

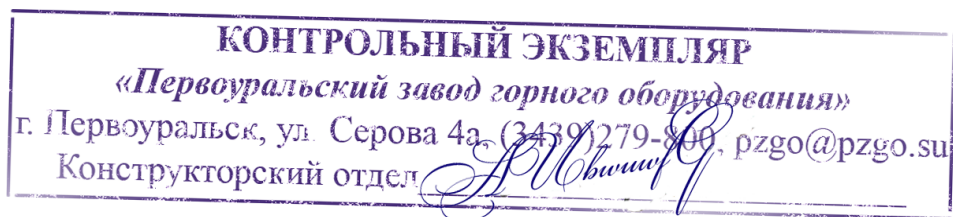
ГОСТ 27.410—87

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
НАДЕЖНОСТИ И ПЛАНЫ КОНТРОЛЬНЫХ
ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ**

Издание официальное



ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

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, применимость испытаний на надежность — в приложении 4, планы контрольных испытаний — в приложении 7, контрольные испытания на ремонтпригодность — 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 испытываемых 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

С. 2 ГОСТ 27.410—87

При контроле надежности невосстанавливаемых изделий объем выборки (число испытываемых 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

$$R_p \leq R.$$

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

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

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

R_β — браковочный уровень показателя надежности;

β — риск потребителя.

Для норм, ограниченных сверху, соотношение имеет вид

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

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

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 восстанавливаемых 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.

С. 4 ГОСТ 27.410—87

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 испытываемых 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 испытываемых 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 испытываемых 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 испытываемых изделий;
- порядок учета и статистического анализа отказов (предельных состояний);
- порядок выявления причин отказов;
- порядок проведения технического обслуживания и ремонта испытываемых 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 контролировать 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.

Т а б л и ц а 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_p — 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_u — продолжительность испытаний, измеряемая в единицах наработки
- T_β — браковочное значение контролируемого показателя
- T_α — приемочное значение контролируемого показателя
- r_{np} — предельное число отказов или отказавших объектов

С. 8 ГОСТ 27.410—87

- 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
 $t_{вj}$ — 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
 $T_{\text{ср}}$ — 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_{yc} — предельное число независимых наблюдений при усеченном последовательном контроле
 r_{yc} — предельное число отрицательных исходов при усеченном последовательном контроле
 $\lambda(t)$ — интенсивность отказов
 $\lambda(u_p)$ — обратное отношение Миллса
 K_{Γ} — 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
 $K_{\Gamma\beta}$ — браковочный уровень коэффициента готовности
 $K_{\Gamma\alpha}$ — 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

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНОВ ИСПЫТАНИЙ
НА НАДЕЖНОСТЬ

Т а б л и ц а 2

| Термин | Определение |
|---|---|
| 1. План испытаний $[NUT]^*$ План $[NUT]$ | <p>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.</p> |
| 2. План испытаний $[NUr]$ План $[NUr]$ | <p>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.</p> |
| 3. План испытаний $[NU(r, T)]$ План $[NU(r, T)]$ | <p>П р и м е ч а н и е. При $r = N$ имеем план $[NUM]$</p> <p>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</p> |
| 4. План испытаний $[NRT]$ План $[NRT]$ | <p>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.</p> <p>П р и м е ч а н и е. 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</p> |
| 5. План испытаний $[NRr]$ План $[NRr]$ | <p>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</p> |
| 6. План испытаний $[NR(r, T)]$ План $[NR(r, T)]$ | <p>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</p> |
| 7. План испытаний $[NMT]$ План $[NMT]$ | <p>План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, после каждого отказа объект восстанавливают, каждый объект испытывают до истечения времени испытаний или наработки T</p> |
| 8. План испытаний $[NMT_{\Sigma}]$ План $[NMT_{\Sigma}]$ | <p>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}</p> |
| 9. План испытаний $[NMrr]$ План $[NMrr]$ | <p>План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, после каждого отказа объект восстанавливают, испытания прекращают, когда суммарное по всем объектам число отказов достигло r</p> |

| Термин | Определение |
|--|---|
| 10. План испытаний [$NM(r, T_\Sigma)$] План [$NM(r, T_\Sigma)$] | <p>План испытаний, согласно которому одновременно испытывают N объектов, после каждого отказа объект восстанавливают, испытания прекращают, когда суммарное 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</p> |
| 11. План испытаний [$NU(r_1, n_1), (r_2, n_2) \dots (r_{k-1}, n_{k-1}), r_k$] План [$NU(r_1, n_1), (r_2, n_2) \dots (r_{k-1}, n_{k-1}), r_k$] | <p>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_k отказов</p> |
| 12. План испытаний [$NU(T_1, n_1), (T_2, n_2) \dots (T_{k-1}, n_{k-1}), T_k$] План [$NU(T_1, n_1), (T_2, n_2) \dots (T_{k-1}, n_{k-1}), T_k$] | <p>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_k</p> |
| 13. План испытаний [NUz] План [NUz] | <p>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 $i = 1, 2 \dots N$;</p> |
| 14. План испытаний [NUS] План [NUS] | <p>t_i — наработка до отказа i-го объекта; τ_i — наработка до снятия с испытаний работоспособного i-го объекта;</p> |
| 15. План испытаний [NRS] План [NRS] | <p>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</p> |
| 16. План испытаний [NMS] План [NMS] | <p>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</p> |
| 17. План испытаний [NMS] План [NMS] | <p>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</p> |

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

- U — невосстанавливаемые и незаменимые 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.

**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 испытываемых объектов и порядок их отбора; изготовителя объектов; комплектность испытываемых 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 испытываемых 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 испытываемых 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.

С. 12 ГОСТ 27.410—87

Учет объема работ по восстановлению деталей и сборочных единиц для определения значений показателей ремонтпригодности допускается только в том случае, когда их восстановление осуществляется по стандартизированной 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.

Т а б л и ц а 3

Применяемость испытаний на надежность

| Контролируемое свойство надежности | Контроль при испытаниях | | | | | |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|
| | предварительных | приемочных | квалификационных | приемосдаточных | 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.

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;

С. 14 ГОСТ 27.410—87

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 ремонтпригодность из перечня рекомендуемых разработчиком (изготовителем) и прилагаемых к изделиям, а также потребных дополнительно;

характеристика условий проведения испытаний на ремонтпригодность 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 натуральных 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.

**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 испытываемых 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, испытываемых 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);

титuleльный 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.

С. 16 ГОСТ 27.410—87

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_n ;

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**

| $\alpha = \beta$ | | | | | | $r_{пр}$ |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|
| 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 испытываемых 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

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

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.

С. 18 ГОСТ 27.410—87

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:

Т а б л и ц а 5

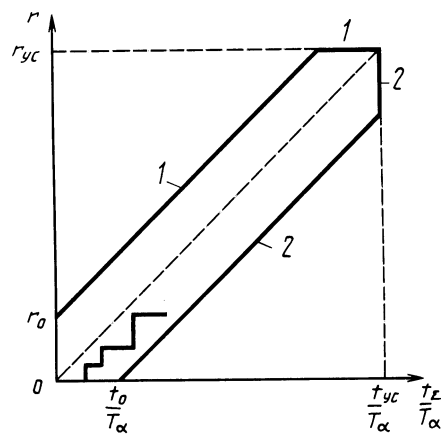
Планы контроля средних показателей надежности по последовательному методу для экспоненциального распределения

| T_{α}/T_{β} | a | r_0 | r_{yc} | 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_{yc} | 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

С. 20 ГОСТ 27.410—87

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

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

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_n объем выборки N определяют по табл. 6 в зависимости от требуемого отношения t_n/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_n/T_{β} не больше требуемого.

Т а б л и ц а 6

Значения относительной продолжительности последовательных испытаний t_n/T_{β} (для экспоненциального распределения) или $(t_n/a_{\beta})^b$ (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 |

| T_α/T_β | Число испытываемых 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

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

где t_{Bj} — 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

С. 22 ГОСТ 27.410—87

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

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.

Т а б л и ц а 7

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

| 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 | 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 | 76,147 |
| 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 | | | | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 | 43,909 | 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | 50,883 |
| 14 | 14,705 | 7,938 | 40 | 34,885 | 29,150 | 66 | 54,219 | 51,720 |
| 15 | 15,515 | 8,694 | 41 | 35,639 | 30,004 | 67 | 54,953 | 52,570 |
| 16 | 16,321 | 9,458 | 42 | 36,392 | 30,861 | 68 | 55,688 | 53,420 |
| 17 | 17,122 | 10,229 | 43 | 37,143 | 31,719 | 69 | 56,422 | 54,270 |
| 18 | 17,920 | 11,008 | 44 | 37,895 | 32,578 | 70 | 57,155 | 55,120 |
| 19 | 18,714 | 11,792 | 45 | 38,645 | 33,439 | 71 | 57,888 | 55,970 |
| 20 | 19,505 | 12,582 | 46 | 39,393 | 34,303 | 72 | 58,620 | 56,820 |
| 21 | 20,293 | 13,377 | 47 | 40,141 | 35,167 | 73 | 59,353 | 57,670 |
| 22 | 21,079 | 14,177 | 48 | 40,888 | 36,033 | 74 | 60,085 | 58,520 |
| 23 | 21,861 | 14,981 | 49 | 41,635 | 36,900 | 75 | 60,815 | 59,370 |
| 24 | 22,642 | 15,790 | 50 | 42,380 | 37,768 | 76 | 61,546 | 60,220 |
| 25 | 23,420 | 16,604 | 51 | 43,125 | 38,639 | 77 | — | 61,070 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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

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

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

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

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:

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

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

Значения a , r_0 , r_{yc} 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 $T_{\text{н}}/T_{\beta}$ следует использовать величину $(t_{\text{н}}/a_{\beta})^b$.

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:

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

если нормируют $T_{\text{ср}}$, а продолжительность испытаний $t_{\text{н}}$;

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

если нормируют $T_{\gamma\%}$, а $t_{\text{н}} = T_{\gamma\%}$;

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

если нормируют $T_{\gamma\%}$, а $t_{\text{н}} \neq T_{\gamma\%}$.

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:

С. 30 ГОСТ 27.410—87

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

$r = at_{\Sigma} - r'_0$ — линия соответствия,

где

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

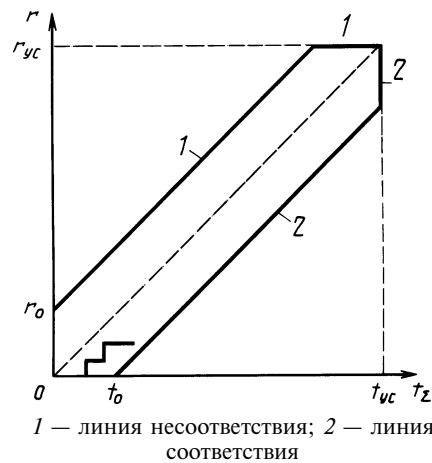
$$r_0 = a \frac{\sigma^2}{T_{\alpha} - T_{\beta}} \ln \frac{1 - \beta}{\alpha};$$

$$r'_0 = a \frac{\sigma^2}{T_{\alpha} - T_{\beta}} \ln \frac{1 - \alpha}{\beta};$$

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

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



Черт. 2

1.3.2.2. Ожидаемую суммарную наработку до принятия решения при $T_{cp} = T_{\alpha}$ 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 $r' = \frac{(1 - \alpha) \left(\ln \frac{1 - \alpha}{\beta} - \ln \frac{\alpha}{1 - \beta} \right) + \ln \frac{\alpha}{1 - \beta}}{\frac{N(T_{\alpha} - T_{\beta})^2}{2\sigma^2} - \ln \frac{F_0\left(\frac{T_{\beta}\sqrt{N}}{\sigma}\right)}{F_0\left(\frac{T_{\alpha}\sqrt{N}}{\sigma}\right)}}$ — ожидаемое число отказов до принятия решения.

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

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

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

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

1.4. Л о г а р и ф м и ч е с к и е н о р м а л ь н о е р а с п р е д е л е н и е

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

1.5. Д и ф ф у з и о н н о е р а с п р е д е л е н и е

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.

Т а б л и ц а 31

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

| α, β | $\frac{T_\alpha}{T_\beta}$ | $t_{\text{и}}/T_{\text{сп}}$ | v | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| | | | 0,5 | | 0,7 | | 1,0 | | 1,5 | |
| | | | $r_{\text{нр}}$ | N | $r_{\text{нр}}$ | N | $r_{\text{нр}}$ | N | $r_{\text{нр}}$ | 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 |

| α, β | $\frac{T_\alpha}{T_\beta}$ | t_u/T_{cp} | ν | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|
| | | | 0,5 | | 0,7 | | 1,0 | | 1,5 | |
| | | | r_{np} | N | r_{np} | N | r_{np} | N | r_{np} | 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 | |

Т а б л и ц а 32

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

| α, β | r_{np} | ν | | | | | | | | | |
|-----------------|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | 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 |
| 0,10 | 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 |
| | 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_{np} | 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 | 8,169 | 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 ($\alpha = \beta = 0,05$)

| 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 |

| 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 | 0,050 | 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 | |

| 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 |

| 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 |
| 0,980 | | 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 |

| 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 |
| 0,960 | | 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 |

Т а б л и ц а 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 |

| 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 |
| 0,998 | | 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 |
| | 0,997 | 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 |
| 0,996 | | 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 |
| | 0,995 | 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 |

| 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 |
| 0,990 | | 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 |
| | 0,980 | 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 |

| 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 |

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 |

| 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 |

| 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 |
| 0,970 | | 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 |
| | 0,960 | 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 |
| 0,960 | | 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 |
| | 0,960 | 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 |
| 0,960 | | 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 |

| 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 |
| 0,950 | | 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.

Т а б л и ц а 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_{yc} | 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

| $P_{\beta}(t)$ | $P_{\alpha}(t)$ | a | r_0 | r_{yc} | 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 | 2,09 | 6 | 120 | 201 |
| 0,965 | 0,993 | 0,0175 | 1,80 | 5 | 100 | 155 |
| 0,964 | 0,991 | 0,0196 | 2,08 | 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 |

| $P_{\beta}(t)$ | $P_{\alpha}(t)$ | 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 |

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_{yc} | 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 | 0,00216 | 1,58 | 4 | 730 | 1090 |
| | 0,998 | 0,00289 | 3,16 | 14 | 1110 | 2860 |
| 0,995 | 0,999 | 0,00249 | 1,36 | 3 | 550 | 734 |
| 0,994 | 0,998 | 0,00364 | 2,00 | 6 | 550 | 972 |
| | 0,997 | 0,00433 | 3,16 | 14 | 730 | 1900 |
| 0,992 | 0,998 | 0,00432 | 1,58 | 4 | 360 | 542 |
| | 0,996 | 0,00577 | 3,15 | 14 | 546 | 1420 |
| 0,990 | 0,998 | 0,00495 | 1,36 | 3 | 273 | 366 |
| | 0,995 | 0,00722 | 3,15 | 14 | 440 | 1140 |
| 0,991 | 0,997 | 0,00545 | 1,99 | 6 | 364 | 646 |
| 0,988 | 0,997 | 0,00647 | 1,57 | 5 | 242 | 360 |
| | 0,994 | 0,00866 | 3,14 | 14 | 363 | 947 |
| | 0,996 | 0,00729 | 1,98 | 8 | 270 | 484 |
| 0,985 | 0,997 | 0,00746 | 1,36 | 3 | 180 | 243 |
| | 0,995 | 0,00906 | 1,98 | 8 | 220 | 386 |
| 0,984 | 0,996 | 0,00865 | 1,57 | 5 | 180 | 270 |
| | 0,992 | 0,0115 | 3,13 | 14 | 270 | 708 |
| 0,980 | 0,996 | 0,00996 | 1,35 | 3 | 136 | 182 |
| | 0,995 | 0,0108 | 1,57 | 4 | 145 | 215 |
| | 0,990 | 0,0144 | 3,12 | 14 | 216 | 564 |
| 0,976 | 0,995 | 0,0124 | 1,35 | 3 | 108 | 145 |
| | 0,994 | 0,0130 | 1,56 | 4 | 120 | 179 |
| | 0,992 | 0,0146 | 1,97 | 7 | 135 | 240 |
| 0,982 | 0,994 | 0,00866 | 3,14 | 14 | 363 | 947 |
| | 0,991 | 0,0129 | 3,13 | 14 | 240 | 628 |
| 0,970 | 0,994 | 0,0150 | 1,34 | 3 | 89,90 | 120 |
| | 0,990 | 0,0182 | 1,96 | 7 | 108 | 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 |

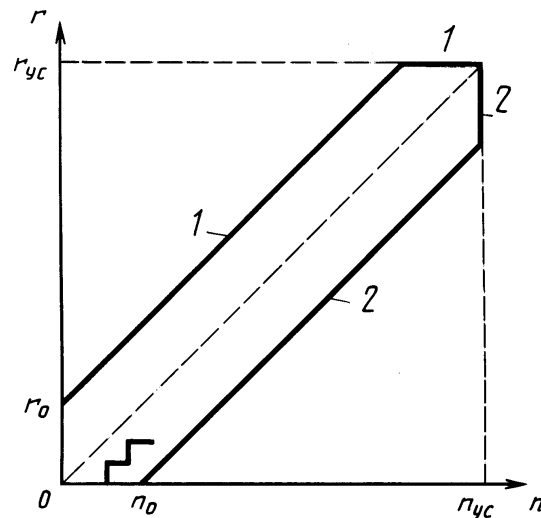
| $P_{\beta}(t)$ | $P_{\alpha}(t)$ | a | r_0 | r_{yc} | n_0 | n' |
|----------------|-----------------|--------|-------|----------|-------|-------|
| 0,960 | 0,992 | 0,0200 | 1,34 | 3 | 67,20 | 89,60 |
| | 0,990 | 0,0217 | 1,55 | 5 | 71,60 | 106 |
| | 0,980 | 0,0289 | 3,08 | 14 | 107 | 277 |
| 0,973 | 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 |

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_{yc} | 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 |

| $P_{\beta}(t)$ | $P_{\alpha}(t)$ | 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:

$$r = an + r_0 \text{ — линия несоответствия;}$$

$$r = a(n - n_0) \text{ — линия соответствия.}$$

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

2.2.2. При контроле из партии изделий извлекают выборку объема n_{yc} 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 | | | |

Т а б л и ц а 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 |

Т а б л и ц а 80

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

| 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 |

Т а б л и ц а 81

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

| 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 | | | |

Т а б л и ц а 82

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

| r | n_{α} | n_{β} | r | n_{α} | n_{β} | r | n_{α} | n_{β} |
|-----|--------------|-------------|-----|--------------|-------------|-----|--------------|-------------|
| 0 | 6 | — | 1 | 10 | — | 2 | 14 | 19 |

Т а б л и ц а 83

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

| 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 |

Т а б л и ц а 84

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

| 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 | | | |

Т а б л и ц а 85

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

| 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

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

$$\text{где } v = \sigma/T_{\text{ср}},$$

$$u_p = \frac{t - T_{\text{ср}}}{\sigma},$$

$\lambda(u_p)$ — 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 |

| (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 $\lambda(t)/\lambda(t_u)$ в зависимости от отношения t/t_u при различных значениях b . Эту таблицу можно использовать и для пересчета вероятности отказа, используя зависимость

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

Таблица 88

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

| $\frac{t}{t_u}$ | 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 $T_{в\beta}/T_{в\alpha}$. Испытания продолжают до получения r отказов. Решение о соответствии требованиям принимают при условии $t_{\Sigma} < t_{\max}$.

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 частоты 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.

С. 62 ГОСТ 27.410—87

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 $\hat{K}_r \geq K_{rc}$, в противном случае принимают решение о несоответствии. Значение \hat{K}_r вычисляют по формуле

$$\hat{K}_r = \hat{T} / (\hat{T}_B + \hat{T}),$$

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

Таблица 89

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

| K_{rc} | $1 - K_{r\beta} / 1 - K_{r\alpha}$ | | | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
| | 2,0 | | 2,5 | | 3,0 | | 4,0 | | 5,0 | |
| | r | K_{rc} | r | K_{rc} | r | K_{rc} | r | K_{rc} | r | K_{rc} |
| 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

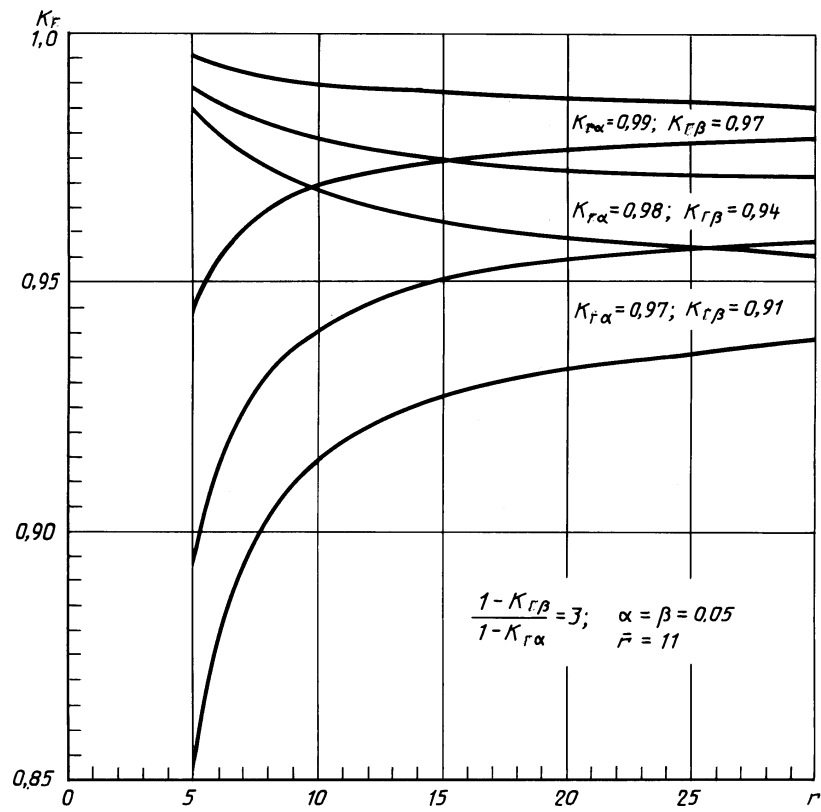
Планы контроля (число отказов r и оценочный норматив K_{rc}) коэффициента готовности при $\alpha = \beta = 0,10$

| K_{rc} | $1 - K_{r\beta} / 1 - K_{r\alpha}$ | | | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
| | 2,0 | | 2,5 | | 3,0 | | 4,0 | | 5,0 | |
| | r | K_{rc} | r | K_{rc} | r | K_{rc} | r | K_{rc} | r | K_{rc} |
| 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 |

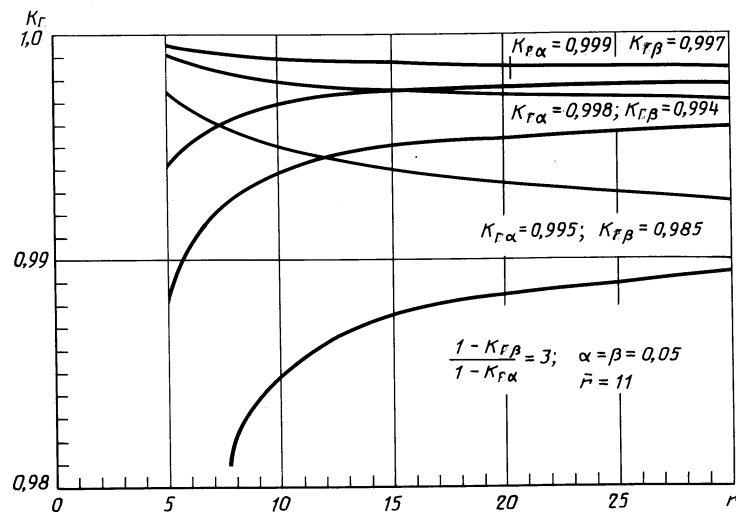
5.2.2. Последовательный контроль

Зоны приемки и браковки для ряда значений $K_{r\alpha}$ и $K_{r\beta}$ 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_r проводят после каждого r -го восстановления. Если изделий несколько, то статистика суммируется по всем изделиям, но по каждому только до последнего восстановления включительно.

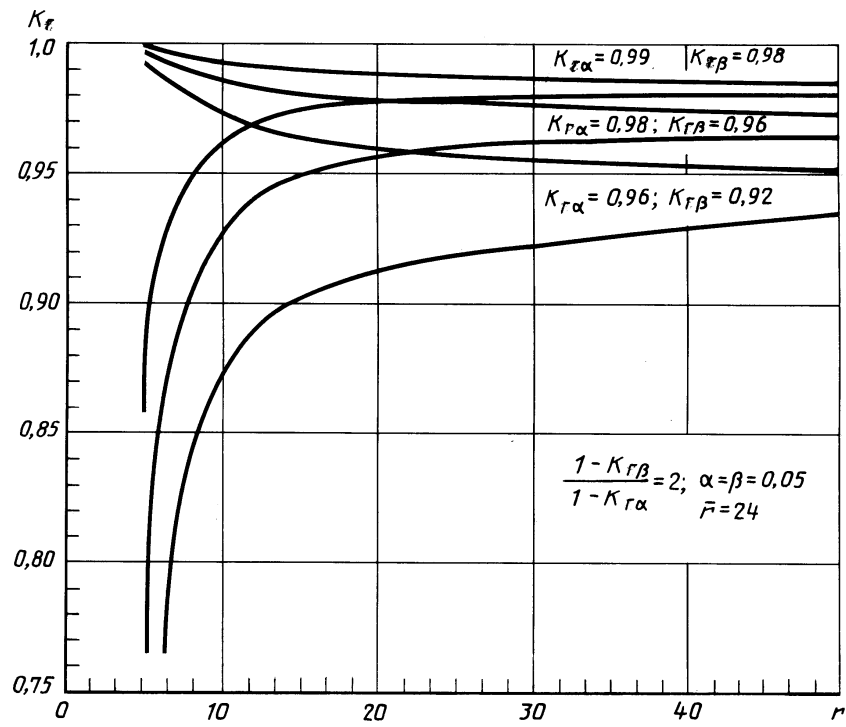
На каждом r -м шаге процесса вычисляют точечную оценку коэффициента готовности \hat{K}_r по формулам п. 5.2.1.



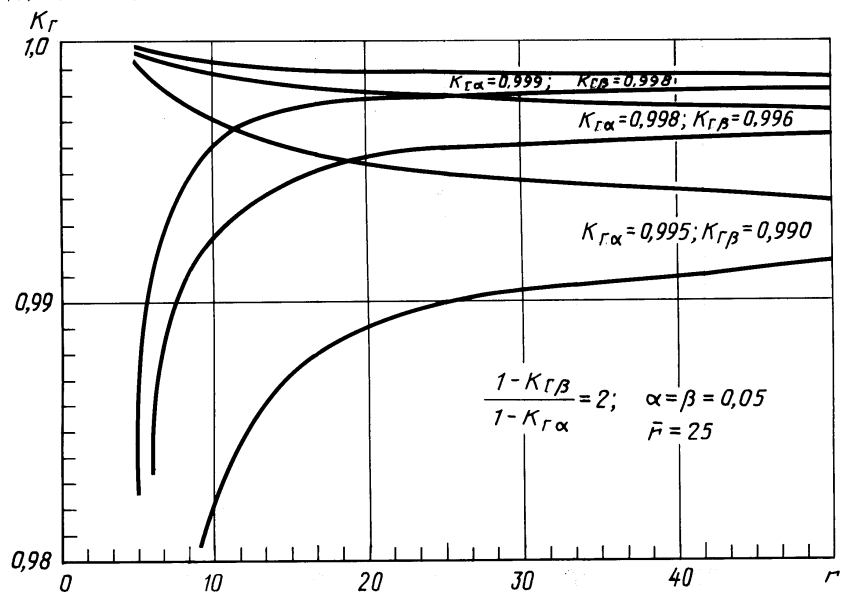
Черт. 4



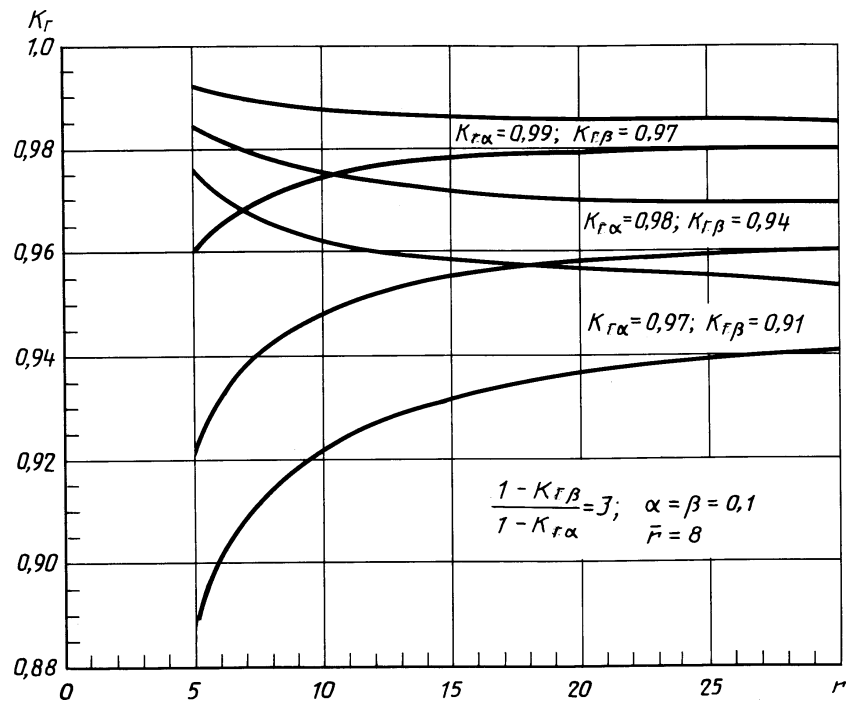
Черт. 5



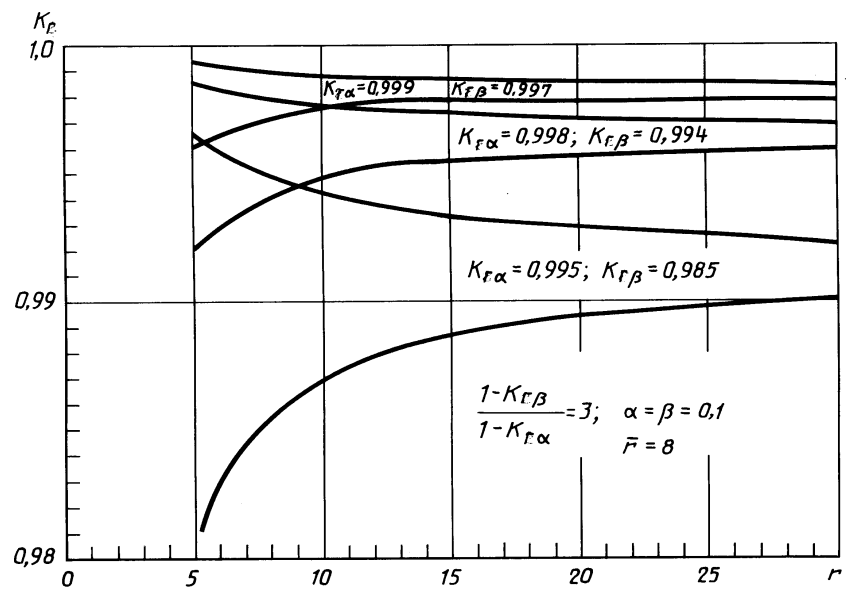
Черт. 6



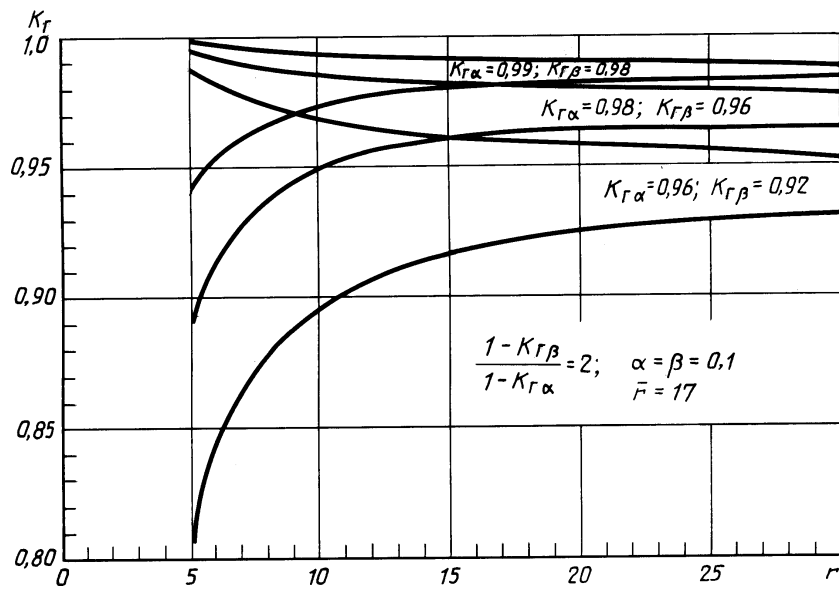
Черт. 7



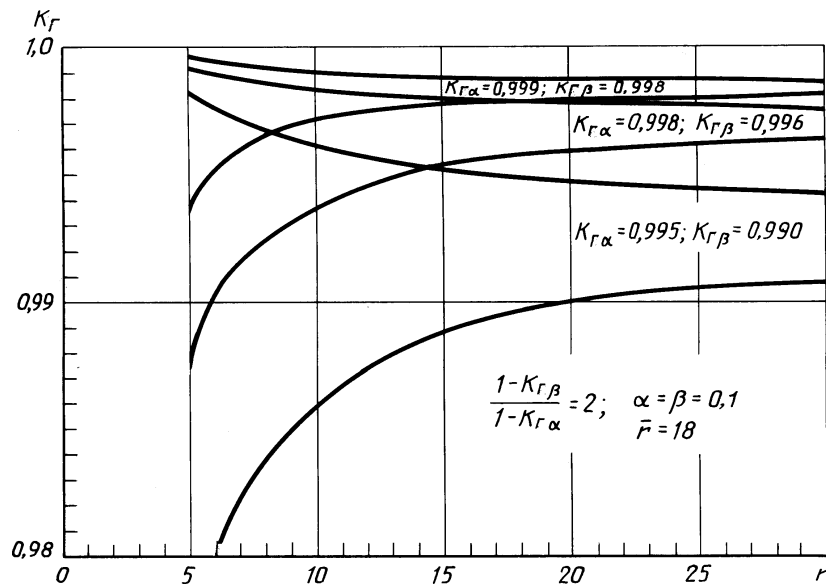
Черт. 8



Черт. 9



Черт. 10



Черт. 11

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

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

При $K_{бр}(r) < \hat{K}_{gr} < K_{пр}(r)$ 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 $\bar{R}_{\gamma_1}(\hat{R}, n)$ 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 $\bar{R}_{\gamma_1}(\hat{R}, n)$ 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).

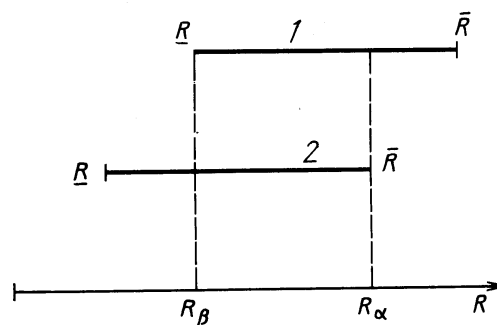
6.1.2. По окончании наблюдений с результатом (накопленной статистикой) \tilde{R} определяют доверительный интервал $[\bar{R}_{\gamma_1}(\tilde{R}, n), \underline{R}_{\gamma_2}(\tilde{R}, n)]$. При этом значения γ_1 и γ_2 подбирают так, чтобы выполнялось одно из условий:

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

или

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

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}

$$\hat{\beta} = P \left\{ \hat{R} \geq \tilde{R} \mid R = R_{\beta} \right\} = 1 - \gamma_2 \quad (3)$$

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}

$$\hat{\alpha} = P \left\{ \hat{R} \leq \tilde{R} \mid R = R_{\alpha} \right\} = 1 - \gamma_1 \quad (4)$$

С. 68 ГОСТ 27.410—87

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 доверительно-го интервалов. Необходимо лишь их смещение (полное перекрытие одного интервала другим должно быть исключено), при этом формулы (3) — (4) переходят в неравенства:

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

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

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:

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

или

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

или

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

Условие несоответствия:

$$\tilde{R} < R^*$$

или

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

или

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

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.

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 $T_{в\beta}/T_{в\alpha}$.

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 ремонтпригодность 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 ремонтпригодности информацию получают при выполнении операции технического обслуживания и плановых ремонтов, предусмотренных эксплуатационной и ремонтной документацией, а также unplanned 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.

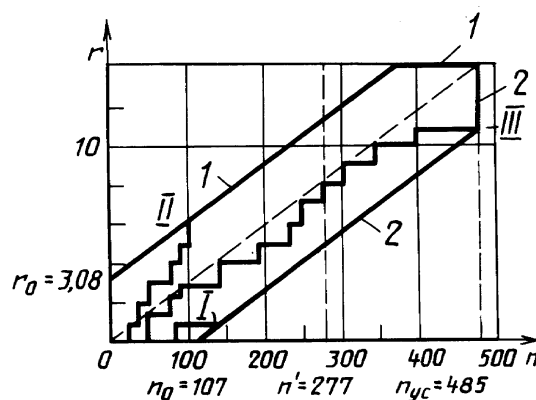
ПРИМЕРЫ ПЛАНИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

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 положительный.



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 $a = 2,16$; $r_0 = 1,59$; $r_{yc} = 4$; $(t_0/T_\alpha)^b = 0,732$; $(t'_2/T_\alpha) = 1,09$. Далее подсчитывают $(t_{yc}/T_\alpha)^b = 4/2,16 = 1,85$.

4. В технических условиях на изделие заданы:

$$\begin{aligned} \lambda_\alpha (800 \text{ ч}) &= 0,83 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}; \\ \lambda_\beta (800 \text{ ч}) &= 5,62 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}; \\ \alpha &= \beta = 0,1. \end{aligned}$$

Наработка до отказа распределена по закону Вейбулла с параметром формы $b = 2/3$.

Определить план контроля по одноступенчатому методу.

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

$$100 t\lambda_{\alpha}(t) = 100 \times 800 \times 0,83 \times 10^{-5} = 0,664;$$

$$100 t\lambda_{\beta}(t) = 100 \times 800 \times 5,62 \times 10^{-5} = 4,5.$$

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:

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

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:

$$t\lambda_{\alpha}(t) = 800 \times 0,83 \times 10^{-5} = 0,00664;$$

$$t\lambda_{\beta}(t) = 800 \times 5,62 \times 10^{-5} = 0,045.$$

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:

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

6. В технических условиях задано:

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

Определить план контроля коэффициента готовности по одноступенчатому методу.

Решение. Подсчитывают

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

По табл. 90 приложения 7 находят:

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

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:

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

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

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

$$\text{или } \chi_{\gamma}^2 (2r + 2) > 4 t_{\Sigma} / T_{\alpha}; \chi_{1-\gamma}^2 (2r) = 2 t_{\Sigma} / T_{\alpha}.$$

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

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

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

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

С. 72 ГОСТ 27.410—87

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 испытываемых 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 $T_H = 2000$ ч и наработка хлопкоуборочной машины за агросезон $t_H = 240$ ч.

Решение. На основании п. 1.9 принимаем $T_{\beta} = T_H$. Найдем $t_H/T_{\beta} = 0,12$ и по табл. 6 определим искомые планы и диапазоны чисел испытываемых изделий. Зона значений $t_H/T_{\beta} \leq 0,12$ 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 испытываемых 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 $P_H(T_{\text{сл}}) = 0,9$ 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 $P_{\beta}(T_{\text{сл}}) = P_H(T_{\text{сл}})$. Отношение наработки машины за время испытаний к наработке за срок службы $t_H/T_{\text{сл}} = 2 \cdot 1,6/8 = 0,4$. Перейдем от $P_{\beta}(T_{\text{сл}})$ к требуемой вероятности безотказной работы конструктивного элемента за время испытаний $P_{\beta}(t_H)$:

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

С другой стороны для распределения Вейбулла справедливо соотношение

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

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

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

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

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

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

Значения t_{max}/T_α подсчитаны по формуле

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

К п. 1.1.2.1 приложения 7

Значения параметров плана подсчитаны по формулам:

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

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

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:

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

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.

С. 74 ГОСТ 27.410—87

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

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

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:

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

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 нагрузки $\tau^{(r)} = T_\Sigma^{(r)} / T_\alpha$ 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 отличие 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:

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

или

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

К п. 5.2.2 приложения 7

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

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

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

где

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

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 $\hat{\alpha} \leq \alpha$, $\hat{\beta} \leq \beta$). 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].

Л И Т Е Р А Т У Р А

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 Exponential 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.

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://www.standards.ru> e-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