P_н(t)$	a	r_0	$r_{ус}$	n_0	n'
0,994	0,998 0,997	0,00364 0,00433	2,67 4,23	9 23	733 977	1460 2870
0,992	0,998 0,996	0,00432 0,00577	2,12 4,22	6 23	488 732	816 2140
0,991	0,997	0,00546	2,66	9	488	973
0,990	0,998 0,995	0,00495 0,00722	1,82 4,22	5 23	366 584	550 1710
0,988	0,997 0,996 0,994	0,00647 0,00729 0,00866	2,11 2,66 4,21	8 12 23	325 370 990	543 728 1430
0,985	0,997 0,995	0,00746 0,00906	1,82 2,66	6 9	243 290	366 581
0,986	0,993	0,0101	4,21	23	420	1220
0,984	0,996 0,992	0,00865 0,0115	2,10 4,20	8 23	240 370	406 1060
0,982	0,994 0,991	0,0109 0,0129	2,65 4,19	9 23	240 320	483 945
0,980	0,996 0,995 0,990	0,00996 0,0108 0,0144	1,81 2,10 4,19	5 6 23	180 190 290	273 324 850
0,976	0,994 0,992	0,01308 0,0146	2,10 2,64	6 10	160 180	269 361
0,975	0,995	0,0124	1,81	5	150	218
0,973	0,991	0,0164	2,64	9	160	820
0,972	0,993	0,0152	2,09	6	140	230
0,970	0,994 0,990	0,0150 0,0182	1,80 2,63	5 9	120 140	181 287
0,979	0,993	0,0128	2,64	9	210	413
0,968	0,992	0,0173	209	6	120	201
0,965	0,993	0,0175	1,80	5	100	155
0,964	0,991	0,0196	208	6	110	178
0,960	0,992 0,990 0,980	0,0200 0,0217 0,0289	1,79 2,08 4,12	5 6 23	898 100 143	135 160 418
0,955	0,991	0,0225	1,79	5	79,6	119
0,950	0,990	0,0250	1,78	5	714	107

Продолжение табл. 36

$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	a	r_0	r_{yc}	n_0	n'
0,940	0,980	0,0365	2,58	9	70,7	140
	0,970	0,0434	4,06	23	93,7	274
0,920	0,980	0,0436	2,03	6	46,6	78
	0,960	0,0578	4,00	23	69,2	202
0,900	0,980	0,0502	1,74	5	34,6	52
	0,950	0,0723	3,94	23	54,5	159
0,910	0,970	0,0550	2,53	9	46,1	91
0,880	0,970	0,0656	1,98	6	30,2	50,1
	0,960	0,0734	2,48	9	33,8	66,9
	0,940	0,0869	3,88	23	44,6	130
0,860	0,930	0,101	3,82	23	37,6	109
0,850	0,970	0,0758	1,69	5	22,3	33,2
	0,950	0,0919	2,43	9	20,4	52,2
0,840	0,960	0,0878	1,94	6	22,1	36,4
	0,920	0,116	3,76	23	32,4	93,8
0,820	0,940	0,1116	2,38	10	21,6	42,4
	0,910	0,1310	3,69	23	28,3	81,8
0,800	0,960	0,1027	1,64	5	16,1	23,9
	0,950	0,1100	1,89	6	17,1	28,2
	0,900	0,1450	3,63	23	25,0	72,0
0,790	0,930	0,1290	2,33	9	18,0	35,4
0,780	0,890	0,1600	3,57	23	22,3	64,4
0,760	0,940	0,1338	1,84	6	13,9	22,7
	0,920	0,1480	2,28	8	15,4	30,2
	0,880	0,1750	3,51	21	20,1	57,8
0,750	0,950	0,1280	1,60	5	12,5	18,4
0,740	0,870	0,1890	3,44	20	18,2	52,3
0,730	0,910	0,1670	2,23	9	13,4	26,1
0,720	0,930	0,1560	1,79	6	11,5	18,8
	0,860	0,2040	3,40	20	16,6	47,5
0,700	0,940	0,1550	1,55	4	10,0	14,7
	0,900	0,1860	2,18	9	11,7	23,0
	0,850	0,2190	3,32	22	15,2	43,3

Таблица 37

Планы контроля показателей надежности типа вероятность безотказной работы по последовательному методу ($\alpha = \beta = 0{,}1$)

$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	a	r_0	$r_{ус}$	n_0	n'
0,998	0,999	0,00144	3,16	14	2190	5730
0,997	0,999	0,00182	2,00	6	1100	1950
0,996	0,999 0,998	0,00216 0,00289	1,58 3,16	4 14	730 1110	1090 2860
0,995	0,999	0,00249	1,36	3	550	734
0,994	0,998 0,997	0,00364 0,00433	2,00 3,16	6 14	550 730	972 1900
0,992	0,998 0,996	0,00432 0,00577	1,58 3,15	4 14	360 546	542 1420
0,990	0,998 0,995	0,00495 0,00722	1,36 3,15	3 14	273 440	366 1140
0,991	0,997	0,00545	1,99	6	364	646
0,988	0,997 0,994 0,996	0,00647 0,00866 0,00729	1,57 3,14 1,98	5 14 8	242 363 270	360 947 484
0,985	0,997 0,995	0,00746 0,00906	1,36 1,98	3 8	180 220	243 386
0,984	0,996 0,992	0,00865 0,0115	1,57 3,13	5 14	180 270	270 708
0,980	0,996 0,995 0,990	0,00996 0,0108 0,0144	1,35 1,57 3,12	3 4 14	136 145 216	182 215 564
0,976	0,995 0,994 0,992	0,0124 0,0130 0,0146	1,35 1,56 1,97	3 4 7	108 120 135	145 179 240
0,982	0,994 0,991	0,00866 0,0129	3,14 3,13	14 14	363 240	947 628
0,970	0,994 0,990	0,0150 0,0182	1,34 1,96	3 7	89,90 108	120 191
0,986	0,993	0,0101	3,14	14	310	810
0,979	0,993	0,0128	1,97	5	155	275
0,972	0,993	0,6152	1,56	3	103	153
0,965	0,993	0,0175	1,34	3	76,80	103
0,968	0,992	0,0174	1,56	4	89,70	133

Продолжение табл. 37

$P_э(t)$	$P_н(t)$	a	r_0	$r_{уе}$	n_0	n'
0,960	0,992	0,0200	1,34	3	67,20	89,60
	0,990	0,0217	1,55	5	71,60	106
	0,980	0,0289	3,08	14	107	277
0,973	0,991	0,0164	1,97	7	120	213
0,964	0,991	0,0195	1,55	5	79,80	118
0,955	0,991	0,0225	1,33	3	59,70	79,30
0,950	0,990	0,0250	1,33	3	53,30	71,20
0,940	0,980	0,0365	1,93	6	52,70	93,30
	0,970	0,0434	3,03	13	69,90	182
0,920	0,980	0,0436	1,52	4	34,80	51,50
	0,960	0,0578	2,99	13	51,60	134
0,900	0,980	0,0502	1,30	3	25,80	34,30
	0,950	0,0723	2,94	13	40,70	105
0,910	0,970	0,0550	1,89	7	34,40	60,70
0,880	0,970	0,0656	1,48	4	22,60	33,30
	0,960	0,0734	1,85	6	25,20	44,50
	0,940	0,0869	2,89	13	33,30	86,20
0,850	0,970	0,0758	1,26	3	16,60	21,10
	0,950	0,0919	1,82	6	19,70	34,70
0,840	0,960	0,0878	1,45	4	16,50	24,20
	0,920	0,1160	2,80	12	24,20	62,20
0,800	0,960	0,1027	1,23	3	12,10	15,90
0,820	0,940	0,1110	1,78	6	16,10	28,10
	0,910	0,1310	2,76	12	21,10	54,30
0,800	0,960	0,1027	1,23	3	12,10	15,90
	0,950	0,1100	1,41	4	12,80	18,70
	0,900	0,1450	2,71	12	18,60	47,80
0,790	0,930	0,1290	1,74	6	13,40	23,50
0,780	0,890	0,1600	2,66	12	16,70	42,70
0,760	0,940	0,1330	1,37	3	10,40	15,10
	0,920	0,1480	1,70	5	11,50	20,00
	0,880	0,1750	2,62	12	15,00	38,30
0,730	0,910	0,1670	1,67	5	9,97	17,30
0,720	0,930	0,1560	1,34	3	8,58	12,50
	0,860	0,2040	2,52	11	12,40	31,50
0,700	0,940	0,1450	1,15	2	7,46	9,75
	0,900	0,1860	1,63	5	8,74	15,30
	0,850	0,2190	2,48	12	11,30	29,80

Таблица 38

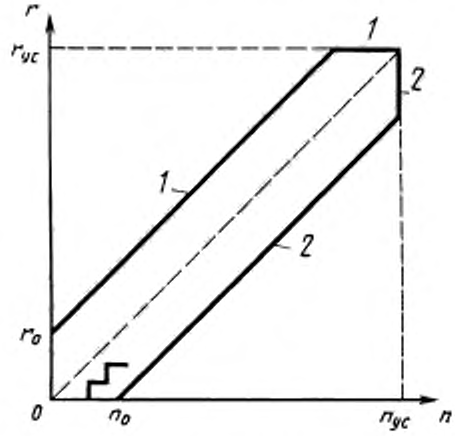
Планы контроля показателей надежности типа вероятность безотказной работы по последовательному методу ($\alpha = \beta = 0,2$)

$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	a	r_0	$r_{ус}$	n_0	n'
0,998	0,999	0,00144	2,00	7	1380	2710
0,997	0,999	0,00182	1,26	3	692	920
0,996	0,999 0,998	0,00216 0,00289	1,00 1,99	2 6	460 691	515 1350
0,995	0,999	0,00249	0,86	1	346	347
0,994	0,998	0,00364	1,26	3	345	459
0,992	0,998 0,996	0,00432 0,00577	1,00 1,99	2 6	230 344	256 673
0,990	0,998 0,995	0,00495 0,00722	0,86 1,99	1 6	112 215	173 538
0,994	0,997	0,00433	1,99	6	460	899
0,991	0,997	0,00545	1,26	3	230	306
0,988	0,997 0,996 0,994	0,00647 0,00729 0,00866	0,99 1,25 1,98	2 4 8	153 172 230	170 229 447
0,984	0,996	0,00865	0,99	3	114	127
0,980	0,996 0,990 0,995	0,00996 0,0144 0,0108	0,85 1,97 0,99	3 6 2	85,70 137 91,80	85,80 267 102
0,985	0,995	0,00906	1,25	4	137	183
0,975	0,995	0,0124	0,85	2	68,30	68,40
0,982	0,994 0,991	0,0109 0,0129	1,25 1,97	4 6	114 152	152 297
0,976	0,994	0,0130	0,99	2	75	84,50
0,976	0,992	0,0146	1,24	3	85,20	113
0,960	0,992	0,0174	0,98	2	56,50	63,0
0,973	0,991	0,0164	1,24	3	75,80	100,00
0,970	0,990	0,0182	1,23	2	67,80	90,20
0,964	0,991	0,0195	0,98	2	50,40	55,80
0,960	0,992 0,990 0,980	0,0199 0,0217 0,0289	0,84 0,98 1,94	1 2 6	42,40 43,20 66,90	42,30 50,10 131,00
0,955	0,991	0,0225	0,84	1	37,70	37,50

Продолжение табл. 38

$P_\beta(t)$	$P_\alpha(t)$	a	r_0	r_{yc}	n_0	n'
0,950	0,990	0,0250	0,34	1	33,40	33,60
0,940	0,980	0,0365	1,22	3	33,40	44,10
	0,970	0,0434	1,91	6	44,30	86,00
	0,960	0,0878	0,91	2	10,40	11,40
0,920	0,980	0,0436	0,96	2	22,10	24,30
	0,960	0,0578	1,88	6	32,60	63,40
0,910	0,970	0,0550	1,19	3	21,70	28,70
0,900	0,980	0,0502	0,82	1	16,50	16,20
	0,950	0,0723	1,88	6	25,70	49,80
0,880	0,970	0,0656	0,93	2	14,10	15,70
	0,960	0,0734	1,17	2	15,90	21,00
	0,940	0,0869	1,83	6	21,00	40,80
0,860	0,930	0,1000	1,80	6	17,70	34,30
0,850	0,970	0,0758	0,80	1	10,40	10,40
	0,950	0,0919	1,15	2	12,40	16,40
0,840	0,920	0,1160	1,77	6	15,30	34,30
0,820	0,940	0,1110	1,12	2	10,20	13,30
	0,910	0,1310	1,74	7	13,30	25,70
0,800	0,960	0,1020	0,77	1	7,58	7,52
	0,950	0,1100	0,89	2	8,05	8,86
	0,900	0,1450	1,71	6	11,80	22,70
0,790	0,930	0,1300	1,10	3	8,47	11,10
0,780	0,890	0,1600	1,68	6	10,50	20,20
0,760	0,940	0,1330	0,87	1	6,54	7,13
	0,920	0,1480	1,07	2	7,25	8,20
	0,880	0,1740	1,65	5	9,46	18,20
0,750	0,950	0,1280	0,75	1	5,39	5,77
0,740	0,870	0,1890	1,62	6	8,57	16,40
0,730	0,910	0,1670	1,05	3	6,31	8,18
0,720	0,930	0,1560	0,84	1	5,41	5,90
	0,860	0,2040	1,59	5	7,82	14,90
0,700	0,940	0,1550	0,73	1	4,71	4,61
	0,900	0,1860	1,03	2	5,51	7,15
	0,850	0,2190	1,56	3	7,16	13,60

График последовательных испытаний



1 — линия несоответствия; *2* — линия соответствия

Черт. 3

Уравнения наклонных прямых:

$$r = an + r_0$$ — линия несоответствия;

$$r = a\,(n - n_0)$$ — линия соответствия.

Усечение испытаний по числу отказов следует проводить при $r_{ус}$, по числу наблюдений — при $n_{ус} = r_{ус}/a$.

2.2.2. При контроле из партии изделий извлекают выборку объема $n_{ус}$ и ставят на испытания последовательно каждое изделие или группы изделий. Для сокращения продолжительности испытаний рекомендуется начинать с группы объемом n'. По мере окончания наблюдений подсчитывают число отказов и на график последовательных испытаний (черт. 3) наносят точки с координатами (n, r), по которым строится ступенчатая линия.

2.2.3. Испытания прекращают в момент пересечения ступенчатой линией одного из отрезков линий соответствия или несоответствия. Решение о соответствии принимают при пересечении одной из линий соответствия. При пересечении одной из линий несоответствия принимается решение о несоответствии безотказности изделия заданным требованиям.

2.2.4. В результате усечения испытаний по вышеприведенным планам истинные риски отличаются от запланированных. Для обеспечения равенства истинных рисков запланированным рекомендуется применять планы, приведенные в табл. 39 — 85.

Таблица 39

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}99$; $P_\beta = 0{,}98$; $n'_\alpha = 567{,}91$; $n'_\beta = 465{,}75$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	187	—	11	988	526	22	1670	1341
1	281	—	12	1052	595	23	1730	1419
2	364	21	13	1116	666	24	1790	1497
3	441	55	14	1179	738	25	1850	1576
4	515	100	15	1241	810	26	1910	1655
5	587	151	16	1304	884	27	1969	1736
6	636	207	17	1365	958	28	2029	1816
7	725	266	18	1427	1034	29	2088	1896
8	792	328	19	1488	1109	30	2147	1977
9	828	392	20	1549	1186	31	2196	2058
10	923	458	21	1610	1263	32	—	2196

Таблица 40

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}99$; $P_\beta = 0{,}97$; $n'_\alpha = 193$; $n'_\beta = 137$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	110	—	4	321	117	8	501	362
1	171	—	5	368	173	9	544	430
2	224	27	6	413	233	10	586	499
3	274	68	7	457	296	11	—	586

Таблица 41

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}99$; $P_\beta = 0{,}96$; $n'_\alpha = 109$; $n'_\beta = 70$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	77	—	3	197	78	6	300	254
1	121	—	4	232	132	7	—	300
2	160	33	5	266	191			

Таблица 42

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}98$; $P_\beta = 0{,}96$; $n'_\alpha = 279{,}02$; $n'_\beta = 228{,}87$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	99	—	11	491	265	22	832	674
1	139	—	12	523	300	23	862	714
2	181	10	13	555	336	24	892	753
3	219	28	14	586	372	25	921	793
4	256	51	15	618	408	26	951	832
5	291	77	16	649	445	27	981	872
6	326	105	17	680	483	28	1010	913
7	360	134	18	710	520	29	1040	953
8	394	166	19	741	558	30	1069	994
9	427	198	20	771	597	31	1087	1034
10	459	231	21	801	635			

Таблица 43

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}98$; $P_\beta = 0{,}94$; $n'_\alpha = 93{,}92$; $n'_\beta = 67{,}13$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	54	—	4	159	59	8	248	183
1	84	—	5	182	88	9	269	217
2	110	14	6	204	118	10	291	252
3	135	34	7	226	150	11	312	288
						12	—	312

Таблица 44

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}98$; $P_\beta = 0{,}92$; $n'_\alpha = 52{,}19$; $n'_\beta = 34{,}50$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	37	—	2	78	17	5	131	96
1	59	—	3	97	39	6	131	96
			4	114	66	7	—	131

Таблица 45

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}97$; $P_\beta = 0{,}94$; $n'_\alpha = 184{,}67$; $n'_\beta = 153{,}13$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	61	—	11	326	177	22	553	449
1	92	—	12	348	200	23	573	475
2	120	7	13	369	223	24	593	501
3	145	19	14	390	247	25	612	528
4	170	34	15	410	272	26	632	554
5	193	51	16	431	296	27	652	581
6	216	69	17	451	321	28	672	608
7	239	89	18	472	346	29	691	635
8	261	110	19	492	372	30	711	662
9	283	132	20	512	397	31	717	689
10	305	154	21	533	433			

Таблица 46

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}97$; $P_\beta = 0{,}91$; $n'_\alpha = 61{,}95$; $n'_\beta = 44{,}53$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	36	—	4	105	40	8	164	123
1	55	—	5	120	59	9	179	146
2	73	9	6	135	79	10	193	169
3	89	23	7	150	101	11	—	193

Таблица 47

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}97$; $P_\beta = 0{,}88$; $n'_\alpha = 33{,}87$; $n'_\beta = 22{,}69$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	24	—	2	51	11	4	75	45
1	39	—	3	63	27	5	86	66
						6		86

Таблица 48

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}95$; $P_\beta = 0{,}90$; $n'_\alpha = 106{,}49$; $n'_\beta = 88{,}16$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	36	—	10	181	94	20	305	242
1	54	—	11	194	108	21	317	257
2	70	4	12	206	122	22	329	273
3	86	12	13	219	137	23	341	289
4	100	21	14	231	151	24	352	305
5	114	31	15	244	166	25	364	321
6	128	43	16	256	181	26	376	337
7	141	55	17	268	196	27	388	353
8	155	68	18	280	211	28	400	369
9	168	81	19	292	226	29	411	385
						30	422	402

Таблица 49

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}95$; $P_\beta = 0{,}85$; $n'_\alpha = 35{,}35$; $n'_\beta = 25{,}69$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	21	—	4	62	25	8	97	75
1	32	—	5	71	36	9	105	89
2	42	6	6	79	48	10	113	103
3	52	14	7	88	61	11	—	113

Таблица 50

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}95$; $P_\beta = 0{,}80$; $n'_\alpha = 19{,}38$; $n'_\beta = 13{,}23$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	14	—	2	30	7	4	44	28
1	22	—	3	37	16	5	51	40
						6	—	51

Таблица 51

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}925$; $P_\beta = 0{,}85$; $n'_\alpha = 67{,}40$; $n'_\beta = 56{,}18$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	23	—	10	119	64	20	200	163
1	35	—	11	127	74	21	208	174
2	46	3	12	135	83	22	216	184
3	56	8	13	144	93	23	224	195
4	65	14	14	152	102	24	232	206
5	73	22	15	160	112	25	240	216
6	84	29	16	168	122	26	248	227
7	93	38	17	176	133	27	256	238
8	101	46	18	184	143	28	263	249
9	110	55	19	192	153	29	271	260

Таблица 52

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0.925$; $P_\beta = 0{,}775$; $n'_\alpha = 22{,}13$; $n'_\beta = 16.39$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	13	—	4	40	17	8	63	51
1	21	—	5	46	25	9	68	61
2	27	4	6	51	33	10	—	68
3	34	10	7	57	42			

Таблица 53

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}9$; $P_\beta = 0{,}8$; $n'_\alpha = 48{,}71$; $n'_\beta = 40{,}44$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	17	—	10	88	49	20	149	125
1	26	—	11	94	57	21	155	133
2	34	2	12	100	64	22	161	141
3	41	6	13	106	71	23	166	149
4	48	11	14	113	79	24	172	157
5	55	17	15	119	86	25	178	165
6	62	23	16	125	94	26	184	173
7	68	29	17	131	101	27	190	181
8	75	36	18	137	109	28	196	189
9	81	42	19	143	117	29	—	196

Таблица 54

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}9$; $P_\beta = 0{,}7$; $n'_\alpha = 15{,}27$; $n'_\beta = 11{,}63$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	9	—	3	24	8	6	37	26
1	15	—	4	29	13	7	42	33
2	20	3	5	33	26	8	46	40
						9	—	46

Таблица 55

$\alpha = \beta = 0{,}1$; $P_\alpha = 0{,}9$; $P_\beta = 0{,}6$; $n'_\alpha = 8{,}10$; $n'_\beta = 5{,}97$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	6	—	2	13	4	4	20	15
1	10	—	3	17	9	5	—	20

Таблица 56

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}99$; $P_\beta = 0{,}98$; $n'_\alpha = 192{,}05$; $n'_\beta = 156.97$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	76	—	9	395	224	18	670	563
1	120	—	10	426	259	19	700	603
2	159	15	11	457	295	20	729	643
3	196	37	12	488	332	21	759	683
4	231	63	13	519	370	22	788	724
5	265	92	14	550	408	23	817	765
6	298	122	15	580	446	24	847	805
7	331	155	16	610	485	25	—	847
8	363	189	17	640	524			

Таблица 57

$\alpha = \beta = 0.15$; $P_\alpha = 0{,}99$; $P_\beta = 0{,}97$; $n'_\alpha = 134{,}28$; $n'_\beta = 95{,}02$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	89	—	3	242	92	6	374	283
1	145	—	4	287	151	7	416	353
2	194	42	5	331	215	8	—	416

Таблица 58

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}99$; $P_\beta = 0{,}96$; $n'_\alpha = 74{,}67$; $n'_\beta = 50{,}27$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	60	—	2	136	55	4	—	170
1	100	—	3	170	113			

Таблица 59

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}98$; $P_\beta = 0{,}94$; $n'_\alpha = 64{,}63$; $n'_\beta = 46{,}40$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	43	—	3	119	47	6	184	143
1	71	—	4	141	77	7	206	178
2	95	21	5	163	109	8	—	206

Таблица 60

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}98$; $P_\beta = 0{,}92$; $n'_\alpha = 36{,}32$; $n'_\beta = 25{,}02$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	29	—	2	67	27	4	—	84
1	49	—	3	84	57			

Таблица 61

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}97$; $P_\beta = 0{,}94$; $n'_\alpha = 125{,}12$; $n'_\beta = 102{,}48$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	50	—	9	262	151	18	444	378
1	79	—	10	282	174	19	464	405
2	105	10	11	303	199	20	484	432
3	129	25	12	324	223	21	503	458
4	153	42	13	344	249	22	523	486
5	175	62	14	364	274	23	543	513
6	197	83	15	385	300	24	562	540
7	219	105	16	405	326	25	—	562
8	240	127	17	425	352			

Таблица 62

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}97$; $P_\beta = 0{,}91$; $n'_\alpha = 42{,}23$; $n'_\beta = 30{,}54$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	28	—	3	78	32	6	122	96
1	47	—	4	93	52	7	136	120
2	63	14	5	108	73	8	—	136

Таблица 63

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}95$; $P_\beta = 0{,}85$; $n'_\alpha = 23{,}95$; $n'_\beta = 17{,}68$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	16	—	3	46	19	6	72	59
1	27	—	4	55	32	7	—	72
2	37	9	5	63	45			

Таблица 64

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}95$; $P_\beta = 0{,}80$; $n'_\alpha = 13{,}88$; $n'_\beta = 9{,}91$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	11	—	2	26	11	4	—	32
1	19	—	3	32	23			

Таблица 65

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}925$; $P_\beta = 0{,}775$; $n'_\alpha = 14{,}92$; $n'_\beta = 11{,}40$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	10	—	3	30	13	6	47	40
1	17	—	4	36	22	7	—	47
2	24	6	5	41	31			

Таблица 66

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0.925$; $P_\beta = 0{,}7$; $n'_\alpha = 8{,}63$; $n'_\beta = 6.36$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	7	—	1	12	—	2	16	8
						3	—	16

Таблица 67

$\alpha = \beta = 0{,}15$; $P_\alpha = 0{,}9$; $P_\beta = 0{,}7$; $n'_\alpha = 9{,}96$; $n'_\beta = 7{,}75$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	7	—	2	17	5	4	25	18
1	12	—	3	21	11	5	—	25

Таблица 68

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}99$; $P_\beta = 0{,}98$; $n'_\alpha = 265{,}09$; $n'_\beta = 214{,}32$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	128	—	6	551	283	12	920	730
1	211	—	7	615	353	13	980	808
2	284	42	8	677	425	14	1040	888
3	354	93	9	739	499	15	1099	968
4	422	151	10	800	575	16	1158	1049
5	487	215	11	860	652	17	1216	1130
						18	1274	1213

Таблица 69

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0.99$; $P_\beta = 0{,}97$; $n'_\alpha = 91{,}93$; $n'_\beta = 66{,}83$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	71	—	2	169	64	4	256	196
1	122	—	3	213	127	5	—	256

Таблица 70

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}99$; $P_\beta = 0{,}96$; $n'_\alpha = 55{,}91$; $n'_\beta = 41{,}40$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	48	—	1	85	—	2	119	92

Таблица 71

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0.98$; $P_\beta = 0{,}96$; $n'_\alpha = 129{,}22$; $n'_\beta = 104{,}59$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	63	—	6	274	144	12	457	368
1	104	—	7	305	179	13	487	408
2	141	21	8	336	215	14	517	448
3	175	47	9	367	253	15	546	488
4	209	77	10	397	291	16	576	529
5	242	109	11	427	329	17	605	570
						18	—	605

Таблица 72

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0.98$; $P_\beta = 0{,}94$; $n'_\alpha = 45{,}17$; $n'_\beta = 33{,}19$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	35	—	2	83	32	4	127	99
1	60	—	3	105	64	5	—	127

Таблица 73

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}98$; $P_\beta = 0{,}92$; $n'_\alpha = 27{,}94$; $n'_\beta = 20{,}83$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	24	—	1	42	—	2	59	48

Таблица 74

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}97$; $P_\beta = 0{,}94$; $n'_\alpha = 85{,}71$; $n'_\beta = 69{,}31$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	42	—	6	182	96	12	304	247
1	69	—	7	203	120	13	342	273
2	93	14	8	233	144	14	344	300
3	117	32	9	244	169	15	363	327
4	139	52	10	264	195	16	383	354
5	161	73	11	284	220	17	402	381
						18	—	402

Таблица 75

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}97$; $P_\beta = 0{,}91$; $n'_\alpha = 29{,}64$; $n'_\beta = 22{,}07$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	23	—	2	55	21	4	83	66
1	39	—	3	69	43	5	—	83

Таблица 76

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}97$; $P_\beta = 0{,}88$; $n'_\alpha = 18{,}69$; $n'_\beta = 14{,}00$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	16	—	1	28	—	2	39	38

Таблица 77

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}95$; $P_\beta = 0{,}9$; $n'_\alpha = 48{,}53$; $n'_\beta = 39{,}63$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	24	—	6	107	59	12	180	150
1	40	—	7	120	73	13	192	166
2	55	9	8	132	88	14	204	182
3	69	19	9	114	103	15	216	198
4	82	32	10	157	118	16	227	214
5	95	45	11	169	134	17	—	227

Таблица 78

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}95$; $P_\beta = 0{,}80$; $n'_\alpha = 10{,}62$; $n'_\beta = 8{,}34$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	9	—	1	16	—	2	23	26

Таблица 79

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_\alpha = 0{,}95$; $P_\beta = 0{,}85$; $n'_\alpha = 16{,}91$; $n'_\beta = 12{,}91$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	13	—	2	32	13	4	49	40
1	23	—	3	41	26	5	—	49

Таблица 80

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_0 = 0{,}925$; $P_1 = 0{,}85$; $n'_\alpha = 31{,}72$; $n'_\beta = 26{,}19$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	16	—	5	62	30	10	103	80
1	26	—	6	70	40	11	111	90
2	36	6	7	79	49	12	112	101
3	45	13	8	87	59	13	127	112
4	54	21	9	95	70	14	134	123

Таблица 81

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_0 = 0{,}925$; $P_1 = 0{,}775$; $n'_\alpha = 10{,}61$; $n'_\beta = 8{,}37$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	8	—	2	21	9	4	—	27
1	15	—	3	27	17			

Таблица 82

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_0 = 0{,}925$; $P_1 = 0{,}7$; $n'_\alpha = 6{,}99$; $n'_\beta = 5{,}64$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	6	—	1	10	—	2	14	19

Таблица 83

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_0 = 0{,}9$; $P_1 = 0{,}8$; $n'_\alpha = 23{,}36$; $n'_\beta = 19{,}57$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	12	—	5	46	23	10	77	61
1	19	—	6	52	30	11	82	69
2	26	4	7	58	38	12	88	77
3	33	10	8	65	45	13	94	85
4	40	16	9	71	53	14	100	93

Таблица 84

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_0 = 0{,}9$; $P_1 = 0{,}7$; $n'_\alpha = 7{,}79$; $n'_\beta = 6{,}20$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	6	—	2	15	7	4	—	19
1	11	—	3	19	14			

Таблица 85

$\alpha = \beta = 0{,}2$; $P_0 = 0{,}9$; $P_1 = 0{,}6$; $n'_\alpha = 4{,}75$; $n'_\beta = 4{,}17$

r	n_α	n_β	r	n_α	n_β	r	n_α	n_β
0	4	—	1	7	—	2	10	13

В процессе контроля фиксируют суммарное число испытанных образцов к моменту получения очередного отказа. Решение принимают после сопоставления суммарного числа проверенных образцов с нормативами, указанными в планах для соответствующего числа отказов. Решение о соответствии принимают в случае, если суммарное число проверенных образцов окажется равным или больше нормативных значений, указанных в таблице плана для соответствующего числа отказов. Решение о несоответствии принимают в случае, если суммарное число проверенных образцов окажется меньше нормативных значений, указанных в таблице плана для соответствующего числа отказов.

3. Контроль интенсивности отказов

Для планирования испытаний необходим пересчет требований к интенсивности отказов на требования к вероятности безотказной работы.

3.1. Нормальное распределение

Пересчет интенсивности отказов на соответствующую ей вероятность безотказной работы проводят по табл. 86, в которой приведены значения

$$t\lambda\ (t) = \left(\frac{1}{v} + u_p\right) \lambda\ (u_p)\ ,$$

где $v = \sigma / T_{ср}$,

$$u_p = \frac{t - T_{ср}}{\sigma},$$

$\lambda\ (u_p)$ — обратное отношение Миллса.

Таблица 86

Значения $t\lambda\ (t)$ при нормальном распределении

$(1-P)$ 100 %	u_p	$\lambda\ (u_p)$	Коэффициент вариации v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,010	—3,72	0,0004	0,0025	0,0012	0,0005	0,0001	
0,015	—3,62	0,0006	0,0038	0,0018	0,0008	0,0002	
0,025	—3,48	0,0009	0,0059	0,0029	0,0014	0,0005	
0,040	—3,35	0,0015	0,0099	0,0049	0,0025	0,0010	
0,065	—3,22	0,0021	0,0142	0,0072	0,0037	0,0016	0,0002
0,100	—3,10	0,0033	0,0228	0,0118	0,0063	0,0030	0,0008
0,150	—2,968	0,0040	0,0281	0,0148	0,0081	0,0041	0,0014
0,250	—2,807	0,0077	0,0554	0,0297	0,0169	0,0092	0,0040
0,400	—2,653	0,0120	0,0882	0,0482	0,0282	0,0162	0,0081
0,650	—2,484	0,0170	0,1278	0,0712	0,0428	0,0258	0,0144
1,000	—2,327	0,0268	0,2056	0,1164	0,0716	0,0448	0,0269
1,500	—2,170	0,0387	0,3030	0,1741	0,1095	0,0708	0,0449
2,500	—1,960	0,0602	0,4840	0,2835	0,1830	1,1228	0,0825
4,000	—1,751	0,0900	0,7424	0,4427	0,2924	0,2024	0,1421
6,500	—1,514	0,136	1,1540	0,7012	0,4741	0,3381	0,2469
10,000	—1,282	0,196	1,7087	1,0560	0,7287	0,5327	0,4014

3.2. Распределение Вейбулла (экспоненциальное распределение при $b = 1$)

$$P\ (t) = e^{-\frac{t}{b}\lambda\ (t)}\ .$$

Для облегчения расчетов в табл. 87 приведены значения $100\ t\lambda\ (t)$.

Таблица 87

Значения $100\ t\lambda\ (t)$ в зависимости от $(1-P)$ 100 % и параметра b при распределении Вейбулла

$(1-P)$ 100 %	b									
	1/3	1/2	2/3	1	1 1/3	1 2/3	2	2 1/2	3 1/3	4
0,010	0,0033	0,0055	0,0067	0,010	0,013	0,017	0,020	0,025	0,033	0,040
0,015	0,0050	0,0075	0,0100	0,015	0,020	0,025	0,030	0,038	0,050	0,060
0,025	0,0083	0,0120	0,0170	0,025	0,033	0,042	0,050	0,063	0,083	0,100
0,040	0,0130	0,0200	0,270	0,040	0,053	0,067	0,080	0,100	0,130	0,160
0,065	0,0220	0,0320	0,0430	0,065	0,087	0,110	0,130	0,160	0,220	0,260
0,100	0,330	0,0500	0,0670	0,100	0,130	0,170	0,200	0,250	0,330	0,400
0,150	0,0500	0,0750	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,380	0,500	0,600
0,250	0,83	0,130	0,170	0,250	0,330	0,420	0,500	0,630	0,830	1,000
0,650	0,220	0,330	0,440	0,650	0,870	1,090	1,300	1,630	2,170	2,610

Продолжение табл. 87

$(1-P)$ 100 %	b									
	1/3	1/2	2/3	1	1 1/3	1 2/3	2	2 1/2	3 1/3	4
1,00	0,340	0,500	0,670	1,010	1,340	1,680	2,010	2,510	3,350	4,020
1,50	0,500	0,760	1,010	1,510	2,020	2,520	3,020	3,780	5,040	6,040
2,50	0,840	1,270	1,690	2,530	2,380	4,220	5,060	6,830	8,440	10,10
4,0	1,360	2,040	2,720	4,080	5,440	6,800	8,160	10,20	13,60	16,30
6,5	2,240	3,360	4,480	6,720	8,960	11,20	13,40	16,80	22,40	26,90
10,0	3,510	5,270	7,020	10,50	14,0	17,60	21,10	26,30	35,10	42,10

Пересчет на меньшую продолжительность испытаний проводят по табл. 88, где подсчитаны значения $\lambda(t)/\lambda(t_и)$ в зависимости от отношения $t/t_и$ при различных значениях b. Эту таблицу можно использовать и для пересчета вероятности отказа, используя зависимость

$$\frac{t}{t_и} \cdot \frac{\lambda(t)}{\lambda(t_и)} = \frac{\ln P(t)}{\ln P(t_и)}.$$

Таблица 88

Отношение $\lambda(t)/\lambda(t_и)$ для различных комбинаций $\frac{t}{t_и}$ и b при распределении Вейбулла

$\frac{t}{t_и}$	b									
	1/3	1/2	2/3	1	1 1/3	1 2/3	2	2 1/2	3 1/3	4
1,25	0,862	0,894	0,928	1,00	1,08	1,16	1,25	1,40	1,68	2,95
1,50	0,763	0,816	0,873	1,00	1,14	1,31	1,50	1,84	2,57	3,38
1,75	0,689	0,756	0,823	1,00	1,21	1,45	1,75	2,32	3,69	5,36
2,00	0,630	0,707	0,794	1,00	1,26	1,59	2,00	2,83	5,04	8,00
2,25	0,583	0,667	0,763	1,00	1,31	1,72	2,25	2,38	6,64	11,4
2,50	0,543	0,632	0,734	1,00	1,36	1,84	2,50	3,95	8,49	15,6
2,75	0,510	0,603	0,714	1,00	1,40	1,96	2,75	4,56	10,6	20,8
3,00	0,481	0,577	0,694	1,00	1,44	2,08	3,00	5,20	13,0	27,0
3,25	0,456	0,555	0,675	1,00	4,48	2,19	3,25	5,86	15,6	34,3
3,50	0,434	0,534	0,659	1,00	1,52	2,30	3,50	6,55	18,4	42,9
4,00	0,397	0,500	0,630	1,00	1,59	2,52	4,00	8,00	25,4	64,0
4,25	0,381	0,485	0,617	1,00	1,62	2,62	4,25	8,76	29,3	76,8
4,50	0,367	0,472	0,606	1,00	1,65	2,73	4,50	9,54	33,4	91,1
4,75	0,354	0,459	0,595	1,00	1,68	2,83	4,75	10,4	37,9	107
5,00	0,342	0,447	0,585	1,00	1,71	2,92	5,00	11,2	42,8	125

4. Контроль среднего времени восстановления

Для контроля среднего времени восстановления применяют планы п. 1, заменяя $T_α/T_β$ на $T_{иβ}/T_{иα}$. Испытания продолжают до получени r отказов. Решение о соответствии требованиям принимают при условии $t_Σ < t_{max}$.

5. Контроль комплексных показателей надежности

5.1. Планы контроля п. 2 применимы для комплексных показателей вероятностного типа (коэффициенты готовности, оперативной готовности, технического использования, сохранения эффективности и т. п.), когда они могут быть представлены в виде частости некоторого события (работоспособности в тот или иной момент времени, несрыва выполнения задания из-за отказов и др.). В процессе испытаний фиксируют число опытов, в которых это событие могло осуществиться (n), и число опытов, в которых оно фактически имело место ($n—r$). Таким образом, контролю подвергают показатель вида «вероятность» с точечной оценкой

$\hat{P} = (n-r)/n$.

5.2. Контроль коэффициента готовности в случае, когда наработка между отказами и время восстановления распределены экспоненциально.

5.2.1. *Одноступенчатый контроль*

Параметры плана контроля определяют по табл. 89 и 90. Испытания ведут до получения числа отказов и восстановлений, равного запланированному числу r. Решение о соответствии принимают при $\hat{K}_{\text{г}} \geq K_{\text{гс}}$, в противном случае принимают решение о несоответствии. Значение $\hat{K}_{\text{г}}$ вычисляют по формуле

$$\hat{K}_{\text{г}} = \hat{T} / (\hat{T}_{\text{в}} + \hat{T}),$$

где $\hat{T} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{r} t_i$; $\hat{T}_{\text{в}} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{r} t_{\text{в}i}$; t_i и $t_{\text{в}i}$ — i-е интервалы безотказной работы и восстановления, соответственно.

Таблица 89

Планы контроля (число отказов r и оценочный норматив $K_{\text{гс}}$) коэффициента готовности при $\alpha = \beta = 0{,}05$

$K_{\text{гн}}$	$1 - K_{\text{г}\beta} / 1 - K_{\text{г}\alpha}$									
	2,0		2,5		3,0		4,0		5,0	
	r	$K_{\text{гс}}$	r	$K_{\text{гс}}$	r	$K_{\text{гс}}$	r	$K_{\text{гс}}$	r	$K_{\text{гс}}$
0,9	33	0,857	18	0,839	12	0,822	—	—	—	—
0,95	39	0,929	22	0,920	14	0,914	9	0,898	7	0,882
0,96	40	0,943	23	0,936	16	0,930	9	0,920	7	0,906
0,97	41	0,958	24	0,952	16	0,948	10	0,940	8	0,930
0,98	42	0,972	25	0,968	17	0,965	11	0,959	8	0,955
0,99	44	0,986	25	0,984	18	0,982	11	0,980	8	0,978
0,995	44	0,993	26	0,9921	18	0,9913	11	0,9901	9	0,9885
0,998	45	0,9972	26	0,9968	18	0,9965	12	0,9959	9	0,9954
0,999	45	0,9986	26	0,9984	18	0,9983	12	0,9980	9	0,9977
0,9995	45	0,99929	26	0,99921	18	0,99914	12	0,99900	9	0,99890
0,9999	45	0,99986	26	0,99984	18	0,99983	12	0,99980	9	0,99977

Таблица 90

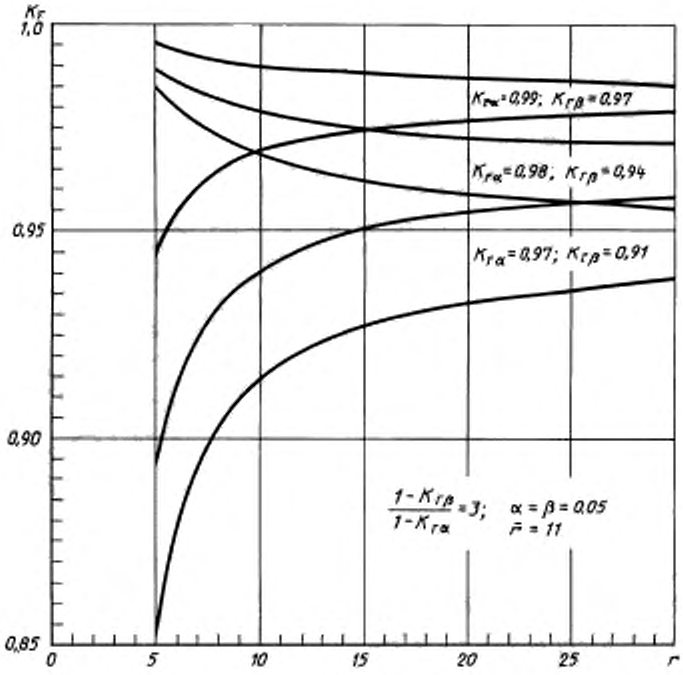
Планы контроля (число отказов r и оценочный норматив $K_{\text{гс}}$) коэффициента готовности при $\alpha = \beta = 0{,}10$

$K_{\text{гн}}$	$1 - K_{\text{г}\beta} / 1 - K_{\text{г}\alpha}$									
	2,0		2,5		3,0		4,0		5,0	
	r	$K_{\text{гс}}$	r	$K_{\text{гс}}$	r	$K_{\text{гс}}$	r	$K_{\text{гс}}$	r	$K_{\text{гс}}$
0,9	20	0,857	11	0,840	8	0,818	—	—	—	—
0,95	25	0,928	14	0,920	9	0,913	6	0,986	4	0,886
0,96	25	0,943	14	0,936	10	0,929	6	0,918	5	0,903
0,97	25	0,958	15	0,952	10	0,948	6	0,940	5	0,929
0,98	25	0,972	15	0,968	11	0,965	7	0,959	5	0,954
0,99	27	0,986	16	0,984	11	0,983	7	0,980	5	0,978
0,995	27	0,993	16	0,992	11	0,9913	7	0,990	5	0,989
0,998	28	0,9972	16	0,9968	11	0,9965	7	0,9963	5	0,9957
0,999	28	0,9986	16	0,9984	11	0,9983	7	0,9980	5	0,9978
0,9995	28	0,99929	16	0,99921	11	0,99914	7	0,9990	5	0,9989
0,9999	28	0,99986	16	0,99984	11	0,99983	7	0,99980	5	0,99978

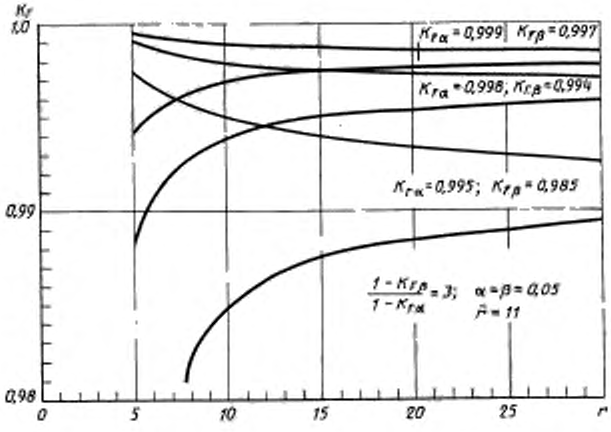
5.2.2. *Последовательный контроль*

Зоны приемки и браковки для ряда значений $K_{\text{г}\alpha}$ и $K_{\text{г}\beta}$ при рисках $\alpha = \beta = 0{,}05$ и $\alpha = \beta = 0{,}1$, а также среднее число отказов до принятия решения r' приведены на черт. 4 — 11. Испытаниям подвергают одно или несколько изделий. Оценку $K_{\text{г}}$ проводят после каждого r-го восстановления. Если изделий несколько, то статистика суммируется по всем изделиям, но по каждому только до последнего восстановления включительно.

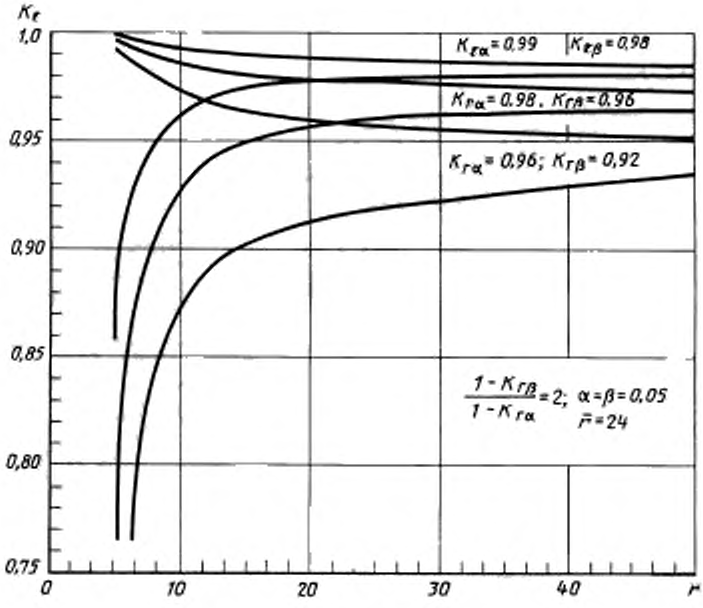
На каждом r-м шаге процесса вычисляют точечную оценку коэффициента готовности $\hat{K}_{\text{г}r}$ по формулам п. 5.2.1.


K_r
1,0
0,95
0,90
0,85
0
5
10
15
20
25
r
$K_{r\alpha}=0,99$; $K_{r\beta}=0,97$
$K_{r\alpha}=0,98$; $K_{r\beta}=0,94$
$K_{r\alpha}=0,97$; $K_{r\beta}=0,91$
$\frac{1-K_{r\beta}}{1-K_{r\alpha}}=3$; $\alpha=\beta=0,05$
$\bar{r}=11$

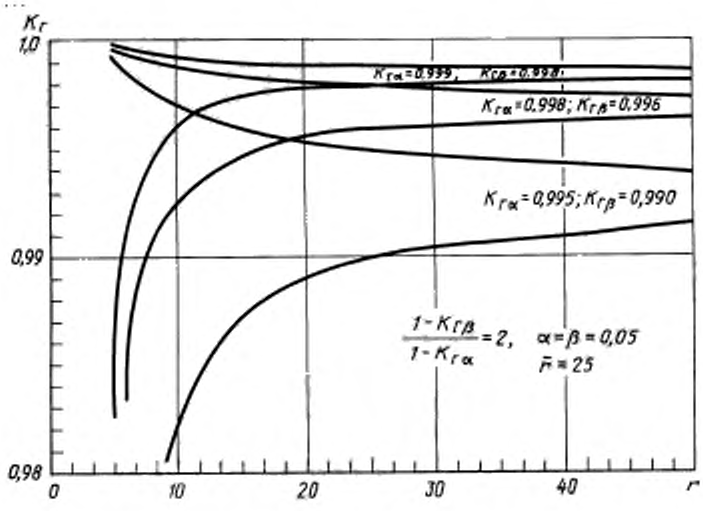
Черт. 4


K_r
1,0
0,99
0,98
0
5
10
15
20
25
r
$K_{r\alpha}=0,999$; $K_{r\beta}=0,997$
$K_{r\alpha}=0,998$; $K_{r\beta}=0,994$
$K_{r\alpha}=0,995$; $K_{r\beta}=0,985$
$\frac{1-K_{r\beta}}{1-K_{r\alpha}}=3$; $\alpha=\beta=0,05$
$\bar{r}=11$

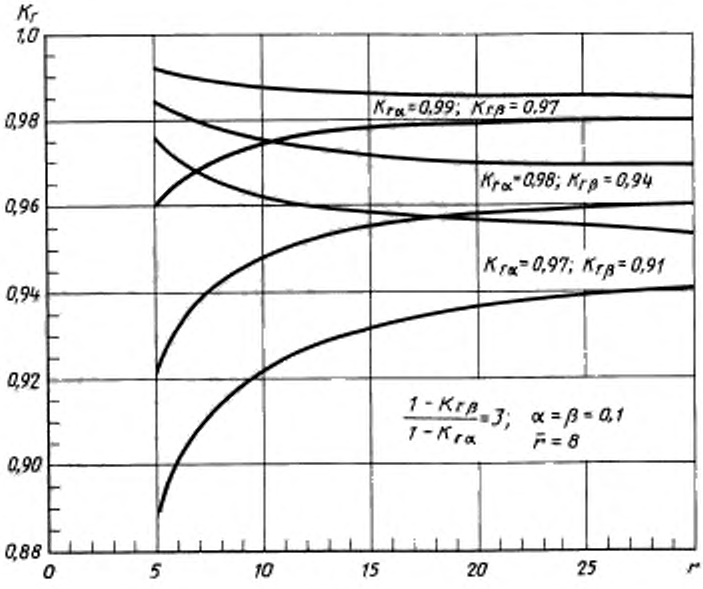
Черт. 5


K_r
1,0
0,95
0,90
0,85
0,80
0,75
0
10
20
30
40
r
$K_{r\alpha}=0,99$ $K_{r\beta}=0,98$
$K_{r\alpha}=0,98$, $K_{r\beta}=0,96$
$K_{r\alpha}=0,96$; $K_{r\beta}=0,92$
$\frac{1-K_{r\beta}}{1-K_{r\alpha}}=2$; $\alpha=\beta=0,05$
$\bar{r}=24$

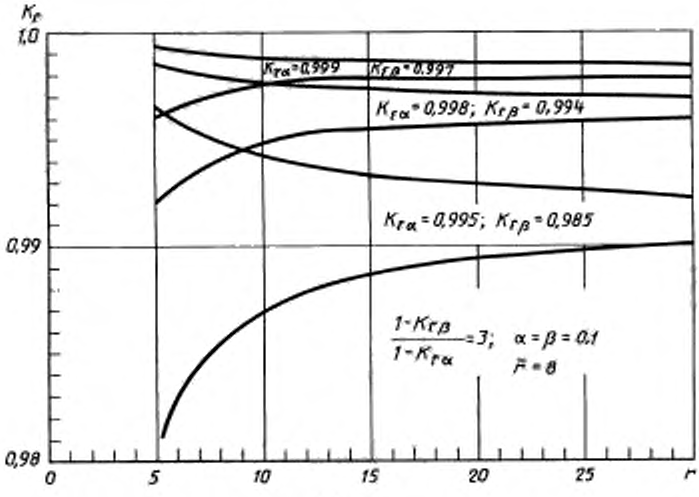
Черт. 6


K_r
1,0
0,99
0,98
0
10
20
30
40
r
$K_{r\alpha}=0,998$; $K_{r\beta}=0,996$
$K_{r\alpha}=0,995$; $K_{r\beta}=0,990$
$\frac{1-K_{r\beta}}{1-K_{r\alpha}}=2$, $\alpha=\beta=0,05$
$\bar{r}=25$

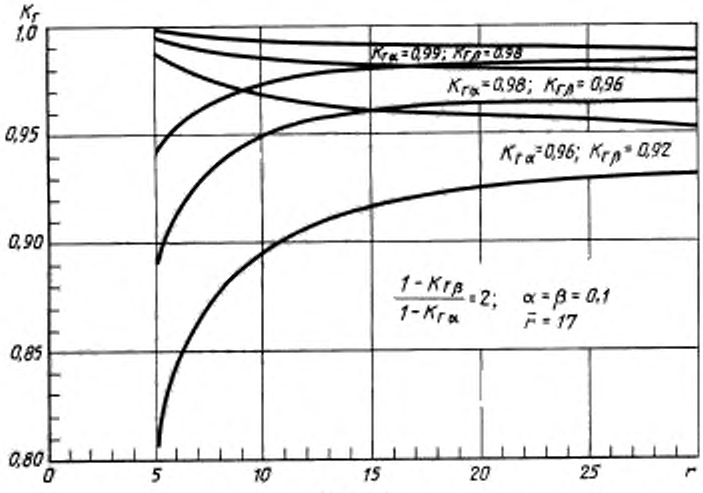
Черт. 7


K_r
1,0
0,98
0,96
0,94
0,92
0,90
0,88
0
5
10
15
20
25
r
$K_{r\alpha}=0,99;\ K_{r\beta}=0,97$
$K_{r\alpha}=0,98;\ K_{r\beta}=0,94$
$K_{r\alpha}=0,97;\ K_{r\beta}=0,91$
$\frac{1-K_{r\beta}}{1-K_{r\alpha}}=3;\quad \alpha=\beta=0,1$
$\bar{r}=8$

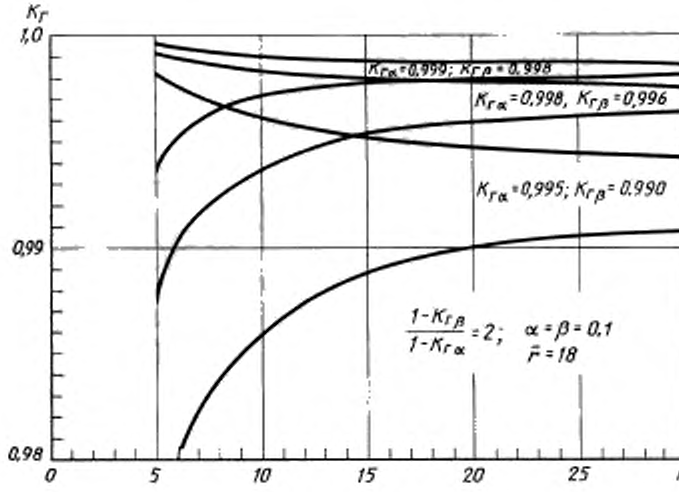
Черт. 8


K_r
1,0
0,99
0,98
0
5
10
15
20
25
r
$K_{r\alpha}=0,999$
$K_{r\beta}=0,997$
$K_{r\alpha}=0,998;\ K_{r\beta}=0,994$
$K_{r\alpha}=0,995;\ K_{r\beta}=0,985$
$\frac{1-K_{r\beta}}{1-K_{r\alpha}}=3;\quad \alpha=\beta=0,1$
$\bar{r}=8$

Черт. 9



Черт. 10



Черт. 11

При $\hat{K}_{гг} \geq K_{пр}(r)$, где $K_{пр}(r)$ — граница зоны приемки, контроль прекращают и выносят решение о соответствии изделия требованиям по коэффициенту готовности.

При $\hat{K}_{гг} \leq K_{бр}(r)$, где $K_{бр}(r)$ — граница зоны браковки, контроль прекращают и выносят решение о несоответствии изделия требованиям по коэффициенту готовности.

При $K_{бр}(r) < \hat{K}_{гг} < K_{пр}(r)$ контроль продолжается до следующего восстановления.

6. Контроль любых показателей надежности при помощи доверительных границ

Правила принятия решения с использованием доверительных границ применимы как при наличии, так и при отсутствии предварительного планирования испытаний. Метод позволяет принять решение о соответствии изделия требованиям к надежности и при этом указать условную вероятность ошибочности решения — наблюдаемый риск поставщика или потребителя.

Объем наблюдений n (число опытов, суммарная наработка и т. п.) фиксируется, как указано в пп. 6.1 или 6.2. Предполагается, что известен способ определения верхней и нижней доверительных границ $\overline{R}_{\gamma_1}(\hat{R}, n)$ и $\underline{R}_{\gamma_2}(\hat{R}, n)$ для контролируемого показателя с выбранными вероятностями γ_1 и γ_2 как функций объема наблюдений n и статистики $\hat{R}$. Такой статистикой может быть число успешных опытов, число отказов и т. п. либо вычисленная по этим данным точечная оценка контролируемого показателя. Если образцов изделия несколько, то вопрос объединения данных решается при вычислении $\overline{R}_{\gamma_1}(\hat{R}, n)$ и $\underline{R}_{\gamma_2}(\hat{R}, n)$.

Приводимые ниже формулы относятся к показателям, ограниченным снизу. Для показателей, ограниченных сверху, знаки неравенств должны быть соответственно изменены.

6.1. Контроль при помощи доверительных границ без предварительного планирования испытаний

6.1.1. Объем испытаний определяется организационно-техническими соображениями (используются все имеющиеся экспериментальные данные) и может быть неизвестен заранее. Так, на испытаниях опытных образцов изделий контроль надежности может совмещаться с проверками других показателей и проводиться по данным, накопленным в ходе этих проверок; при контроле надежности в ходе эксплуатации изделий используется случайная величина — наработка подконтрольных образцов за отчетный период (квартал, год).

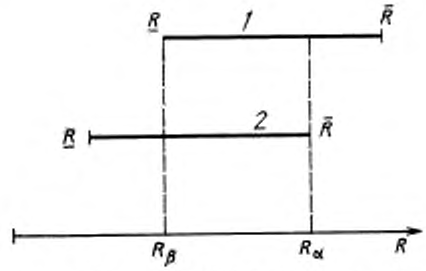
6.1.2. По окончании наблюдений с результатом (накопленной статистикой) $\tilde{R}$ определяют доверительный интервал $[\overline{R}_{\gamma_1}(\tilde{R}, n), \underline{R}_{\gamma_2}(\tilde{R}, n)]$. При этом значения γ_1 и γ_2 подбирают так, чтобы выполнялось одно из условий:

$$\underline{R}_{\gamma_2}(\tilde{R}, n) = R_\beta; \ \overline{R}_{\gamma_1}(\tilde{R}, n) > R_\alpha \tag{1}$$

или

$$\overline{R}_{\gamma_1}(\tilde{R}, n) = R_\alpha; \ \underline{R}_{\gamma_2}(\tilde{R}, n) < R_\beta. \tag{2}$$

Меняя γ_1 и γ_2, следует соблюдать заранее выбранное соотношение между ними (рекомендуется $\gamma_1 = \gamma_2$). При увеличении γ_1 и γ_2 доверительный интервал сужается, а при уменьшении расширяется (с обеих сторон). Если при некоторых γ_1 и γ_2 выполняется условие (1), то выносят решение о соответствии изделия заданным требованиям (черт. 12).



1 — условие соответствия; *2* — условие несоответствия

Черт. 12

Затем определяют наблюдаемый риск потребителя $\hat{\beta}$, т. е. условную вероятность результата $\hat{R}$, который не хуже реально полученного $\tilde{R}$, при условии, что истинный показатель надежности изделия соответствует уровню R_β

$$\hat{\beta} = P\left\{\hat{R} \geq \tilde{R} \,\middle|\, R = R_\beta\right\} = 1 - \gamma_2. \tag{3}$$

Если выполняется условие (2), то выносят решение о несоответствии и определяют наблюдаемый риск поставщика, т. е. условную вероятность результата наблюдений $\hat{R}$, который не лучше реально полученного $\tilde{R}$, при условии, что истинный показатель надежности изделия соответствует уровню R_α

$$\hat{\alpha} = P\left\{\hat{R} \leq \tilde{R} \,\middle|\, R = R_\alpha\right\} = 1 - \gamma_1. \tag{4}$$

В каждом конкретном случае при согласованном изменении γ_1 и γ_2 выполняется одно и только одно из условий (1, 2).

6.1.3. При подборе значений γ_1 и γ_2 допускается нестрогое совмещение границ заданного и доверительного интервалов. Необходимо лишь их смещение (полное перекрытие одного интервала другим должно быть исключено), при этом формулы (3) — (4) переходят в неравенства:

$$\text{при } \underline{R}_{\gamma_2}(\bar{R}, n) \geq R_\beta \text{ и } \overline{R}_{\gamma_1}(\bar{R}, n) > R_\alpha \ \hat{\beta} \leq 1 - \gamma_2 ;$$

$$\text{при } \overline{R}_{\gamma_1}(\bar{R}, n) \leq R_\alpha \text{ и } \underline{R}_{\gamma_2}(\bar{R}, n) < R_\beta \ \hat{\alpha} \leq 1 - \gamma_1 .$$

6.2. Планируемый контроль при помощи доверительных границ

6.2.1. Планирование контроля при помощи доверительных границ позволяет обеспечивать наблюдаемые риски $\hat{\alpha}$ (или $\hat{\beta}$), не превосходящие заданных значений (планируемых рисков) α и β.

Применение доверительных границ не меняет необходимого объема наблюдений и принимаемых решений по сравнению с обычным одноступенчатым контролем. Оценочный норматив также сохраняется, приняв форму условий п. 6.2.2.

6.2.2. Планирование контроля сводится к решению системы уравнений относительно двух неизвестных $\hat{R}$ и n:

$$\underline{R}_{1-\beta}(\hat{R}, n) = R_\beta ; \ \overline{R}_{1-\alpha}(\hat{R}, n) = R_\alpha ,$$

где $\underline{R}_{1-\beta}(\hat{R}, n)$ и $\overline{R}_{1-\alpha}(\hat{R}, n)$ — функции, определяющие доверительные границы.

Решение указанной системы определяет требуемый объем наблюдений n^* и критическое значение статистики R^*, которое можно использовать как оценочный норматив. Условия соответствия и несоответствия применяют в форме (1), (2) или любого из приводимых ниже неравенств.

Условие соответствия:

$$\bar{R} > R^*$$

или

$$\underline{R}_{1-\beta}(\bar{R}, n^*) > R_\beta ,$$

или

$$\overline{R}_{1-\alpha}(\bar{R}, n^*) > R_\alpha .$$

Условие несоответствия:

$$\bar{R} < R^*,$$

или

$$\underline{R}_{1-\beta}(\bar{R}, n^*) < R_\beta ,$$

или

$$\overline{R}_{1-\alpha}(\bar{R}, n^*) < R_\alpha .$$

Для уточнения вероятности ошибочности решения определяют наблюдаемый риск поставщика $\hat{\alpha}$ или потребителя $\hat{\beta}$ согласно п. 6.1.2.

6.2.3. Если известны формулы или таблицы планов обычного одноступенчатого контроля, рекомендуется использовать их для определения требуемого объема наблюдений для контроля по доверительным границам, не решая системы уравнений п. 6.2.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
Обязательное

КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ (РП)

1. Методы и планы контроля, изложенные в разд. 1, 3, 4 и приложении 7, применяют для испытаний на РП; при этом под отрицательным исходом наблюдений следует понимать события, когда продолжительность восстановления превышает заданную, под P — вероятность восстановления на заданное время, под T — среднее время восстановления. При выборе плана испытаний для контроля среднего времени восстановления отношение T_α/T_β заменяют на отношение $T_{\alpha\beta}/T_{\beta\alpha}$.

2. Испытания изделий на РП заключаются в выполнении на испытуемых образцах операций технического обслуживания (ТО) и ремонтов в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации, регистрации значений всех величин, необходимых для определения и контроля показателей РП и оценки совершенства указанной документации по полноте и порядку изложения.

3. Цели испытаний на РП:

определение значений количественных показателей РП;

контроль соответствия требованиям по РП, заданным в нормативно-технической документации (НТД) на изделия;

выявление конструктивных недостатков, снижающих РП, и разработка мероприятий по их устранению;

оценка полноты и качества эксплуатационной и ремонтной документации;

выявление схемно-конструктивных недостатков, снижающих уровень РП, и разработка рекомендаций по их устранению.

4. Контроль изделий осуществляется в составе испытаний:

предварительных;

приемочных;

квалификационных;

периодических (по требованию заказчика);

типовых.

Испытания на РП проводят, как правило, экспериментальными методами. При наличии технико-экономического обоснования, невозможности или нецелесообразности применения экспериментальных методов допускается по согласованию с заказчиком (потребителем) проводить контроль на РП расчетно-экспериментальными методами (РЭМ).

На приемочных испытаниях по согласованию могут быть использованы данные предварительных испытаний на РП. В этом случае (и во всех случаях применения РЭМ) возможность использования априорной информации для контроля показателей РП и ее источники должны быть согласованы до начала контроля и указаны в программе (методике) испытаний.

5. Типовые испытания РП изделия проводят на серийном образце в случаях:

реализации конструкторско-технологических мероприятий, вызывающих изменение показателей РП;

применения новых прогрессивных средств для проведения ремонта, в том числе диагностирования;

применения новых прогрессивных технологических процессов восстановления (текущего ремонта).

6. Испытания изделия на РП проводят по программам и методикам, составляемым организацией, проводящей испытания, и подлежащим согласованию с разработчиком (изготовителем), заказчиком (основным потребителем) и утверждению в установленном порядке.

7. Испытания на РП могут проводиться отдельно или совместно с другими испытаниями.

8. При испытании изделий на РП применяют методы:

испытания с возникающей необходимостью восстановления;

испытания с моделированием отказов;

комбинированные испытания.

8.1. Метод испытания на ремонтопригодность с возникающей необходимостью восстановления заключается в том, что изделия подвергают нормальным или ускоренным испытаниям на безотказность и долговечность в условиях и объеме, установленных программой испытаний, а необходимую для оценки ремонтопригодности информацию получают при выполнении операции технического обслуживания и плановых ремонтов, предусмотренных эксплуатационной и ремонтной документацией, а также неплановых ремонтов по выявлению и устранению отказов и повреждений, возникающих в процессе испытаний.

8.2. Метод испытания на РП с моделированием отказов заключается в том, что отказы изделия имитируют или преднамеренно создают в соответствии с программой испытаний, а информацию получают в соответствии с п. 8.1.

8.3. Метод комбинированных испытаний на РП заключается в использовании перечисленных выше методов в любом их сочетании, установленном в методиках испытаний.

9. При контроле РП используют источники информации:

данные хронометрических наблюдений за выполнением всех операций по ремонту изделий;

данные о затратах времени, труда и средств, установленные при проведении подобных операций на аналогах или прототипах;

результаты анализа выявленных конструктивных недостатков, ухудшающих РП, и принятых по ним мероприятий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
Справочное

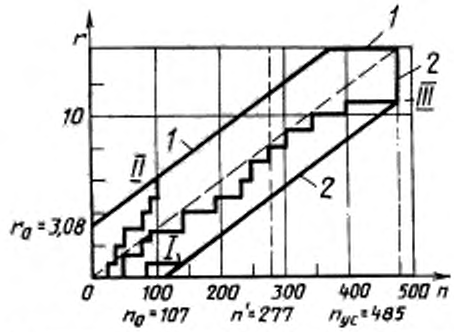
ПРИМЕРЫ ПЛАНИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

1. Для контроля надежности гальванических элементов заданы два уровня вероятности безотказной работы $P(t)$, $t = 20$ ч: $P_\alpha = 0{,}98$ и $P_\beta = 0{,}96$, а также риски $\alpha = \beta = 0{,}1$. Определить план контроля по одноступенчатому методу.

Решение. По табл. 34 приложения 7 для заданных P_α, P_β, α и β находим $n = 471$, $C_\alpha = 13$. Это означает, что для контроля необходимо организовать 471 цикл работы изделия длительностью 20 ч каждый. Испытания прекращают либо при возникновении 14-го отказа с отрицательным результатом, либо по окончании 471-го цикла с положительным результатом, если к этому моменту число зафиксированных отказов было меньше 14. Истинные риски составляют $\alpha' = 0{,}096$; $\beta' = 0{,}1$. Поскольку элемент, отработавший 20 ч, не может считаться новым, для контроля необходим 471 элемент.

2. Для исходных данных примера 1 определить план контроля по последовательному методу.

Решение. По табл. 37 приложения 7 для заданных P_α, P_β, α и β находят $a = 0{,}0289$; $r_0 = 3{,}08$; $r_{yc} = 14$; $n_0 = 107$; $n' = 277$ и подсчитывают $n_{yc} = r_{yc}/a = 14/0{,}0289 = 485$. На основании этих данных строят график последовательного контроля (черт. 13). Для контроля необходимо организовать 277 циклов работы изделия длительностью 20 ч каждый. По мере завершения каждого цикла подсчитывают накопленное число законченных циклов n и накопленное число отрицательных исходов r, а на черт. 13 наносят точки с координатами (r, n), по которым строят ступенчатую линию. На черт. 13 представлены некоторые из возможных реализаций испытаний. Реализация I означает положительный результат испытаний, реализация II — отрицательный. В случае реализации III понадобилось поставить на испытания дополнительно 208 изделий; результат положителен.



1 — линия несоответствия; *2* — линия соответствия

Черт. 13

3. В технических условиях на изделие заданы два уровня средней наработки на отказ $T_\alpha = 2000$ ч и $T_\beta = 1000$ ч, а также риски $\alpha = \beta = 0{,}1$ и параметр формы распределения Вейбулла $b = 2$. Определить план контроля по последовательному методу.

Решение. Подсчитывают

$$\left(\frac{T_\alpha}{T_\beta}\right)^b = \left(\frac{2000}{1000}\right)^2 = 4.$$

По табл. 5 приложения 7 для $T_\alpha / T_\beta = 4$ при $\alpha = \beta = 0{,}1$ находят $a = 2{,}16$; $r_0 = 1{,}59$; $r_{yc} = 4$; $(t_0/T_\alpha)^b = 0{,}732$; $(t'_\Sigma/T_\alpha) = 1{,}09$. Далее подсчитывают $(t_{yc}/T_\alpha)^b = 4/2{,}16 = 1{,}85$.

4. В технических условиях на изделие заданы:

$$\lambda_\alpha\ (800\ \text{ч}) = 0{,}83\times10^{-5}\ \text{ч}^{-1};$$

$$\lambda_\beta\ (800\ \text{ч}) = 5{,}62\times10^{-5}\ \text{ч}^{-1};$$

$$\alpha = \beta = 0{,}1.$$

Наработка до отказа распределена по закону Вейбулла с параметром формы $b = {}^2/_5$.

Определить план контроля по одноступенчатому методу.

Решение. Проводят пересчет интенсивности отказов в вероятность безотказной работы. С этой целью подсчитывают:

$$100\ t\lambda_\alpha\ (t) = 100\times800\times0{,}83\times10^{-5} = 0{,}664;$$

$$100\ t\lambda_\beta\ (t) = 100\times800\times5{,}62\times10^{-5} = 4{,}5.$$

По табл. 87 приложения 7 при $b = {}^2/_3$ находят:

$$100\ (1-P_\alpha) = 1\ \%;\ P_\alpha\ (800) = 0{,}99;$$

$$100\ (1-P_\beta) = 6{,}5\ \%;\ P_\beta\ (800) = 0{,}935.$$

По табл. 34 приложения 7 находят план контроля:

$C_\alpha = 1$; $n = 64$; истинные риски $\alpha' = 0{,}135$; $\beta' = 0{,}097$.

5. Для условий примера 4 определить план контроля по одноступенчатому методу, если наработка до отказа распределена по нормальному закону с коэффициентом вариации $v = 0{,}2$.

Решение. Подсчитывают:

$$t\lambda_\alpha\ (t) = 800\times0{,}83\times10^{-5} = 0{,}00664;$$

$$t\lambda_\beta\ (t) = 800\times5{,}62\times10^{-5} = 0{,}045.$$

По табл. 86 приложения 7 находят:

$$100\ (1-P_\alpha) = 0{,}1\ \%;\ P_\alpha\ (800) = 0{,}999;$$

$$100\ (1-P_\beta) = 0{,}65\ \%;\ P_\beta\ (800) = 0{,}9935.$$

По табл. 34 приложения 7 находят план контроля:

$C_\alpha = 1$; $n = 646$; истинные риски $\alpha' = 0{,}138$; $\beta' = 0{,}1$.

6. В технических условиях задано:

$$K_{r\alpha} = 0{,}96;\ K_{r\beta} = 0{,}92;\ \alpha = \beta = 0{,}1.$$

Определить план контроля коэффициента готовности по одноступенчатому методу.

Решение. Подсчитывают

$$\frac{1-K_{r\beta}}{1-K_{r\alpha}} = \frac{1-0{,}92}{1-0{,}96} = 2.$$

По табл. 90 приложения 7 находят:

$C_\alpha = 25$; $K_{r_c} = 0{,}943$.

7. Испытан один образец восстанавливаемого изделия с экспоненциальным распределением наработки между отказами. Установлены два уровня наработки на отказ T_α и $T_\beta = T_\alpha/2$. Вероятности ошибок должны быть одинаковыми, т. е. $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$. Наработка t_Σ за время испытаний составила $4T_\alpha$, число отказов $r = 2$. Требуется решить вопрос о соответствии или несоответствии изделия заданным требованиям к наработке на отказ и указать наблюдаемый риск как меру ошибочности принятого решения.

Решение. Запишем условия п. 6.1.2 приложения 7 в виде уравнений:

Условие (1): $\underline{T}_\gamma = T_\alpha / 2$; $\overline{T}_\gamma > T_\alpha$

или $\chi^2_\gamma\ (2r+2) = 4t_\Sigma / T_\alpha$; $\chi^2_{1-\gamma}\ (2r) < 2t_\Sigma / T_\alpha$.

Условие (2): $\underline{T}_\gamma = T_\alpha / 2$; $\overline{T}_\gamma = T_\alpha$

или $\chi^2_\gamma\ (2r+2) > 4t_\Sigma / T_\alpha$, $\chi^2_{1-\gamma}\ (2r) = 2t_\Sigma / T_\alpha$.

Пользуясь таблицей χ^2, легко видеть, что в условиях данного примера удовлетворяется условие (1), причем $\gamma = 0{,}985$:

$$\chi^2_{0{,}985}\ (6) = 16;\ \chi^2_{0{,}015}\ (4) = 0{,}36 < 8;$$

$$\underline{T}_{0{,}985} = T_\alpha / 2;\ \overline{T}_{\gamma 0{,}985} = 22\ T_\alpha\ .$$

Таким образом выносят решение о соответствии изделий; наблюдаемый риск потребителя $\hat{\beta} = 0{,}015$.

8. Для контроля надежности ампульных батарей заданы два уровня вероятности безотказной работы $P(t)$, $t = 2$ ч:

$$P_\alpha = 0{,}98 \text{ и } P_\beta = 0{,}94; \ \alpha = \beta = 0{,}1.$$

Требуется организовать последовательный контроль по методу Ярлыкова.

Решение. В приложении 7 находим, что указанным данным отвечает план в табл. 43. Из нее получим: $n'_\alpha = 93{,}92$; $n'_\beta = 67{,}13$; максимальное число образцов 312. Организуем последовательные циклы наблюдений и фиксируем число проверенных образцов к моменту обнаружения каждого очередного отказа. Испытания заканчиваются с положительным результатом, если после проверки 54 образцов не обнаружат отказов или к моменту обнаружения первого, второго и т. д. одиннадцатого отказа будет проверено 84, 110 и т. д. 312 изделий. Результаты испытаний признают отрицательными, если к моменту обнаружения второго, третьего и т. д. двенадцатого отказа будет проверено не больше 14,34 и т. д. 312 изделий.

9. Для контроля надежности электропроигрывателей заданы два уровня средней наработки на отказ: $T_\alpha = 3000$ ч и $T_\beta = 1000$ ч, а также риски $\alpha = \beta = 0{,}1$. Определить план контроля по методу Ярлыкова в предположении экспоненциальности распределения.

Решение. В приложении 7 находим, что указанным исходным данным соответствует план в табл. 19. Из таблицы этого плана следует, что $t'_{\Sigma\alpha}/T_\alpha = 2{,}0$; $t'_{\Sigma\beta}/T_\alpha = 1{,}47$. Максимальная наработка соответствует значению $t_{max}/T_\alpha = 6{,}766$. В ходе испытаний непрерывно подсчитывают суммарную наработку к моменту обнаружения каждого очередного отказа. Результаты испытаний признают положительными, если при отсутствии отказов или к моменту обнаружения первого, второго и т. д. двенадцатого отказа относительная суммарная наработка окажется не меньше соответственно 1,131; 1,741; 2,278 и т д. 6,766. Результаты испытаний признаются отрицательными, если к моменту обнаружения первого, второго и т. д. тринадцатого отказа относительная суммарная наработка окажется не больше соответственно 0,023; 0,231 и т. д. 6,766.

10. Определить планы последовательного контроля с рисками $\alpha = \beta = 0{,}05$ и диапазоны чисел испытуемых изделий N по каждому плану, позволяющие завершить за один агросезон эксплуатационные испытания модернизированных кронштейнов хлопкоуборочной машины с экспоненциальным распределением ресурса, если заданы требуемый средний ресурс кронштейна $T_и = 2000$ ч и наработка хлопкоуборочной машины за агросезон $t_и = 240$ ч.

Решение. На основании п. 1.9 принимаем $T_\beta = T_и$. Найдем $t_и/T_\beta = 0{,}12$ и по табл. 6 определим искомые планы и диапазоны чисел испытуемых изделий. Зона значений $t_и/T_\beta \le 0{,}12$ представляет собой решение задачи и обведена в табл. 6 пунктирной линией.

11. Определить по каким планам последовательного контроля с рисками $\alpha = \beta = 0{,}2$ и при каких числах испытуемых изделий N можно завершить за два агросезона испытания конструктивных элементов хлопкоуборочной машины, ресурс которых распределен по закону Вейбулла с параметром формы $b = 1{,}3$, если требуемая вероятность безотказной работы конструктивного элемента за срок службы машины $P_и(T_{сл}) = 0{,}9$ и отношение наработки хлопкоуборочных машин за сезон испытаний к наработке за сезон в условиях рядовой эксплуатации равно 1,6. Срок службы хлопкоуборочных машин составляет 8 лет.

Решение. На основании п. 1.9 принимаем $P_\beta(T_{сл}) = P_и(T_{сл})$. Отношение наработки машины за время испытаний к наработке за срок службы $t_и/T_{сл} = 2 \cdot 1{,}6/8 = 0{,}4$. Перейдем от $P_\beta(T_{сл})$ к требуемой вероятности безотказной работы конструктивного элемента за время испытаний $P_\beta(t_и)$:

$$P_\beta(t_и) = \exp\{(t_и/(T_{сл})^b \cdot \ln[P_\beta(T_{сл})]\} = 0{,}968.$$

С другой стороны для распределения Вейбулла справедливо соотношение

$$P_\beta(t_и) = \exp[-(t_и/a_\beta)^b].$$

Таким образом $(t_и/a_\beta)^b = -\ln[P_\beta(t_и)] = 0{,}032$.

Из табл. 6 определим искомые планы и диапазоны чисел испытуемых изделий, отвечающие условию $(t_и/a_\beta)^b \ge 0{,}032$. Зона, представляющая решение задачи, обведена в табл. 6 сплошной линией.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
Справочное

ПОЯСНЕНИЯ

К п. 1.9

Требование приравнивания нормы показателя надежности (установленной в стандартах и технических условиях) браковочному уровню надежности R_β направлено на максимальное удовлетворение интересов потребителя. В тех случаях, когда это обходится слишком дорого, допускается отступать от этого принципа в пользу изготовителя по согласованию между изготовителем и потребителем.

К п. 1.1.1 приложения 7

Отношения T_α/T_β, приведенные в табл. 4, подсчитаны по формуле

$$\frac{T_\alpha}{T_\beta} = \frac{\chi^2_{1-\beta}(2r_{\text{пр}})}{\chi^2_\alpha(2r_{\text{пр}})},$$

где $\chi^2_\alpha(2r_{\text{пр}})$ и $\chi^2_{1-\beta}(2r_{\text{пр}})$ — квантили уровней α и $1-\beta$ распределения хи-квадрат с $2r_{\text{пр}}$ степенями свободы.

Значения $t_{\max}/T_\alpha$ подсчитаны по формуле

$$\frac{t_{\max}}{T_\alpha} = \frac{1}{2}\chi^2_\alpha(2r_{\text{пр}}).$$

К п. 1.1.2.1 приложения 7

Значения параметров плана подсчитаны по формулам:

$$a = \frac{\frac{T_\alpha}{T_\beta} - 1}{\ln\frac{T_\alpha}{T_\beta}}; \; r_0 = \frac{\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln\frac{T_\alpha}{T_\beta}}; \; \frac{t_0}{T_\alpha} = -\frac{\ln\frac{\beta}{1-\alpha}}{\frac{T_\alpha}{T_\beta} - 1};$$

$$\frac{t'_\Sigma}{T_\alpha} = \frac{(1-\alpha)\ln\frac{1-\alpha}{\beta} - \alpha\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{\frac{T_\alpha}{T_\beta} - 1 - \ln\frac{T_\alpha}{T_\beta}}.$$

Усечение плана осуществлено по одноступенчатому методу.

Продолжительность последовательных испытаний зависит от параметров плана испытаний, фактического значения контролируемого показателя надежности и объема выборки невосстанавливаемых изделий и является величиной случайной. В работе [1] при помощи статистического моделирования исследовано распределение этой величины и установлены для каждого из планов табл. 5 максимальные значения продолжительности испытаний, отнесенные к браковочному уровню контролируемой величины, при которых испытания завершаются принятием решения не менее чем с 80 %-ной вероятностью. Результаты моделирования приведены в табл. 6, которая позволяет в условиях заданной продолжительности испытаний определить необходимый объем выборки.

К п. 1.2.3 приложения 7

Вариант последовательных испытаний с неизвестным параметром формы предложен Хартером и Муром [2].

К. п. 1.5 приложения 7

Математической основой для расчета планов [*NUT*] одноступенчатого контроля (табл. 31) является система уравнений:

$$\begin{cases} P(C_\alpha, N, t_{\text{н}}/T_\alpha) = 1-\alpha; \\ P(C_\alpha, N, t_{\text{н}}/T_\beta) = \beta, \end{cases}$$

где

$$P(C_\alpha, N, t) = \sum_{i=0}^{C_\alpha - 1} \binom{N}{i} q^i (1-q)^{N-i},$$

$q = F(t; 1, \nu)$ — диффузионное распределение.

Основой для расчета планов [*NUr*] (табл. 32) послужило выражение

$$r = \left(\frac{u_\gamma}{\varepsilon}\right)^2 (1 + \sqrt{1+\varepsilon^2}) / 2,$$

где

$$\varepsilon = \max\left\{\left(1 - \sqrt{\frac{T_\beta}{T_\alpha}}\right), \left(\sqrt{\frac{T_\alpha}{T_\beta}} - 1\right)\right\}.$$

К п. 2.1 приложения 7

Значения N и C_α, приведенные в табл. 33 — 35, определены путем решения системы из двух уравнений:

$$\sum_{i=0}^{C_\alpha} \binom{N}{i} P_\alpha^{N-i} (1-P_\alpha)^i = 1-\alpha;$$

$$\sum_{i=0}^{C_\alpha} \binom{N}{i} P_\beta^{N-i} (1-P_\beta)^i = \beta,$$

причем определение N осуществлено таким образом, что обеспечиваются истинные риски α' и β', также приведенные в табл. 33 — 35.

Здесь и далее в пояснениях для упрощения записей переменная t при P опущена, т. е. $P = P(t)$.

К п. 2.2.1 приложения 7

Значения параметров планов контроля, приведенные в табл. 36—38, подсчитаны по формулам:

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{P_\alpha}{P_\beta}\right)}{\ln\frac{1-P_\beta}{1-P_\alpha} + \ln\frac{P_\alpha}{P_\beta}}; \; r_0 = \frac{\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln\frac{1-P_\beta}{1-P_\alpha} + \ln\frac{P_\alpha}{P_\beta}}; \; h_0 = \frac{\ln\frac{1-\alpha}{\beta}}{\ln\frac{P_\alpha}{P_\beta}}.$$

Ожидаемое число наблюдений до принятия решения при $P = P_\alpha$

$$h' = \frac{(1-\alpha)\ln\frac{1-\alpha}{\beta} - \alpha\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{P_\alpha \ln\frac{P_\alpha}{P_\beta} - (1-P_\alpha)\ln\frac{1-P_\beta}{1-P_\alpha}}.$$

К пп. 1.1.2.5 и 2.2.4 приложения 7

Решение об окончании контроля при помощи последовательных планов Ярлыкова принимают на основании результатов сопоставления общего числа испытанных образцов $n^{(r)}$ или относительной суммарной наработки $\tau^{(r)} = T_\Sigma^{(r)} / T_\alpha$ к моменту появления r-го отказа с оценочными уровнями при приемке $n_\alpha^{(r)}$ или $\tau_\alpha^{(r)}$ и забраковании $n_\beta^{(r)}$ или $\tau_\beta^{(r)}$.

При этом принимают решение о соответствии установленным требованиям, если к моменту появления r-го отказа окажется, что $n^{(r)} \geq n_\alpha^{(r)}$ или $\tau^{(r)} \geq \tau_\alpha^{(r)}$ и решение о несоответствии установленным требованиям, если окажется, что $n^{(r)} \leq n_\beta^{(r)}$ или $\tau^{(r)} \leq \tau_\beta^{(r)}$.

В отличии от планов Вальда последовательная процедура при планах Ярлыкова имеет верхнюю границу для числа наблюдений n. Это позволяет исключить необходимость планирования усечения, обязательного для планов Вальда, что упрощает организацию контроля и гарантирует заданную достоверность в отличие от вальдовских усеченных планов. В этом случае при $r \leq n$ испытания завершаются с вероятностью, равной единице.

Оценочные уровни для последовательных планов Ярлыкова найдены при помощи известных выражений для нижних и верхних q-процентных доверительных пределов при соответствующих законах распределения, а также общих выражений для рисков поставщика α и потребителя β.

В частности, значения оценочных уровней n_α и n_β для контроля показателей типа «вероятность» найдены решением относительно $n_\alpha^{(r)}$ и $n_\beta^{(r)}$ следующей системы уравнений:

$$1-q_\beta = \sum_{k=0}^{r-1} C_{n_\beta^{(r)}}^{k\,(r)} P_\alpha^k \left(1-P_\alpha\right)^{n_\beta^{(r)}-k};$$

$$\alpha = \sum_{r=1}^{R} P_{P_\alpha}\left\{n^{(r)} \le n_\beta^{(r)}\right\};$$

$$q_\alpha = \sum_{k=0}^{r} C_{n_\alpha}^{k\,(r)} P_\beta^k \left(1-P_\beta\right)^{n_\alpha^{(r)}-k};$$

$$\beta = \sum_{r=0}^{R-1} P_{P_\beta}\left\{n^{(r)} \ge n_\alpha^{(r)}\right\}.$$

В этих формулах, помимо упомянутых величин, использована величина $P_r\{\cdot\}$ вероятности достижения величиной $n^{(r)}$ соответствующей области принятия решения; $s = r$, начиная с которого возможно забракование.

Значения оценочных уровней $\tau_\alpha^{(r)}$ и $\tau_\beta^{(r)}$ для контроля показателей типа «наработка» при экспоненциальном распределении найдены решением относительно $\tau_\alpha^{(r)}$ и $\tau_\beta^{(r)}$ следующей системы уравнений:

$$1-q_\beta = \sum_{k=0}^{r-1} \frac{\left(\tau_\beta^{(r)}\right)^k}{k!} e^{-\tau_\beta^{(r)}};$$

$$\alpha = \sum_{r=1}^{R} P_{T_\alpha}\left\{\tau^{(r)} \le \tau_\beta^{(r)}\right\};$$

$$q_\alpha = \sum_{k=0}^{r} \frac{\left(\frac{T_\alpha}{T_\beta}\tau_\alpha^{(r)}\right)^k}{k!} e^{-\frac{T_\alpha}{T_\beta}\tau_\alpha^{(r)}};$$

$$\beta = \sum_{r=0}^{R-1} P_{T_\beta}\left\{\tau^{(r)} \ge \tau_\alpha^{(r)}\right\},$$

где $P_T\{\cdot\}$ — вероятность достижения величиной $\tau^{(r)}$ области принятия решения;
$s = r$, начиная с которого возможно забракование.

К п. 5.1. приложения 7

Необходимое число отказов r определяют решением уравнения

$$\frac{f_{1-\alpha}(2r, 2r)}{f_\beta(2r, 2r)} = \frac{K_{r\alpha}(1-K_{r\beta})}{K_{r\beta}(1-K_{r\alpha})},$$

где $f_{1-\alpha}(2r, 2r)$, $f_\beta(2r, 2r)$ — квантили F — распределения с числом степеней свободы $(2r, 2r)$ и уровнями $1-\alpha$ и β соответственно.

Оценочный норматив K_{rc} определяют по формуле

$$K_{rc} = \frac{1}{1 + f_{1-\alpha}(2r, 2r)\dfrac{1-K_{r\alpha}}{K_{r\alpha}}}$$

или

$$K_{rc} = \frac{1}{1 + f_\beta(2r, 2r)\dfrac{1-K_{r\beta}}{K_{r\beta}}}.$$

К п. 5.2.2 приложения 7

Границы зон приемки и браковки определяют по заданным приемочному и браковочному уровням $K_{r\alpha}$, $K_{r\beta}$ и рискам поставщика и потребителя α и β по формулам:

$$K_{\text{пр}}(r) = \frac{\exp\left(\frac{1}{2r}\ln\frac{\beta}{1-\alpha} + \frac{1}{2}\ln\frac{z_\alpha}{z_\beta}\right) - 1}{z_\alpha - 1 + (1 - z_\beta)\exp\left(\frac{1}{2r}\ln\frac{\beta}{1-\alpha} + \frac{1}{2}\ln\frac{z_\alpha}{z_\beta}\right)};$$

$$K_{\text{бр}}(r) = \frac{\exp\left(\frac{1}{2r}\ln\frac{1-\beta}{\alpha} + \frac{1}{2}\ln\frac{z_\alpha}{z_\beta}\right) - 1}{z_\alpha - 1 + (1 - z_\beta)\exp\left(\frac{1}{2r}\ln\frac{1-\beta}{\alpha} + \frac{1}{2}\ln\frac{z_\alpha}{z_\beta}\right)},$$

где

$$z_\alpha = (1 / K_{r\alpha}) - 1;\ z_\beta = (1 / K_{r\beta}) - 1.$$

Минимальное число отказов, при котором может быть вынесено решение о соответствии или несоответствии изделия требованиям, определяют по формуле

$$r_{\min} = \left(\ln\frac{1-\beta}{\alpha}\right) / \left|\ln\frac{z_\alpha}{z_\beta}\right|.$$

К п. 6 приложения 7

Контроль по данным эксплуатационных наблюдений обычно проводят при помощи доверительных границ. Применение доверительных границ позволяет после принятия решения определить наблюдаемые риски поставщика $\hat{\alpha}$ или потребителя $\hat{\beta}$ вместо задаваемых рисков α и β, применяемых для планирования наблюдений. Использование $\hat{\alpha}$ и $\hat{\beta}$ позволяет охарактеризовать вероятность ошибочности принятого решения с учетом не только плана, но и результата наблюдений, что, как правило, увеличивает уверенность в правильности этих решений (поскольку $\hat{\alpha} \le \alpha$, $\hat{\beta} \le \beta$). Величина $\hat{\beta}$ позволяет различать лучшие и худшие изделия среди прошедших контроль, разделять их по сортам и т. п. Величина $\hat{\alpha}$ позволяет потребителю обоснованно предъявлять поставщику претензии (рекламации) по уровню надежности на этапе эксплуатации изделий. Контроль по доверительным границам применим для любых показателей, в том числе комплексных показателей — функций многих переменных [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. **М. Б. Фарберман, Р. Д. Берштин, С. С. Дмитриченко** «Планирование объемов последовательных испытаний деталей машин на долговечность». Вестник машиностроения, № 8, 1987, С. 3—6.

2. Harter H. L., Moore A. H. An Evaluation of Exponentiol and Weibull Test Plans IEEE Transactions on Reliability, Vol R—25, N 2, June 1976, p. 100—104.

3. Надежность технических систем: Спр. **Ю. К. Беляев, В. А. Богатырев, В. В. Болотин** и др. Под ред. **И. А. Ушакова.** М.: Радио и связь, 1985.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11
Справочное

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ О СООТВЕТСТВИИ

ГОСТ 27.410—87		СТ СЭВ 4492—84	
Пункт	Содержание требований	Пункт	Содержание требований
1.2	Соответствует полностью	1.2	Соответствует полностью
3.1	То же	3.1	То же
3.4.1	»	3.2.1	»
3.4.3	»	3.2.4	»
3.4.10	»	3.2.14	»
3.5	»	3.3	»
3.6.1—3.6.5	»	3.4.1—3.4.5	»
3.6.7	»	3.4.8	»

ГОСТ 27.410—87		СТ СЭВ 5041—85	
Пункт	Содержание требований	Пункт	Содержание требований
1—16 приложения 2	Соответствует полностью	1—9, 12—18 табл. 1	Соответствует полностью

ГОСТ 27.410—87		СТ СЭВ 1193—78	
Пункт	Содержание требований	Пункт	Содержание требований
Табл. 87 и 88 приложения 7	Соответствует полностью	Табл. 2 и 4	Соответствует полностью

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН
Министерством автомобильной промышленности СССР, Государственным комитетом СССР по стандартам

2. ВНЕСЕН Министерством автомобильной промышленности СССР

Зам. министра **А. В. Бутузов**

3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24.12.87 № 4889

4. Стандарт соответствует СТ СЭВ 4492—84, СТ СЭВ 5041—85, СТ СЭВ 1193—78 в части, указанной в приложении 11

5. ПЕРЕИЗДАНИЕ. Июль 2002 г.

Редактор *Т.А. Леонова*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *А.С. Черноусова*
Компьютерная верстка *С.В. Рябовой*

Изд.лиц. № 02354 от 14.07.2000. Подписано в печать 04.09.2002. Усл. печ. л. 8,84. Уч.-изд.л. 8,70. Тираж 105 экз.
С 7190. Зак. 731.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
http://gost.e-ecolog.ru mail: info@standards.ru
Набрано в Калужской типографии стандартов на ПЭВМ.
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. "Московский печатник", 103062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

gost.e-ecolog.ru