МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

РД 50–690–89

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ
Москва
1990

gost.e-ecolog.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

РД 50—690—89

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ
Москва
1990

© Издательство стандартов, 1990

УДК 62—192:002:006.354 Группа Т51

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Надежность в технике

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

РД 50—690—89

ОКСТУ 2700

Дата введения 01.01.91

Настоящие методические указания устанавливают методы планирования определительных испытаний на надежность (эксплуатационных наблюдений) и оценки показателей надежности по их результатам.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Под оценками показателей надежности понимают точечную или интервальную (границы доверительного интервала, который с заданной вероятностью содержит истинное значение показателя) оценки показателя.

1.2. Оценки показателей надежности используют при количественном анализе надежности и (или) при контроле показателей надежности с помощью доверительных границ по ГОСТ 27.410.

1.3. Для вычисления оценок показателей надежности проводят следующие работы:

1) выбор плана испытаний на надежность;
2) планирование испытаний;
3) сбор необходимой информации;
4) статистическую обработку информации.

В технически обоснованных случаях допускается не проводить планирование испытаний.

1.4. Обозначения, применяемые в методических указаниях, приведены в приложении 1.

1.5. Термины, применяемые в методических указаниях, и пояснения к ним приведены в приложении 2.

2. ВЫБОР ПЛАНА ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

2.1. План испытаний на надежность устанавливает число объектов испытаний, порядок проведения испытаний (с восстановлением работоспособного состояния изделия после отказа, заменой отказавшего изделия или без восстановления и замены) и критерий их прекращения.

2.2. Обозначения и определения планов испытаний на надежность — по ГОСТ 27.410.

2.3. Объектами испытаний являются однотипные изделия, не имеющие конструктивных или других различий, изготовленные по единой технологии и испытываемые в идентичных условиях.

2.4. Выбор планов испытаний зависит от типа объекта испытаний, целей испытаний, оцениваемых показателей надежности, условий испытаний и других технико-экономических факторов.

2.5. Рекомендации по выбору планов испытаний приведены в приложении 3.

3. ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

3.1. Планирование испытаний на надежность предусматривает определение требуемого объема испытаний для вычисления оценок показателей надежности с заданной точностью (относительной ошибкой ε в оценке показателя надежности) и достоверностью (доверительной вероятностью q).

3.2. Под объемом испытаний понимают для планов:

[NUN] — число объектов испытаний N или число восстановлений работоспособного состояния (при испытаниях для оценки показателя среднее время восстановления);

[NUr] [NMr[, [NRr] — число объектов N и число отказов (предельных состояний) r испытываемых объектов;

[NUT], [NMT], [NRT] — число объектов испытаний N и продолжительность испытаний T.

3.3. Исходными данными для расчета объема испытаний служат:

доверительная вероятность q интервальной оценки соответствующего показателя надежности;

предельная относительная ошибка ε оценки соответствующего показателя надежности:

$$\varepsilon=\max\left\{\frac{\hat{R}-\underline{R}}{\hat{R}};\ \frac{\overline{R}-\hat{R}}{\hat{R}}\right\};$$

коэффициент вариации v распределения случайной величины (наработки, ресурса, срока службы, времени восстановления, срока сохраняемости);

вид закона распределения случайной величины (наработки, ресурса, срока службы, времени восстановления, срока сохраняемости);

объем совокупности M (для совокупности ограниченного объема).

В технически обоснованных случаях допускается вместо предельной относительной ошибки использовать относительную ошибку ε оценки соответствующего показателя надежности:

$$\varepsilon = \begin{cases} \varepsilon_н = \dfrac{\hat{\overline{R}} - \underline{R}}{\hat{R}} & \text{— для позитивных показателей надежности,} \\ \varepsilon_в = \dfrac{\overline{R} - \hat{\underline{R}}}{\hat{R}} & \text{— для негативных показателей надежности.} \end{cases}$$

3.4. Доверительную вероятность q рекомендуется выбирать из ряда: 0,80; 0,90; 0,95; 0,99.

Предельную относительную ошибку (относительную ошибку) ε рекомендуется выбирать из ряда: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20.

Значения ε и q для планирования испытаний устанавливают в программе испытаний на надежность по ГОСТ 27.410 или программах наблюдений по РД 50—204.

3.5. Рекомендации по выбору значений ε и q приведены в приложении 3.

3.6. Порядок расчета объема испытаний приведен в приложении 4.

4. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

4.1. Исходную информацию для оценки показателей надежности (исходная информация) подразделяют на два вида:

экспериментальная — о наработках работоспособных и неработоспособных объектов или их составных частей;

информация о структуре объекта, взаимодействии составных частей, принятых способах резервирования, которую представляют в виде структурной схемы надежности.

4.2. Экспериментальную информацию подразделяют на два вида:

основная — полученная в результате испытаний или эксплуатации исследуемого объекта или его составных частей;

дополнительная — полученная в результате испытаний или эксплуатации объектов-аналогов (или аналогов его составных частей), объектов-прототипов и объектов-аналогов, имеющих отличный от исследуемого режим испытаний или эксплуатации.

4.3. Экспериментальная информация зависит от плана испытаний. Исходными данными для оценки показателей надежности служат:

4.3.1. При плане [NUN]

выборочные значения наработки до отказа, ресурса, срока службы, времени восстановления, срока сохраняемости $t_1, t_2, \ldots, t_N$;

объем выборки N.

4.3.2. При плане [NUr]

выборочные значения наработки до отказа, ресурса, срока службы, срока сохраняемости $t_1, t_2, \ldots, t_r$.

число отказов r;

объем выборки N.

4.3.3. При плане [NUT]

выборочные значения наработки до отказа, ресурса, срока службы, срока сохраняемости $t_1, t_2, \ldots, t_d$;

продолжительность испытаний T;

объем выборки N.

4.3.4. При плане [NUz]

выборочные значения наработки до отказа, ресурса, срока службы, срока сохраняемости $t_1, t_2, \ldots, t_r$;

выборочные значения наработки работоспособных изделий (наработки до цензурирования) $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_n$;

число отказов r;

объем выборки N.

4.3.5. При планах [NMr], [NRr]

выборочные значения наработки между отказами $t_1, t_2, \ldots, t_r$

число отказов r;

объем выборки N.

4.3.6. При планах [NMT], [NRT]

выборочные значения наработки между отказами $t_1, t_2, \ldots, t_d$

продолжительность испытаний T;

объем выборки N.

5. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

5.1. Оценка показателей надежности при наличии основной экспериментальной информации (экспериментальный метод).

5.1.1. Показатели надежности оценивают двумя методами:

непараметрическим — при неизвестном законе распределения, включающим непосредственную оценку показателей надежности;

параметрическим — при известном законе распределения, включающим оценку параметров закона распределения, входящих в расчетную формулу оцениваемого показателя надежности, и оценку показателя надежности по вычисленным оценкам параметров закона распределения.

5.1.2. Параметрические методы оценки показателей надежности, установленные в настоящем стандарте, применяют для экспоненциального, нормального, логарифмически нормального и диффузионных распределений и распределения Вейбулла.

5.1.3. Проверку согласия опытного закона распределения с теоретическим для случая испытаний по плану [NUN] проводят по СТ СЭВ 1190.

5.1.4. Порядок оценки показателей надежности приведен в приложении 5.

5.1.5. Если надежность изделий характеризуется показателем вероятности безотказной работы, а условия испытания (эксплуатации) изделий не позволяют определить моменты возникновения их отказов, то оценку вероятности безотказной работы вычисляют по формулам приложения 8 (случай биномиального распределения).

5.2. Оценка показателей надежности при наличии основной экспериментальной информации о составных частях объекта и информации о его структуре (расчетно-экспериментальный метод).

5.2.1. Вычисляют точечные оценки показателей надежности объекта.

Для этого на основе структурной схемы надежности (ССН) составляют функцию связи показателя надежности объекта с показателями надежности составных частей:

$$R=\varphi(R_1,\ldots,R_i,..,R_n),$$

где R_i — показатель надежности i-й составной части;

n — число составных частей, входящих в ССН.

Функцию связи $\varphi(\cdot)$ составляют в соответствии с РД 50—476.

По основной экспериментальной информации о составных частях объекта в соответствии с приложением 5 вычисляют точечные оценки показателей надежности составных частей.

Точечную оценку показателя надежности $\widehat{R}$ объекта вычисляют подстановкой оценок $\widehat{R}_i$ в функцию связи:

$$\widehat{R}=\varphi(\widehat{R}_1,\ldots,\widehat{R}_i,\ldots,\widehat{R}_n).$$

5.2.2. Интервальные оценки показателей надежности вычисляют в соответствии с РД 50—476.

5.3. Оценка показателей надежности при наличии основной и дополнительной информации об объекте (расчетно-экспериментальный метод).

5.3.1. Оценку показателей надежности вычисляют двумя методами:

параметрическим — при известных видах законов распределения наработки изделия и изделия-аналога в предположении, что вид закона распределения изделия и аналога одинаков;

непараметрическим — при неизвестных видах закона распределения наработки изделия и изделия-аналога.

5.3.2. Параметрические методы оценки показателей надежности применяют для экспоненциального, нормального, логарифмически нормального распределений и распределения Вейбулла в типовых ситуациях, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение типовых ситуаций (ТС)	Краткое описание ТС	Информация относительно K_j
ТС-1	Однотипные изделия находятся в одинаковых условиях и показатели надежности этих элементов одинаковы	$K_j = 1$
ТС-2	Однотипные изделия находятся в различных условиях. Известны отношения параметров законов распределения элементов	Известно K_j $K_j \neq 1$
ТС-3	Однотипные изделия находятся в различных условиях. Известны диапазоны изменения отношения параметров в зависимости от нахождения в тех или иных условиях	Известны диапазоны изменения K_j $\underline{K_j} \leqslant K_j \leqslant \overline{K_j}$
ТС-4	Однотипные изделия находятся в различных условиях. Заведомо известно, что показатели в одних условиях больше, чем в других	Известно, что $K_j < 1$ $(K > 1)$

Формальным признаком, по которому классифицируют типовые ситуации, является информация относительно коэффициентов K_j $(j=\overline{1,l})$, характеризующих отношение параметров распределений, описывающих дополнительную и основную информацию. Для рассмотренных законов распределения эти отношения приведены в табл. 2.

Здесь l — количество групп объектов-аналогов.

Таблица 2

Значения коэффициента K_j

Закон распределения	Плотность вероятности распределения	Известный параметр	Отношения параметров распределений
Экспоненциальный	$1/a_j e^{-t/a_j} = \lambda_j e^{-\lambda_j t}$	—	$K_j = \frac{a_j}{a_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_j}$
Нормальный	$1/\sqrt{2\pi}\,\sigma_j e^{-\frac{(t-\mu_j)^2}{2\sigma_j^2}}$	σ_j	$K_j = \frac{\mu_j}{\mu_1}$

Продолжение табл. 2

Закон распределения	Плотность вероятности распределений	Известный параметр	Отношения параметров распределений
Логарифмически нормальный	$1/\sqrt{2\pi}\sigma_j te^{-\frac{(\ln t-\mu_j)^2}{2\sigma_j^2}}$	σ_j	$K_j=\frac{\mu_j}{\rho_1}$
Вейбулла	$b_j/a_j(t/a_j)^{b_j-1}\ e^{-(t/a_j)^{b_j}}$	b_j	$K_j=\frac{a_j^{b_j}}{a_1^{b_1}}$

Примечание. Индекс «1» относится к параметрам распределения наработки оцениваемого объекта.

5.3.3. Непараметрический метод оценки показателей надежности применяют в предположении:

виды законов распределения наработки изделия и изделия-аналога неизвестны;

оцениваемое изделие и изделия-аналоги находятся в одинаковых условиях;

номенклатура показателей надежности оцениваемого изделия и изделий-аналогов совпадают.

5.3.4. Порядок вычисления оценок показателей надежности приведен в приложении 6.

5.4. Оценка показателей надежности при наличии основной и дополнительной информации о составных частях объекта и о его структуре (расчетно-экспериментальный метод).

5.4.1. Оценки показателей надежности объекта вычисляют в два этапа:

определяют точечные и интервальные оценки показателей надежности составных частей объекта;

определяют точечные и интервальные оценки показателей надежности объекта в целом.

5.4.2. Точечные и интервальные оценки показателей надежности составных частей объекта определяют в соответствии с приложением 6.

5.4.3. Точечные оценки показателей надежности объекта в целом определяют по формуле:

$$\hat{R}=\varphi(\hat{R}_1,\ldots,\hat{R}_i,\ldots,\hat{R}_n),$$

где $\hat{R}_i$ $(i=\overline{1,n})$ — точечные оценки показателей надежности составных частей;

$\varphi(\cdot)$ — функция связи показателя надежности объекта в целом с показателями надежности составных частей;

n — количество составных частей.

5.4.4. Интервальные оценки показателей надежности объекта определяют в зависимости от структурной схемы надежности объекта методом подстановки в соответствии с РД 50—476.

5.5. Оценка показателей надежности, вычисленная в соответствии с пп. 5.2—5.4, не используется для контроля показателей надежности.

5.6. Метод последовательных приближений для оценки параметров распределения (случай основной экспериментальной информации) приведен в приложении 7.

5.7. Таблицы для оценки показателей надежности приведены в приложении 9.

5.8. Примеры планирования испытаний и оценки показателей надежности приведены в приложен и 10.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ

$\hat{R}$ — оценка показателя надежности R;

ε — предельная относительная ошибка (относительная ошибка) оценки показателя надежности R;

$\underline{R}$ — нижняя доверительная граница показателя надежности R;

$\overline{R}$ — верхняя доверительная граница показателя надежности R;

N — число испытываемых (наблюдаемых) изделий;

M — объем совокупности;

q — доверительная вероятность, соответствующая одностороннему доверительному интервалу;

q^* — доверительная вероятность, соответствующая двустороннему доверительному интервалу;

r — число отказов (предельных состояний) за время испытаний (наблюдений);

t_i — отдельные значения случайной величины (наработки до отказа, наработки между отказами, ресурса, срока службы, срока сохраняемости);

$t_{в_i}$ — отдельные значения времени восстановления;

τ_j — отдельные значения наработки до цензурирования,

$\hat{\lambda}$ — оценка параметра λ экспоненциального распределения;

$\hat{a}, \hat{b}$ — оценки параметров a, b распределения Вейбулла;

$\hat{\mu}, \hat{\sigma}$ — оценки параметров μ, σ нормального распределения;

$\hat{F}(t)$ — оценка функции распределения $F(t)$ для наработки t (вероятность отказа за наработку t);

$\widehat{P}(t)$ — оценка вероятности безотказной работы P (t) за наработку t;

$\widehat{T}_{ср}$ — оценка средних показателей надежности $T_{ср}$;

$\widehat{\mu}$, $\widehat{v}$ — оценки параметров диффузионных распределений.

$\widehat{T}_{\gamma}$ — оценка гамма-процентных показателей надежности T_{γ} ;

S — суммарная наработка изделий за время испытаний;

U_q — квантиль нормального распределения, соответствующая вероятности q;

$\chi^2_q(l)$ — квантиль ХИ-квадрат распределения с числом степеней свободы l, соответствующая вероятности q;

$t_q(l)$ — квантиль t-распределения (Стьюдента) с числом степеней свободы l, соответствующая вероятности q;

$m = \begin{cases} d \text{ — для планов [NUT], [NMT], [NRT],} \\ r \text{ — для планов [NU}r\text{], [NM}r\text{], [NR}r\text{];} \end{cases}$

$\frac{\gamma}{100}$ — регламентированная вероятность;

$\widehat{v}$ — оценка коэффициента вариации v;

$\Phi_0(\cdot)$ — функция нормального распределения (нормированного);

$f_0(\cdot)$ — плотность вероятности нормального распределения;

$\Gamma(\cdot)$ — гамма-функция;

$E(\cdot)$ — коэффициент, учитывающий поправку на смещение при оценке параметра σ;

$\varkappa$ — относительная продолжительность испытаний;

$v_в$ — коэффициент вариации времени восстановления;

$T_и$ — продолжительность испытаний;

$\widehat{s}$ — оценка среднего квадратического отклонения наработки между отказами;

$\widehat{S}_в$ — оценка среднего квадратического отклонения времени восстановления;

$K_1(\gamma, q, r)$ — коэффициент, учитываемый при оценке гамма-процентной наработки до отказа для нормального распределения;

$K_2(N, m)$ — коэффициент, учитываемый при оценке нижней доверительной границы вероятности безотказной работы при биномиальных испытаниях;

$\lambda(Z)$ — обратное отношение Миллса;

K — поправочный коэффициент.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПРИМЕНЯЕМЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОЯСНЕНИЯ К НИМ

Таблица 3

Термин	Пояснение
1. Цензурирование справа Цензурирование	Событие, приводящее к прекращению испытаний или эксплуатационных наблюдений объекта до наступления отказа (предельного состояния) изучаемого характера. Примечание. Причинами цензурирования являются: разновременность начала и (или) окончания испытаний или эксплуатации изделий; снятие с испытаний или эксплуатации некоторых изделий по организационным причинам или из-за отказов составных частей, надежность которых не исследуется; перевод изделий из одного режима применения в другой в процессе испытаний или эксплуатации; необходимость оценки надежности до наступления отказов всех испытываемых изделий
2. Наработка до цензурирования	Наработка объекта от начала испытаний или эксплуатационных наблюдений до наступления цензурирования
3. Цензурированная выборка	Выборка, элементами которой являются значения наработки до отказа и наработки до цензурирования
4. Однократно цензурированная выборка	Цензурированная выборка, в которой значения всех наработок до цензурирования равны между собой и не меньше наибольшей наработки до отказа
5. Многократно цензурированная выборка	Цензурированная выборка, в которой значения наработок до цензурирования не равны между собой
6. Позитивный показатель надежности	Показатель надежности, значение которого увеличивается при повышении надежности объекта. К позитивным показателям относятся, например, средняя наработка до отказа, гамма-процентный ресурс и т. д.

Продолжение табл. 3

Термин	Пояснение
7. Негативный показатель надежности	Показатель надежности, значение которого уменьшается при повышении надежности. К негативным показателям относятся, например, интенсивность отказов, среднее время восстановления и т. д.
8. Объем совокупности	Число единиц продукции (объектов), составляющих генеральную совокупность

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПЛАНОВ ИСПЫТАНИЙ И ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ

1. Рекомендации по выбору планов определительных испытаний на надежность приведены в табл. 4.

Таблица 4

Рекомендуемые планы определительных испытаний на надежность

Вид объекта	Показатель надежности	План испытаний	Примечание
Невосстанавливаемый	Средняя наработка до отказа Гамма-процентная наработка до отказа Интенсивность отказов	[NUN], [NUr], [NUz], [NUT], [NRr], [NRT]	Для сокращения продолжительности испытаний применяют планы [N$\overline{\text{R}}r$], [NRT] Для повышения точности оценок показателей — [NUN]
	Вероятность безотказной работы	[NUT]	
Восстанавливаемый (ремонтируемый)	Средняя наработка на отказ	[NMr], [NMT]	
	Средний ресурс (срок службы) Гамма-процентный ресурс (срок службы)	[NUN], [NUr], [NUT], [NUZ], [N$\overline{\text{R}}r$], [NRT]	Рассматривают применительно к предельным состояниям. Для сокращения продолжительности испытаний применяют планы [N$\overline{\text{R}}r$], [NRT] Для повышения точности оценок показателей — [NUN]

Продолжение табл. 4

Вид объекта	Показатель надежности	План испытаний	Примечание
Произвольного вида	Среднее время восстановления	[NMr], [NMT]	Рассматривают применительно к восстановлению работоспособного состояния и переходят к плану [rUr]
	Коэффициент готовности	[NMr], [NMT]	
	Средний срок сохраняемости	[NUT]	
	Гамма-процентный срок сохраняемости	[NUr]	

2. Значения относительной ошибки ε и доверительной вероятности q устанавливают с учетом следующих факторов:

2.1. Для контроля показателей надежности по одному уровню с помощью доверительных границ

$\varepsilon=\varepsilon_н$ — при контроле позитивных показателей надежности;

$\varepsilon=\varepsilon_в$ — при контроле негативных показателей надежности;

$$q=1-\beta,$$

, где β — риск потребителя.

В остальных случаях задают предельную относительную ошибку.

2.2. Для составных частей изделия, влияющих на безопасность, $\varepsilon=0{,}05$; $q=0{,}95$; 0,99;

для базовых составных частей изделия $\varepsilon=0{,}10$; 0,15; $q=0{,}90$; 0,95;

для деталей, обусловливающих внешний вид изделия, его комфортабельность $\varepsilon=0{,}15$; 0,20; $q=0{,}80$; 0,90.

для изделий массового и серийного производств $\varepsilon=0{,}10$; $q=0{,}90$.

2.3. Для изделий крупногабаритных, дорогих, мелкосерийного производства значения ε допускается увеличивать, значения q — уменьшать.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Рекомендуемое

ПОРЯДОК РАСЧЕТА ОБЪЕМА ИСПЫТАНИЙ

1. Определение объема испытаний для плана [NUN].

1.1. Объем испытаний для оценки средней наработки до отказа, среднего ресурса (срока службы, времени восстановления) определяют по табл. 5—9 для совокупностей неограниченного объема и по табл. 10—19 для совокупностей ограниченного объема.

Исходные данные для расчета:

предельная относительная ошибка ε;

доверительная вероятность q;

вид закона распределения случайной величины (наработки до отказа, ресурса, срока службы, времени восстановления);

коэффициент вариации v;

объем совокупности M (для совокупностей ограниченного объема).

1.2. Объем испытаний для оценки гамма-процентной наработки до отказа, гамма-процентного ресурса (срока службы) определяют по табл. 20—25.

Исходные данные для расчета:

предельная относительная ошибка ε;

доверительная вероятность q;

регламентированная вероятность $\frac{\gamma}{100}$;

вид закона распределения случайной величины;

предполагаемый коэффициент вариации v.

1.3. Если по результатам испытаний получен коэффициент вариации больше заданного, то объем испытаний пересчитывают для найденного коэффициента вариации (пп. 1.1—1.2) и испытания продолжают.

2. Определение объема испытаний для плана [NUr]

2.1. Число отказов (предельных состояний) r для оценки средней наработки до отказа, среднего ресурса (срока службы, срока сохраняемости) определяют по табл. 5—9, полагая вместо N значение r для совокупностей неограниченного объема.

Исходные данные для расчета — по п. 1.1.

2.2. Объем выборки N определяют в предположении, что задана относительная продолжительность испытаний $\varkappa = T_и/T_{ср}$:

для нормального распределения:

$$N = \left\{ \frac{r}{\Phi_0\left(\frac{\varkappa - 1}{v}\right)} \right\},$$

где $\{x\}$ — целая часть x;

для распределения Вейбулла (экспоненциального):

$$N = \left\{ \frac{exp[\varkappa\Gamma(1+1/b)]^b (r-0{,}5)+0{,}5}{exp[\varkappa\Gamma(1+1/b)]^b - 1} \right\};$$

для логарифмически нормального распределения:

$$N = \left\{ \frac{r}{\Phi_0[\ln\varkappa / \sqrt{\ln(v^2+1)}]} \right\};$$

для диффузионного монотонного распределения:

$$N=\left\{ r^{-1}\,\Phi_0\left(\frac{\varkappa(1+v^2/2)-1}{v\sqrt{\varkappa(1+v^2/2)}}\right)\right\},$$

для диффузионного немонотонного распределения:

$$N=\left\{ r^{-1}\left[\Phi_0\left(\frac{\varkappa-1}{v\sqrt{\varkappa}}\right)+e^{2v^{-2}}\cdot\Phi_0\left(-\frac{\varkappa+1}{v\sqrt{\varkappa}}\right)\right]\right\}.$$

2.3. Число отказов (предельных состояний) r для оценки гамма-процентной наработки до отказа, гамма-процентного ресурса (срока службы, срока сохраняемости) определяют приближенно по табл. 20—25, полагая вместо N значение r.

Исходные данные для расчета — по п. 1.2.

2.4. Объем выборки N определяют по п. 2.2 в предположении, что задана относительная продолжительность испытаний $\varkappa$.

2.5. Если по результатам испытаний получен коэффициент вариации v больше заданного, то объем испытаний пересчитывают для найденного коэффициента вариации (пп. 2.1—2.4) и испытания продолжают.

2.6. Объем выборки N для оценки гамма-процентной наработки до отказа, гамма-процентного ресурса (срока службы, срока сохраняемости), вероятности безотказной работы при неизвестном законе распределения определяют по табл. 26.

Исходные данные для расчета:

доверительная вероятность q;

регламентированная вероятность $\frac{\gamma}{100}$ или предполагаемое значение $P(t)$;

установленное число отказов (предельных состояний) r.

Число отказов (предельных состояний) r для оценки гамма-процентных показателей надежности или вероятности безотказной работы $P(t)$ определяют по табл. 26 в предположении, что число испытываемых объектов N задано.

3. Определение объема испытаний для плана [NUT]

3.1. Объем выборки N или относительную продолжительность испытаний $\varkappa$ для оценки средней наработки до отказа, среднего ресурса (срока службы, срока сохраняемости) определяют в следующей последовательности:

для исходных данных по п. 1.1 определяют прогнозируемое число отказов (предельных состояний) r по табл. 5—9, полагая вместо N значения r;

для найденного значения r определяют объем выборки по формулам п. 2.2, полагая, что относительная продолжительность испытаний задана, или определяют значение $\varkappa$, полагая, что объем выборки N задан.

3.2. Объем выборки N или относительную продолжительность испытаний $\varkappa$ для оценки гамма-процентной наработки до отказа, гамма-процентного ресурса (срока службы, срока сохраняемости) определяют приближенно в следующей последовательности:

для исходных данных по п. 2.1 определяют прогнозируемое число отказов (предельных состояний) r по табл. 20—25, полагая вместо N значения r;

для найденного значения r определяют объем выборки N по формулам п. 2.2, полагая, что относительная продолжительность испытаний $\varkappa$ задана, или определяют значение $\varkappa$, полагая, что объем выборки N задан.

3.3. Объем выборки N для оценки гамма-процентной наработки до отказа, гамма-процентного ресурса (срока службы, срока сохраняемости), вероятности безотказной работы при неизвестном виде закона распределения определяют по табл. 26, предполагая известным значение r для исходных данных по п. 2.6.

3.4. Если по результатам испытаний за N объектами за время T получено число отказов (предельных состояний) меньше прогнозируемого, то испытания следует продолжить до наступления r отказов (предельных состояний) или снизить требования к точности и (или) достоверности оценки показателя.

3.5. Объем выборки N при испытаниях по плану [NUT] без фиксации наработки до отказа (биномиальные испытания) при оценке вероятности безотказной работы за наработку T определяют по табл. 28.

Исходные данные для расчета:

нижняя доверительная граница вероятности безотказной работы $\underline{P}(T)$ за наработку T (ожидаемое значение);

доверительная вероятность q;

допустимое число отказов d.

При известном значении N по табл. 28 находят допустимое число отказов d.

4. Определение объема испытаний для планов [NMr], [NMT], [NRr], [NRT].

4.1. Для планов [NMr], [NRr] число отказов r для оценки средней наработки на отказ (до отказа) определяют по табл. 27 в предположении экспоненциального закона распределения наработки между отказами (до отказа).

Исходные данные для расчета:

предельная относительная ошибка ε;

доверительная вероятность q.

4.2. Для плана [NMr] и неизвестного закона распределения наработки между отказами число отказов r для оценки коэффициента готовности K_r определяют по табл. 29—35.

Исходные данные для расчета:

предельная относительная ошибка ε;

доверительная вероятность q;

предполагаемый коэффициент вариации v распределения наработки между отказами;

предполагаемый коэффициент вариации $v_в$ распределения времени восстановления.

Если по результатам испытаний получен коэффициент вариации v (при $v_в$ больше заданного, то число отказов пересчитывают по табл. 29—35 для найденного коэффициента вариации и испытания продолжают.

4.3. Для планов [NMT] и [NRT] объем выборки N или относительную продолжительность испытаний $\varkappa$ для оценки средней наработки на отказ (до отказа) вычисляют по формуле

$$\varkappa N = r.$$

Прогнозируемое число отказов r определяют по п. 4.1.

5. Если вид закона распределения случайной величины неизвестен (кроме пп. 2.6, 3.3, 3.5, 4.1—4.3), то для имеющихся исходных данных объем испытаний принимают равным максимальным значениям.

Таблица 5

Число объектов испытаний N при плане [NUN] и нормальном распределении

ε	q*	q	N при v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	—	0,80	4	8	12	19	26
	0,80	0,90	8	16	28	40	65
	0,90	0,95	13	26	45	65	100
	0,95	0,975	18	37	65	100	150
	0,98	0,99	25	52	90	140	200

Продолжение табл. 5

ε	q^*	q	N при v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,10	—	0,80	2	3	4	6	8
	0,80	0,90	3	5	8	12	16
	0,90	0,95	5	8	13	19	26
	0,95	0,975	6	11	18	26	38
	0,98	0,99	8	15	25	37	52
0,15	—	0,80	1	2	3	4	4
	0,80	0,90	3	3	5	6	8
	0,90	0,95	4	5	7	10	13
	0,95	0,975	5	6	10	13	18
	0,98	0,99	6	8	13	18	25
0,20	—	0,80	1	1	2	3	3
	0,80	0,90	3	3	4	4	6
	0,90	0,95	3	4	5	7	8
	0,95	0,975	4	5	6	9	11
	0,98	0,99	5	7	8	12	16

Примечание. Число объектов испытаний получено как решение уравнения

$$\frac{t_q(N-1)}{\sqrt{N}} = \frac{\varepsilon}{v} .$$

Таблица 6

Число объектов при плане [NUN] и распределении Вейбулла при планировании по предельной относительной ошибке

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	48	65	100	150	200	250	315
	0,80	0,90	105	200	250	400	500	500	650
	0,90	0,95	170	250	400	500	650	800	1000
	0,95	0,975	235	375	500	1000	>1000	←	←
	0,98	0,99	315	500	800	1000	>1000	←	←
0,10	—	0,80	13	25	32	50	50	65	100
	0,80	0,90	32	50	65	100	125	150	200
	0,90	0,95	50	80	100	150	200	250	400
	0,95	0,975	65	100	160	215	295	375	450
	0,98	0,99	100	150	200	315	400	500	650
0,15	—	0,80	6	10	15	20	25	32	40
	0,80	0,90	15	25	32	40	65	80	80
	0,90	0,95	25	40	50	80	100	125	150
	0,95	0,975	32	50	80	110	140	175	210
	0,98	0,99	40	65	100	150	200	250	315

Продолжение табл. 6

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,20	—	0,80	5	8	10	15	20	20	25
	0,80	0,90	10	15	20	32	40	40	50
	0,90	0,95	15	25	32	40	50	80	100
	0,95	0,975	20	32	47	64	80	110	125
	0,98	0,99	25	40	65	80	125	150	150

Примечание. Число N получено как решения уравнения

$$\frac{2N}{\chi^2_{1-q}(2N)} = (\varepsilon_в + 1)^b.$$

Таблица 7

Число объектов при плане [NUN] и распределении Вейбулла при планировании по нижней доверительной границе

ε	q	2,7	2,1	1,7	1,45	1,26	1,1	1
0,05	0,80	30	53	84	119	157	207	251
	0,90	77	134	203	282	378	495	500
	0,95	133	221	343	472	500	500	500
	0,99	266	448	500	500	500	500	500
0,10	0,80	6	10	17	24	33	45	57
	0,90	16	28	45	63	85	115	139
	0,95	28	48	76	107	144	190	231
	0,99	59	100	156	218	290	385	468
0,15	0,80	2	3	6	9	12	18	21
	0,90	6	11	17	25	33	45	55
	0,95	11	19	30	42	57	76	94
	0,99	23	40	62	88	121	157	191
0,20	0,80	1	1	3	4	6	8	10
	0,90	3	5	8	12	17	22	28
	0,95	5	9	15	21	29	39	48
	0,99	11	20	31	60		81	98

Примечание. Число объектов испытаний получено как решение уравнения

$$\frac{2N}{\chi^2_q(2N)} = (1-\varepsilon_н)^b.$$

Таблица 8

Число объектов при плане [NUN] и логарифмически нормальном распределении

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	40	65	100	125	150	200	250
	0,80	0,90	100	150	250	315	400	500	650
	0,90	0,95	150	250	400	500	650	800	1000
	0,95	0,975	245	381	546	735	949	>1000	←
	0,98	0,99	315	500	800	>1000	←	←	←
0,10	—	0,80	10	20	25	32	40	50	65
	0,80	0,90	25	40	65	80	100	125	150
	0,90	0,95	40	65	100	125	150	200	250
	0,95	0,975	62	96	137	184	238	296	359
	0,98	0,99	80	125	200	250	315	400	500
0,15	—	0,80	5	8	10	15	20	25	32
	0,80	0,90	13	20	25	40	50	50	65
	0,90	0,95	20	32	40	50	80	100	100
	0,95	0,975	28	43	61	82	106	132	160
	0,98	0,99	40	50	80	125	150	200	200
0,20	—	0,80	3	4	6	8	10	15	20
	0,80	0,90	6	10	15	20	25	32	40
	0,90	0,95	10	15	25	32	40	50	65
	0,95	0,975	16	24	35	46	60	74	90
	0,98	0,99	20	32	50	65	80	100	125

Примечание. $N=\left(\frac{U_q}{\varepsilon}\right)^2 \ln(v^2+1)\left[1+\frac{\ln(v^2+1)}{2}\right]$.

Таблица 9

Число объектов при плане [NUN] и диффузионном распределении

ε	q^*	q	N при v									
			0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5
0,05	—	0,80	26	45	71	102	139	181	230	283	408	638
	0,80	0,90	59	105	164	237	322	421	533	658	947	>1000
	0,90	0,95	99	175	274	395	537	702	868	>1000	←	←
	0,95	0,975	138	246	384	554	753	984	>1000	←	←	←
	0,98	0,99	195	347	542	780	>1000	←	←	←	←	←
0,10	—	0,80	6	11	18	26	35	45	58	71	102	160
	0,80	0,90	15	26	41	59	81	105	133	165	237	371
	0,90	0,95	25	44	69	99	135	176	222	275	395	618
	0,95	0,975	35	62	96	139	189	246	312	385	555	867
	0,98	0,99	49	87	136	195	266	347	439	543	781	1000
0,15	—	0,80	3	5	8	11	16	20	26	32	46	71
	0,80	0,90	7	12	18	26	36	47	59	73	106	165
	0,90	0,95	11	20	31	44	60	78	99	122	176	275
	0,95	0,975	15	27	43	62	84	110	139	172	247	386
	0,98	0,99	22	39	60	87	119	155	196	242	348	544

Продолжение табл. 9

ε	q^*	q	N при v									
			0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5
0,20	—	0,80	2	3	4	6	9	11	14	18	26	40
	0,80	0,90	4	7	10	15	20	27	34	41	60	93
	0,90	0,95	6	11	17	25	34	44	56	69	100	156
	0,95	0,975	9	16	24	35	48	62	79	97	140	218

Примечание. $N=(U_q\, v/\varepsilon)^2\cdot(1+\sqrt{1+\varepsilon^2})/2$.

Таблица 10

Число объектов при плане [NUN] и M=10 для нормального распределения

ε	q^*	q	v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	—	0,80	2	4	5	6	7
	0,80	0,90	4	6	7	8	9
	0,90	0,95	5	7	8	9	9
	0,95	0,975	6	8	9	9	9
	0,98	0,99	7	8	9	9	10
0,10	—	0,80	1	1	2	3	4
	0,80	0,90	1	3	4	5	6
	0,90	0,95	2	4	5	6	7
	0,95	0,975	3	5	6	7	8
	0,98	0,99	4	5	7	8	8
0,15	—	0,80	1	1	1	2	2
	0,80	0,90	1	1	2	3	4
	0,90	0,95	1	2	3	4	5
	0,95	0,975	1	3	4	5	6
	0,98	0,99	2	4	5	6	7
0,20	—	0,80	1	1	1	1	1
	0,80	0,90	1	1	1	2	3
	0,90	0,95	1	1	2	3	4
	0,95	0,975	1	2	3	4	5
	0,98	0,99	1	2	4	5	5

Примечание к табл. 10—14:

$$N=\frac{U_q^2\, v^2 M}{\varepsilon^2 M+U_q^2\, v^2}\ .$$

Таблица 11

Число объектов при плане [NUN] и M=20 для нормального распределения

ε	q*	q	N при υ				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	—	0,80	2	5	7	9	11
	0,80	0,90	5	9	11	13	15
	0,90	0,95	7	11	14	15	17
	0,95	0,975	9	13	15	17	17
	0,98	0,99	10	14	16	17	18
0,10	—	0,80	1	1	2	4	5
	0,80	0,90	2	3	5	7	9
	0,90	0,95	2	5	7	9	11
	0,95	0,975	3	6	9	11	13
	0,98	0,99	4	8	10	13	14
0,15	—	0,80	1	1	1	2	2
	0,80	0,90	1	2	3	4	5
	0,90	0,95	1	2	4	5	7
	0,95	0,975	2	3	5	7	9
	0,98	0,99	2	4	6	9	10
0,20	—	0,80	1	1	1	1	1
	0,80	0,90	1	1	2	2	3
	0,90	0,95	1	1	2	3	5
	0,95	0,975	1	2	3	5	6
	0,98	0,99	1	3	4	6	8

Таблица 12

Число объектов при плане [NUN] и M=30 для нормального распределения

ε	q*	q	N при υ				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	—	0,80	3	5	8	11	14
	0,80	0,90	5	10	14	17	20
	0,90	0,95	8	13	18	21	23
	0,95	0,975	10	16	20	23	25
	0,98	0,99	13	19	22	25	26
0,10	—	0,80	1	2	3	4	5
	0,80	0,90	2	3	5	8	10
	0,90	0,95	2	5	8	11	13
	0,95	0,975	3	7	10	13	16
	0,98	0,99	5	9	13	16	19
0,15	—	0,80	1	1	1	2	3
	0,80	0,90	1	2	3	4	5
	0,90	0,95	1	2	4	6	8
	0,95	0,975	2	3	6	8	10
	0,98	0,99	2	5	7	10	13
0,20	—	0,80	1	1	1	1	2
	0,80	0,90	1	1	2	2	3
	0,90	0,95	1	1	2	4	5
	0,95	0,975	1	2	3	5	7
	0,98	0,99	1	3	5	7	9

Таблица 13

Число объектов при плане [NUN] и M=40 для нормального распределения

ε	q^*	q	N при v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	—	0,80	3	6	9	12	16
	0,80	0,90	6	11	16	20	24
	0,90	0,95	9	15	21	25	28
	0,95	0,975	11	19	24	28	31
	0,98	0,99	14	22	27	31	33
0,10	—	0,80	1	2	3	4	6
	0,80	0,90	2	3	6	8	11
	0,90	0,95	3	5	9	12	15
	0,95	0,975	4	7	11	15	19
	0,98	0,99	5	9	14	18	22
0,15	—	0,80	1	1	1	2	3
	0,80	0,90	1	2	3	4	6
	0,90	0,95	1	3	4	6	9
	0,95	0,975	2	4	6	8	11
	0,98	0,99	2	5	8	11	14
0,20	—	0,80	1	1	1	1	2
	0,80	0,90	1	1	2	2	3
	0,90	0,95	1	1	3	4	5
	0,95	0,975	1	2	4	5	7
	0,98	0,99	1	3	5	7	9

Таблица 14

Число объектов испытаний N при плане [NUN] и M=50 для нормального распределения

ε	q^*	q	N при v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	—	0,80	3	6	9	13	17
	0,80	0,90	6	11	17	23	27
	0,90	0,95	9	16	23	29	33
	0,95	0,975	12	20	28	33	37
	0,98	0,99	15	25	32	37	40
0,10	—	0,80	1	2	3	4	6
	0,80	0,90	2	3	6	9	11
	0,90	0,95	3	5	9	13	16
	0,95	0,975	4	7	11	16	20
	0,98	0,99	5	10	15	20	25
0,15	—	0,80	1	1	1	2	3
	0,80	0,90	1	2	3	4	6
	0,90	0,95	1	3	4	7	9
	0,95	0,975	2	4	6	9	12
	0,98	0,99	2	5	8	12	15

Продолжение табл. 14

ε	q^*	q	N при v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,20	—	0,80	1	1	1	1	2
	0,80	0,90	1	1	2	2	3
	0,90	0,95	1	1	3	4	5
	0,95	0,975	1	2	4	5	7
	0,98	0,99	1	3	5	7	10

Таблица 15

Число объектов испытаний N при плане [NUN] и M=10 для распределения Вейбулла

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	6	7	8	8	8	8	9
	0,80	0,90	8	8	9	←			
	0,90	0,95	8	9	←				
	0,95	0,975	9	←					
	0,98	0,99	9	←					
0,10	—	0,80	3	4	5	6	6	7	7
	0,80	0,90	5	6	7	7	7	8	8
	0,90	0,95	6	7	7	8	8	8	8
	0,95	0,975	7	7	8	8	8	8	8
	0,98	0,99	7	8	8	8	8	8	8
0,15	—	0,80	2	2	3	4	4	5	5
	0,80	0,90	3	4	5	6	6	7	7
	0,90	0,95	4	5	6	6	6	7	7
	0,95	0,975	5	6	6	7	7	7	7
	0,98	0,99	5	6	7	7	8	8	8
0,20	—	0,80	1	1	2	2	3	3	4
	0,80	0,90	2	3	3	4	5	5	6
	0,90	0,95	3	4	5	5	6	6	6
	0,95	0,975	4	4	5	6	6	6	7
	0,98	0,99	4	5	5	6	6	7	7

Примечание к табл. 15—19:

$$N = \frac{2\varepsilon^2 b^2 (M-1) + U_q^2 M}{\varepsilon^2 b^2 (M-1) + U_q^2} \cdot K.$$

Таблица 16

Число объектов испытаний N при плане [NUN] и M=20 для распределения Вейбулла

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	10	131	14	15	16	16	17
	0,80	0,90	14	16	17	17	17	18	←
	0,90	0,95	16	17	17	18	←	—	—
	0,95	0,975	16	17	17	18	←	—	—
	0,98	0,99	17	18	←	—	—	—	—
0,10	—	0,80	4	6	8	9	10	12	13
	0,80	0,90	8	10	12	13	14	15	15
	0,90	0,95	10	1213	13	14	15	16	16
	0,95	0,975	11	13	14	15	16	16	16
	0,98	0,99	13	14	15	16	16	17	←
0,15	—	0,80	2	2	4	5	6	8	8
	0,80	0,90	4	6	8	9	10	11	12
	0,90	0,95	6	8	10	11	12	13	14
	0,95	0,975	8	10	11	12	13	14	14
	0,98	0,99	9	11	12	13	14	14	15
0,20	—	0,80	1	1	2	3	4	5	5
	0,80	0,90	2	4	5	6	8	8	9
	0,90	0,95	4	5	7	8	9	10	11
	0,95	0,975	5	7	8	10	11	11	12
	0,98	0,99	6	8	9	11	12	12	13

Таблица 17

Число объектов испытаний N при плане [NUN] и M=30 для распределения Вейбулла

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	13	17	20	22	23	24	24
	0,80	0,90	19	23	24	25	26	26	26
	0,90	0,95	23	24	25	26	26	26	27
	0,95	0,975	24	25	26	26	27	←	—
	0,98	0,99	24	26	26	27	←	—	—
0,10	—	0,80	5	7	9	11	13	15	17
	0,80	0,90	9	13	16	18	19	21	22
	0,90	0,95	13	16	18	20	22	23	23
	0,95	0,975	15	18	20	21	23	23	24
	0,98	0,99	17	20	22	23	24	24	25
0,15	—	0,80	2	2	4	6	7	10	10
	0,80	0,90	5	7	9	12	13	15	16
	0,90	0,95	7	10	13	15	16	18	19
	0,95	0,975	9	12	15	17	18	19	20
	0,98	0,99	11	14	17	18	20	21	21

Продолжение табл. 17

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,20	—	0,80	1	3	3	3	5	5	6
	0,80	0,90	2	4	6	7	9	10	12
	0,90	0,95	4	6	9	10	12	14	15
	0,95	0,975	6	8	10	12	14	16	16
	0,98	0,99	7	10	12	14	16	17	18

Таблица 18

Число объектов испытаний N при плане [NUN] и M=40 для распределения Вейбулла

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	15	21	25	27	29	30	31
	0,80	0,90	24	29	31	32	33	34	34
	0,90	0,95	30	31	33	34	35	35	35
	0,95	0,975	30	32	34	35	35	35	36
	0,98	0,99	32	34	35	35	35	36	36
0,10	—	0,80	5	7	11	13	16	18	21
	0,80	0,90	10	15	19	22	24	26	27
	0,90	0,95	15	19	23	26	28	29	30
	0,95	0,975	18	22	25	27	29	30	31
	0,98	0,99	21	25	27	29	31	32	32
0,15	—	0,80	2	3	5	7	8	11	12
	0,80	0,90	5	8	11	14	16	18	20
	0,90	0,95	8	12	15	17	20	22	24
	0,95	0,975	10	14	18	20	22	24	25
	0,98	0,99	13	17	20	23	25	26	27
0,20	—	0,80	1	1	3	4	5	6	7
	0,80	0,90	3	4	6	8	10	12	14
	0,90	0,95	4	7	10	12	14	16	18
	0,95	0,975	6	9	12	15	17	19	20
	0,98	0,99	8	11	14	17	19	21	23

Таблица 19

Число объектов испытаний N при плане [NUN] и M=50 для распределения Вейбулла

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	17	23	29	32	35	37	38
	0,80	0,90	28	34	37	39	41	42	42
	0,90	0,95	34	37	40	42	43	43	44
	0,95	0,975	36	39	42	43	43	44	44
	0,98	0,99	38	42	43	44	44	44	45

Продолжение табл. 19

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,10	—	0,80	5	8	11	14	17	21	24
	0,80	0,90	11	16	21	25	28	31	33
	0,90	0,95	16	22	26	30	33	35	36
	0,95	0,975	20	26	30	33	35	37	38
	0,98	0,99	24	29	33	36	37	39	40
0,15	—	0,80	2	3	5	7	9	12	13
	0,80	0,90	5	8	12	15	17	21	22
	0,90	0,95	9	13	16	20	23	26	28
	0,95	0,975	11	16	20	23	26	29	30
	0,98	0,99	14	19	24	27	30	32	33
0 20	—	0,80	1	1	3	4	5	6	7
	0,80	0,90	3	4	6	9	11	13	16
	0,90	0,95	4	7	11	13	16	18	21
	0,95	0,975	6	10	13	16	19	22	24
	0,98	0,99	8	13	16	20	22	25	27

Таблица 20

Число объектов испытаний N для оценки гамма-процентных показателей при плане [NUN] и нормальном распределении ($\gamma\,\% = 80\,\%$)

ε	q^*	q	N при v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	—	0,80	7	17	34	58	94
	0,80	0,90	16	40	78	135	217
	0,90	0,95	27	65	128	222	356
	0,95	0,975	38	93	182	315	506
	0,98	0,99	53	130	256	443	712
0,10	—	0,80	2	5	9	15	24
	0,80	0,90	4	10	20	34	55
	0,90	0,95	7	17	32	56	89
	0,95	0,975	10	24	46	79	127
	0,98	0,99	14	33	64	111	178
0,15	—	0,80	1	2	4	7	11
	0,80	0,90	2	5	9	15	25
	0,90	0,95	3	8	15	25	40
	0,95	0,975	5	11	21	35	57
	0,98	0,99	6	15	29	50	80
0,20	—	0,80	1	2	3	4	6
	0,80	0,90	1	3	5	9	14
	0,90	0,95	2	5	8	14	23
	0,95	0,975	3	6	12	20	32
	0,98	0,99	4	9	16	28	45

Примечание к табл. 20 и 21:

$$N = \left[\frac{U_q \cdot v \cdot K_{\gamma\%}}{\varepsilon(1 - U_{\gamma\%} \cdot v)}\right]^2 ;$$

$$K_{\gamma\%} = \frac{\sqrt{\left(1 - \frac{\gamma\%}{100}\right)\frac{\gamma\%}{100}}}{f_0(U_{\gamma\%})} ;$$

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{U\gamma\%} e^{-t^2/2} \cdot dt = 1 - \frac{\gamma\%}{100} .$$

Таблица 21

Число объектов испытаний N для оценки гамма-процентных показателей при плане [NUN] и нормальном распределении ($\gamma\% = 90\ \%$)

ε	q^*	q	N при v				
			0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	—	0,80	11	29	60	112	196
	0,80	0,90	26	66	139	260	455
	0,90	0,95	42	109	228	427	749
	0,95	0,975	59	155	324	606	1064
	0,98	0,99	83	218	456	853	1498
0,10	—	0,80	3	8	15	28	49
	0,80	0,90	7	17	35	65	114
	0,90	0,95	11	28	57	107	188
	0,95	0,975	15	39	81	152	266
	0,98	0,99	21	55	114	214	375
0,15	—	0,80	2	4	7	13	22
	0,80	0,90	3	8	16	29	51
	0,90	0,95	5	13	26	48	84
	0,95	0,975	7	18	36	68	119
	0,98	0,99	10	25	51	95	167
0,20	—	0,80	1	2	4	7	13
	0,80	0,90	2	5	9	17	29
	0,90	0,95	3	7	15	27	47
	0,95	0,975	4	10	21	38	67
	0,98	0,99	6	14	29	54	94

Таблица 22

Число объектов испытаний N для оценки гамма-процентных показателей надежности при плане [NUN] и распределении Вейбулла ($\gamma\% = 80\ \%$)

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	196	323	493	677	896	>1000	←
	0,80	0,90	453	749	>1000	←			
	0,90	0,95	746	>1000	←				
	0,95	0,975	>1000	←					
	0,98	0,99	>1000	←					

Продолжение табл. 22

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,10	—	0,80	49	81	124	170	224	294	356
	0,80	0,90	114	188	286	393	520	682	826
	0,90	0,95	187	309	471	647	856	>1000	←
	0,95	0,975	265	438	668	918	>1000	←	—
	0,98	0,99	373	616	940	>1000	←	—	—
0,15	—	0,80	22	36	55	76	100	131	159
	0,80	0,90	51	84	127	175	231	304	367
	0,90	0,95	83	137	209	288	381	500	604
	0,95	0,975	118	195	297	408	540	709	658
	0,98	0,99	166	274	418	575	761	998	>1000
0,20	—	0,80	13	21	31	43	56	74	89
	0,80	0,90	29	47	72	99	130	171	207
	0,90	0,95	47	77	118	162	214	281	343
	0,95	0,975	67	110	167	230	304	399	480
	0,98	0,99	94	154	235	323	428	562	580

Примечание к табл. 22 и 23:

$$N = \left(\frac{U_q \cdot K_{\gamma\%}}{\varepsilon \cdot b} \right)^2 \; ; \; K_{\gamma\%} = \frac{\sqrt{100/\gamma\% - 1}}{\ln 100/\gamma\%} \; .$$

Таблица 23

Число объектов испытаний N для оценки гамма-процентных показателей надежности при плане [NUN] и распределении Вейбулла ($\gamma\% = 90\%$)

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	392	646	986	>1000	←	—	—
	0,80	0,90	906	>1000	←	—	—	—	—
	0,90	0,95	>1000	←	—	—	—	—	—
	0,95	0,975	>1000	←	—	—	—	—	—
	0,98	0,99	>1000	←	—	—	—	—	—
0,10	—	0,80	98	162	248	340	448	588	712
	0,80	0,90	228	376	572	786	>1000	←	—
	0,90	0,95	374	618	942	>1000	←	—	—
	0,95	0,975	530	876	>1000	←	—	—	—
	0,98	0,99	746	>1000	←	—	—	—	—
0,15	—	0,80	44	72	110	152	200	262	318
	0,80	0,90	102	168	254	350	462	608	734
	0,90	0,95	166	274	418	576	762	>1000	←
	0,95	0,975	236	390	594	816	>1000	←	—
	0,98	0,99	332	548	836	>1000	←	—	—
0,20	—	0,80	26	42	62	86	112	148	178
	0,80	0,90	58	94	144	198	260	342	414
	0,90	0,95	94	154	236	324	418	562	680
	0,95	0,975	134	220	334	460	608	798	966
	0,98	0,99	188	308	470	646	856	>1000	←

Таблица 24

Число объектов испытаний N для оценки гамма-процентных показателей надежности при плане [NUN] и логарифмически нормальном распределении ($\gamma\,\% = 80\,\%$)

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	86	129	178	231	287	344	402
	0,80	0,90	200	300	413	536	665	798	932
	0,90	0,95	329	494	681	883	>1000	←	←
	0,95	0,975	466	701	966	>1000	←	←	←
	0,98	0,99	658	989	>1000	←	←	←	←
0,10	—	0,80	22	32	45	58	72	86	100
	0,80	0,90	50	75	103	134	166	199	233
	0,90	0,95	82	123	170	221	274	328	384
	0,95	0,975	117	175	242	313	389	466	545
	0,98	0,99	164	247	341	442	548	658	768
0,15	—	0,80	10	14	20	26	32	38	45
	0,80	0,90	22	33	46	60	74	89	104
	0,90	0,95	37	55	76	98	122	146	170
	0,95	0,975	52	78	107	139	173	207	242
	0,98	0,99	73	110	151	196	244	292	341
0,20	—	0,80	5	8	11	14	18	22	25
	0,80	0,90	12	19	26	34	42	50	58
	0,90	0,95	21	31	43	55	68	82	96
	0,95	0,975	29	44	60	78	97	117	136
	0,98	0,99	41	62	85	110	137	164	192

Примечание к табл. 24 и 25:

$$N = \left(\frac{U_q K_{\gamma\%}}{\varepsilon}\right)^2 \ln(v^2+1),$$

$$K_{\gamma\%} = \frac{1}{f_0(U_{\gamma\%})} \sqrt{\left(1-\frac{\gamma\%}{100}\right)\frac{\gamma\%}{100}}\,.$$

Таблица 25

Число объектов испытаний N для оценки гамма-процентных показателей надежности при плане [NUN] и логарифмически нормальном распределении ($\gamma\,\% = 90\,\%$)

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	—	0,80	123	185	255	331	410	492	575
	0,80	0,90	285	429	591	767	951	>1000	←
	0,90	0,95	470	706	973	>1000	←	←	←
	0,95	0,975	667	>1000	←	←	←	←	←
	0,98	0,99	941	>1000	←	←	←	←	←

Продолжение табл. 25

ε	q^*	q	N при v						
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,10	—	0,80	31	46	64	83	103	123	144
	0,80	0,90	71	107	148	192	238	285	333
	0,90	0,95	117	177	243	316	391	469	548
	0,95	0,975	167	251	345	448	556	666	779
	0,98	0,99	235	354	487	632	784	940	>1000
0,15	—	0,80	14	21	28	37	46	55	64
	0,80	0,90	32	48	66	85	106	127	148
	0,90	0,95	52	78	108	140	174	209	244
	0,95	0,975	74	111	154	199	247	296	346
	0,98	0,99	105	157	217	281	348	418	488
0,20	—	0,80	8	12	16	21	26	31	36
	0,80	0,90	18	27	37	48	59	71	83
	0,90	0,95	29	44	61	79	98	117	137
	0,95	0,975	42	63	86	112	139	167	195
	0,98	0,99	59	88	122	158	196	235	275

Таблица 26

Число отказов испытаний N для плана [NU*r*] при оценке гамма-процентных показателей надежности

γ%/100 или $P(t)$	q	N или r														
		0	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20	25	32	40	50
0,50	0,80	—	—	—	8	10	13	13	20	25	32	40	50	65	80	100
	0,90	—	—	6	8	10	13	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	0,95	—	—	8	10	13	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
	0,99	6	10	10	13	15	20	20	25	32	50	65	65	80	100	125
0,80	0,80	8	8	13	20	25	32	40	50	65	80	125	150	150	200	—
	0,90	10	10	15	25	32	40	40	50	65	100	125	150	200	—	—
	0,95	13	13	20	32	40	40	50	65	80	100	125	150	200	—	—
	0,99	20	20	25	32	40	50	50	65	80	125	150	150	200	—	—
0,90	0,80	15	15	32	40	50	65	80	100	125	200	200	200	—	—	—
	0,90	20	20	32	50	65	80	80	100	150	200	200	—	—	—	—
	0,95	20	25	40	50	65	80	100	125	150	200	—	—	—	—	—
	0,99	32	50	80	80	100	125	125	150	200	—	—	—	—	—	—
0,95	0,80	32	32	50	80	100	125	150	150	200	—	—	—	—	—	—
	0,90	50	50	65	100	100	125	150	200	—	—	—	—	—	—	—
	0,95	50	65	80	125	150	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,99	65	65	100	125	150	150	200	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 27

Число отказов r для планов [NMr], [NMT], [NRr], [NRT]

ε	r при q			
	0,80	0,90	0,95	0,99
0,05	331/251	>500/>500	>500/>500	>500/>500
0,10	88/57	217/139	346/231	>500/468
0,15	56/21	114/55	170/94	358/191
0,20	29/10	59/28	116/48	232/98

Примечания:

1. Распределение наработки между отказами (до отказа) является экспоненциальным.
2. В числителе приведены значения числа отказов r при планировании по предельной относительной ошибке (верхней доверительной границе), в знаменателе — при планировании по нижней доверительной границе.

Таблица 28

Число объектов испытаний N для оценки вероятности безотказной работы P(T) с доверительной вероятностью q при допустимом числе отказов d

d	q	P(T)				
		0,80	0,85	0,90	0,95	0,975
0	0,80	7	10	15	31	64
	0,90	10	14	22	45	91
	0,95	13	18	28	58	118
	0,99	21	28	44	90	182
1	0,80	14	19	29	59	119
	0,90	18	25	38	77	154
	0,95	22	30	46	93	188
	0,99	31	42	64	130	263
2	0,80	21	28	42	85	170
	0,90	25	34	52	105	212
	0,95	30	40	61	124	250
	0,99	39	53	81	165	333
3	0,80	27	36	54	109	220
	0,90	32	43	65	132	266
	0,95	37	50	75	153	308
	0,99	47	64	97	198	399
4	0,80	32	44	66	133	268
	0,90	38	52	78	158	318
	0,95	43	59	89	181	364
	0,99	54	74	112	229	461

Продолжение табл. 28

d	q	P(T)				
		0,80	0,85	0,90	0,95	0,975
5	0,80	38	52	78	157	315
	0,90	44	60	91	184	369
	0,95	50	68	103	208	418
	0,99	62	83	127	258	>500
6	0,80	44	59	89	180	362
	0,90	51	68	103	209	419
	0,95	56	76	116	234	471
	0,99	69	93	142	287	>500
7	0,80	50	67	101	203	408
	0,90	57	76	116	233	469
	0,95	63	85	129	260	>500
	0,99	76	102	156	316	>500
8	0,80	55	74	112	226	454
	0,90	63	84	128	258	>500
	0,95	69	93	141	286	>500
	0,99	82	111	170	344	>500
9	0,80	61	82	124	249	499
	0,90	69	92	140	282	>500
	0,95	75	102	154	311	>500
	0,99	89	120	183	371	>500
10	0,80	67	89	135	271	>500
	0,90	74	100	152	306	>500
	0,95	81	110	166	336	>500
	0,99	96	129	197	398	>500

Примечание.

$$N=\ln(1-q)/\ln\underline{P}(T),\ d=0;$$

$$N\cong \frac{d}{2}-[\chi_q^2(2d+2)]/2\ln\underline{P}(T),\ d\geqslant 1,\ \underline{P}(T)\geqslant 0{,}8;$$

$$N\cong d+(d+1)/\left\{\left[\left(1-2\ln\underline{P}(T)\right)/\chi_q^2(2d+2)\right]^{d+1}-1\right\},\ d\geqslant 1,\ 0{,}5\leqslant\underline{P}(T)<0{,}8$$

Таблица 29

Число отказов r при плане [NMr] для оценки коэффициента готовности при $v_в = 0{,}1$

ε	q	r при v						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,05	0,80	6	15	25	50	100	200	315
	0,90	13	32	65	125	250	400	650
	0,95	20	65	125	200	400	800	1000
	0,975	29	71	142	284	568	710	1000
	0,99	40	100	200	400	800	1000	>1000
0,10	0,80	3	4	8	15	32	50	80
	0,90	4	10	20	32	65	125	200
	0,95	6	15	32	50	125	200	315
	0,975	7	23	47	70	180	280	465
	0,99	10	32	65	100	250	400	650
0,15	0,80	3	3	4	6	15	25	40
	0,90	3	5	10	15	32	65	100
	0,95	3	8	15	25	50	100	150
	0,975	4	11	23	35	90	140	225
	0,99	6	15	32	50	125	200	315
0,20	0,80	3	3	3	4	10	15	25
	0,90	3	3	6	10	20	40	65
	0,95	3	5	10	15	32	65	100
	0,975	3	7	14	23	47	90	140
	0,99	3	10	20	32	65	125	200

Примечание к табл. 29—35:

$$r = \left(\frac{U_q}{\varepsilon}\right)^2 [(\varepsilon+1)^2 v^2 + v_в^2 \quad].$$

Таблица 30

Число отказов r при плане [NMr] для оценки коэффициента готовности при $v_в = 0{,}2$

ε	q	r при v						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,05	0,80	15	25	40	65	125	200	315
	0,90	32	50	100	150	250	500	800
	0,95	50	100	150	250	500	800	1000
	0,975	70	140	225	350	700	1000	>1000
	0,99	100	200	315	500	1000	>1000	>1000

Продолжение табл. 30

ε	q	r при υ						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,10	0,80	4	6	10	15	32	50	80
	0,90	8	15	25	40	80	125	200
	0,95	13	25	40	65	125	200	315
	0,975	18	36	57	90	180	285	462
	0,99	25	50	80	125	250	400	650
0,15	0,80	3	3	5	8	15	25	40
	0,90	4	6	10	20	40	65	100
	0,95	6	10	20	32	65	100	150
	0,975	10	14	28	47	90	140	225
	0,99	13	20	40	65	125	200	315
0,20	0,80	3	3	3	5	10	15	25
	0,90	3	4	6	10	20	40	65
	0,95	4	6	10	20	40	65	100
	0,975	6	10	14	28	56	90	140
	0,99	8	13	20	40	80	125	200

Таблица 31

Число отказов *r* при плане [NM*r*] для оценки коэффициента готовности при $\upsilon_в = 0{,}3$

ε	q	r при υ						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,05	0,80	25	40	50	80	125	200	315
	0,90	65	80	125	200	315	500	800
	0,95	100	150	200	315	500	800	1000
	0,975	136	217	271	434	678	1000	>1000
	0,99	200	315	400	650	1000	>1000	>1000
0,10	0,80	6	10	15	20	40	65	100
	0,90	15	25	32	50	80	150	200
	0,95	25	40	50	80	150	250	400
	0,975	33	55	82	109	217	353	542
	0,99	50	80	100	150	250	400	650
0,15	0,80	3	5	6	10	15	32	50
	0,90	8	10	15	25	40	65	100
	0,95	13	15	25	40	65	100	150
	0,975	17	27	33	55	82	174	271
	0,99	25	32	50	80	125	200	315
0,20	0,80	3	4	4	6	10	20	25
	0,90	4	6	10	13	25	40	65
	0,95	6	10	15	20	40	65	100
	0,975	10	17	22	33	55	108	136
	0,99	13	20	32	40	80	125	200

Таблица 32

Число отказов r при плане [NMr] для оценки коэффициента готовности при $v_в = 0{,}4$

ε	q	r при v						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,05	0,80	50	65	80	100	150	250	400
	0,90	100	125	150	200	315	500	800
	0,95	150	200	250	400	650	1000	>1000
	0,975	271	353	434	542	813	1000	>1000
	0,99	315	400	500	800	1000	>1000	>1000
0,10	0,80	13	15	20	25	40	65	100
	0,90	25	32	40	65	100	150	250
	0,95	40	50	80	100	150	250	400
	0,975	71	82	109	136	217	353	542
	0,99	100	125	150	200	315	500	800
0,15	0,80	5	6	8	10	20	32	50
	0,90	13	15	20	25	50	80	100
	0,95	20	25	32	40	80	125	200
	0,975	27	33	44	55	109	173	271
	0,99	40	50	65	80	150	250	400
0,20	0,80	3	4	5	6	13	20	32
	0,90	6	8	13	15	25	40	65
	0,95	10	13	20	25	40	65	100
	0,975	17	22	27	33	71	109	173
	0,99	25	32	40	50	80	150	200

Таблица 33

Число отказов r при плане [NMr] для оценки коэффициента готовности при $v_в = 0{,}6$

ε	q	r при v						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,05	0,80	100	125	125	150	200	315	400
	0,90	250	250	315	400	500	650	>1000
	0,95	400	400	500	650	800	1000	>1000
	0,975	570	570	700	1000	>1000	←	—
	0,99	800	800	1000	>1000	←	—	—
0,10	0,80	25	25	32	40	50	80	100
	0,90	65	65	80	100	125	200	250
	0,95	100	100	125	150	200	315	400
	0,975	140	140	180	225	285	460	570
	0,99	200	200	250	315	400	650	800

Продолжение табл. 33

ε	q	r при v						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,15	0,80	10	13	15	20	25	40	50
	0,90	25	32	32	40	65	80	125
	0,95	40	50	50	65	100	150	200
	0,975	57	70	90	100	150	225	285
	0,99	80	100	125	150	200	315	400
0,20	0,80	6	8	8	10	15	20	32
	0,90	15	15	20	25	40	50	80
	0,95	25	25	32	40	65	80	125
	0,975	36	36	47	57	90	100	180
	0,99	50	50	65	80	125	150	250

Таблица 34

Число отказов r при плане [NMr] для оценки коэффициента готовности при $v_в = 0{,}8$

ε	q	r при v						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,05	0,80	150	200	200	250	315	400	500
	0,90	400	400	500	500	650	800	1000
	0,95	650	650	800	800	1000	>1000	>1000
	0,975	800	1000	>1000	←			
	0,99	>1000	←					
0,10	0,80	40	50	50	65	80	100	125
	0,90	100	100	125	150	150	250	315
	0,95	150	200	200	200	315	400	500
	0,975	225	285	285	285	285	570	700
	0,99	315	400	400	400	400	800	1000
0.15	0,80	202	20	20	25	32	40	65
	0,90	40	50	50	65	80	100	150
	0,95	80	80	80	100	125	150	250
	0,975	100	100	150	150	180	225	355
	0,99	150	150	200	200	250	315	500
0,20	0,80	10	13	13	15	20	25	32
	0,90	25	25	32	40	50	65	80
	0,95	40	40	50	65	80	100	150
	0,975	60	70	70	90	100	150	180
	0,99	80	100	100	125	150	200	250

Таблица 35

Число отказов r при плане [NMr] для оценки коэффициента готовности при $v_в = 1{,}0$

α	q	r при v						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,05	0,80	250	315	315	315	400	500	650
	0,90	650	650	650	800	1000	1000	1000
	0,95	>1000	—	—	—	—	—	—
	0,975	>1000	←	—	—	—	—	—
	0,99	>1000	←	—	—	—	—	—
0,10	0,80	65	65	80	80	100	125	150
	0,90	150	150	200	200	250	315	400
	0,95	250	250	315	315	400	500	650
	0,975	350	350	350	460	570	700	1000
	0,99	500	500	500	650	800	1000	>1000
0,15	0,80	32	32	32	40	40	50	65
	0,90	65	80	80	80	100	125	150
	0,95	125	125	125	150	200	250	250
	0,975	180	180	180	225	225	285	350
	0,99	250	250	250	315	315	400	500
0,20	0,80	15	20	20	20	25	32	40
	0,90	40	40	50	50	65	80	100
	0,95	65	65	80	80	100	125	150
	0,975	90	100	100	100	150	180	225
	0,99	125	150	150	150	200	250	315

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Рекомендуемое

ПОРЯДОК ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ОСНОВНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

1. Оценка показателей надежности непараметрическими методами

1.1. Точечные оценки показателей надежности вычисляют при $r>5$.

При $r\leqslant 5$ используют нижние доверительные границы показателей надежности.

1.2. Последовательность вычисления оценок показателей надежности для планов типа [NU...]:

Наработки до отказа и наработки до цензурирования (для планов, отличных от [NUN]) выстраивают в общий вариационный ряд в порядке неубывания. Если отдельные значения наработки до отказа равны некоторым значениям наработок работоспособных изделий, то в вариационном ряду сначала указывают наработки до отказа, затем наработки до цензурирования.

Вычисляют оценку функции распределения $\widehat{F}(t_i)$

$$\widehat{F}(t_i)=1-\prod_{j=1}^{i}\frac{N_j-1}{N_j}\ ;\ i=\overline{1,r},$$

где N_j — количество работоспособных изделий до j-го отказа в вариационном ряду.

Для планов [NUN], [NUr] и [NUT] эта формула переходит в следующую:

$$\widehat{F}(t_i)=i/N,\ i\leqslant m.$$

Вычисляют точечные оценки показателей надежности по формулам, приведенным в табл. 36.

Таблица 36

План испытаний	Формулы для определения		
	средней наработки до отказа, среднего ресурса (срока службы, срока сохраняемости, времени восстановления)	гамма-процентной наработки, гамма-процентного ресурса (срока службы, срока сохраняемости)	вероятности безотказности работы за наработку t
[NUN]	$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_i$	где $t_{i-1}+d_1(t_i-t_{i-1})$, $\widehat{F}(t_{i-1})<1-\frac{\gamma}{100}<\widehat{F}(t_i)$, $d_1=\frac{1-\gamma/100-\widehat{F}(t_{i-1})}{\widehat{F}(t_i)-\widehat{F}(t_{i-1})}$	$1-\widehat{F}(t_{i-1})-d_2[\widehat{F}(t_i)-\widehat{F}(t_{i-1})]$, где $t_{i-1}<t<t_i$, $d_2=\frac{t-t_{i-1}}{t_i-t_{i-1}}$
[NUr] [NUT]	$\frac{\sum_{i=1}^{m} t_i}{m}+\frac{N-m}{m}t_m$		
[NUz]	$\sum_{i=1}^{r} t_i\Delta F(t_i)+max(t_r,\tau_n)\times[1-F(t_r)]$, где $\Delta F(t_i)=\widehat{F}(t_i)-\widehat{F}(t_{i-1})$; $t_0=0$; $\widehat{F}(t_0)=0$		
	$-0{,}5\frac{t_i[1+\widehat{F}'(t_i)]}{\ln[1-\widehat{F}'(t_i)]}$, где $\widehat{F}'(t_i)=max\widehat{F}(t_i)$, таких, что $0{,}4\leqslant\widehat{F}(t_i)\leqslant 1-e^{-1}$ для изделий с возрастающей интенсивностью отказов		

Примечания:
1. Среднее время восстановления оценивают для плана [NUN].

2. Если выполнено одно из условий $1-\gamma/100=\widehat{F}(t_{i-1})$ или $1-\gamma/100=\widehat{F}(t_i)$, то $\widehat{T}_{\gamma\%}=t_{i-1}$ или $\widehat{T}_{\gamma\%}=t_i$.

3. Если выполнено одно из условий $t=t_{i-1}$ или $t=t_i$, то $\widehat{P}(t)=1-\widehat{F}(t_{i-1})$ или $\widehat{P}(t)=1-\widehat{F}(t_i)$.

4. Если выполнено условие $t=t_i=t_{i+1}=\ldots=t_k$ $(k\leqslant r)$, то $\widehat{P}(t)=\dfrac{\sum\limits_{l=1}^{k}\widehat{P}(t_l)}{k-l+1}$.

При заданной доверительной вероятности q^* для двустороннего интервала доверительную вероятность q для одностороннего интервала определяют по формуле $q=(1+q^*)/2$. Соответственно $q^*=2q-1$.

Вычисляют интервальные оценки показателей надежности по формулам,приведенным в табл. 37.

Таблица 37

Формулы для вычисления интервальных оценок показателей надежности при неизвестном виде закона распределения

Показатель надежности	Формулы для вычисления	
	Нижней доверительной границы уровня q (НДГ)	верхней доверительной границы уровня q (ВДГ)
Средняя наработка до отказа, средний ресурс (срок службы, сохраняемости, время восстановления)	$\widehat{T}_{ср}-U_q\sqrt{\sum\limits_{i=1}^{r}\dfrac{\Delta F(t_i)}{r}(t_i-\widehat{T}_{ср})^2}$.	$\widehat{T}_{ср}+U_q\sqrt{\sum\limits_{i=1}^{r}\dfrac{\Delta F(t_i)}{r}(t_i-\widehat{T}_{ср})^2}$
Гамма-процентные показатели	$t_{i-1}+d_3(t_i-t_{i-1})$; $t_0=0$ $\overline{F}(t_{i-1})<1-\gamma/100<\overline{F}(t_i)$ $\overline{F}(t_i)=\dfrac{\chi^2_q[2(r_i+1)]}{2N-r_i+0{,}5\chi^2_q[2(r_i+1)]}$ $d_3=\dfrac{1-\gamma/100-\overline{F}(t_{i-1})}{\overline{F}(t_i)-\overline{F}(t_{i-1})}$	$t_{i-1}+d_4(t_i-t_{i-1})$; $t_0=0$ $\underline{F}(t_{i-1})<1-\gamma/100<\underline{F}(t_i)$ $\underline{F}(t_i)=\dfrac{\chi^2_{1-q}(2r_i)}{2N-r_i+1+0{,}5\chi^2_{1-q}(2r_i)}$ $d_4=\dfrac{1-\gamma/100-\underline{F}(t_{i-1})}{\underline{F}(t_i)-\underline{F}(t_{i-1})}$

Продолжение табл. 37

Показатель надежности	Формулы для вычисления	
	нижней доверительной границы уровня q (НДГ)	верхней доверительной границы уровня q (ВДГ)
Вероятность безотказной работы за наработку	$1-\overline{F}(t_{i-1})-d_2[\overline{F}(t_i)-\overline{F}(t_{i-1})]$ $t_{i-1}<t<t_i;\ t<t_m$	$1-\underline{F}(t_{i-1})-\underline{d}_2[F(t_i)-F(t_{i-1})]$ $t_{i-1}<t<t_i;\ t<t_m$

Примечания:

1. Оценки $\underline{T}_{cp}$, $\overline{T}_{cp}$ являются приближенными.
2. Оценки $\underline{P}(t_i)$, $\overline{P}(t_i)$, $\underline{T}_\gamma$, $\overline{T}_\gamma$ для плана [NUz] являются приближенными.
3. Для плана [NUz]

$r_i=\{N\cdot\widehat{F}(t_i)\}$, где $\{x\}$ — целая часть x.

4. $\Delta F(t_i)=F(t_i)-F(t_{i-1})$; $t_0=0$; $F(t_0)=0$.
5. Если выполнено одно из условий

$1-\gamma/100=\overline{F}(t_{i-1})$; $1-\gamma/100=\overline{F}(t_i)$; $1-\gamma/100=\underline{F}(t_{i-1})$ или

$1-\gamma/100=\underline{F}(t_i)$, то $\underline{T}_\gamma=t_{i-1}$; $\underline{T}_\gamma=t_i$; $\overline{T}_\gamma=t_{i-1}$ или

$\overline{T}_\gamma=t_i$ соответственно.

6. Если выполнено одно из условий

$t=t_{i-1}$ или $t=t_i$, то $\underline{P}(t)=1-\overline{F}(t_{i-1})$;

$\overline{P}(t)=1-\underline{F}(t_{i-1})$; $\underline{P}(t)=1-\overline{F}(t_i)$ или $\overline{P}(t)=1-\underline{F}(t_i)$ соответственно.

7. Если выполнено условие

$t=t_i=t_{i+1}=\ldots=t_k$ $(k\leqslant r)$, то $\underline{P}(t)=\dfrac{\sum\limits_{l=1}^{k}\underline{P}(t}{k-l+1}$; $\overline{P}(t)=\dfrac{\sum\limits_{l=1}^{k}\overline{P}(t_l)}{k-l+1}$.

1.3. Для планов [NM*r*] и [NMT] точечную оценку средней наработки на отказ вычисляют по формуле $\hat{T}_0 = S/m$.

Интервальные оценки средней наработки на отказ вычисляют приближенно по формулам табл. 46 и табл. 47 для соответствующих планов.

1.4. Для планов испытаний типа [NM...] точечную оценку коэффициента готовности вычисляют по формуле

$$\hat{K}_г = \hat{T}_0/(\hat{T}_0 + \hat{T}_в),$$

в которой оценки средней наработки на отказ $\hat{T}_0$ и среднего времени восстановления $\hat{T}_в$ вычисляют по формулам п. 1.3 и табл. 35 соответственно.

Интервальные оценки коэффициента готовности вычисляют по формулам:

$$\underline{K}_г = \left(1 + \frac{\hat{T}_0 \hat{T}_в + U_q \sqrt{\hat{T}_0^2 \frac{\hat{S}_в^2}{m} + T_в^2 \frac{\hat{s}^2}{m} - U_q^2 \frac{\hat{S}_в^2 \hat{s}^2}{m^2}}}{\hat{T}_0^2 - U_q^2 \frac{\hat{s}^2}{m}} \right)^{-1};$$

$$\overline{K}_г = \left(1 + \frac{\hat{T}_0 \hat{T}_в - U_{1-q} \sqrt{\hat{T}_0^2 \frac{\hat{S}_в^2}{m} + T_в^2 \frac{\hat{s}^2}{m} - U_{1-q}^2 \frac{\hat{S}_в^2 \hat{s}^2}{m^2}}}{\hat{T}_0^2 - U_{1-q}^2 \frac{\hat{s}^2}{m}} \right)^{-1};$$

$$\hat{s}^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^{m} (t_i - \hat{T}_0)^2;$$

$$\hat{S}_в^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^{m} (t_{в_i} - \hat{T}_в)^2.$$

2. Оценка показателей надежности параметрическими методами

2.1. Точечные оценки показателей надежности при известном законе распределения вычисляют по формулам табл. 38.

2.2. Точечные оценки параметров распределений

Оценки параметра экспоненциального распределения вычисляют по формулам табл. 39.

Оценка параметров распределения Вейбулла.

Для N≤6 и плана [NU*z*], а также для N≤15 и планов [NUN], [NU*r*] и [NUT] оценки параметров a и b вычисляют по формулам табл. 40 методом линейного оценивания. Для N>6 при плане [NU*z*] и N>15 при планах [NUN], [NU*r*] и [NUT] оценки параметров a и b вычисляют по формулам табл. 41 методом максимального правдоподобия.

Оценка параметров нормального распределения.

Для N≤15 оценки параметров μ и σ вычисляют по формулам табл. 42 методом линейного оценивания.

Для N>15 оценки параметров μ и σ вычисляют по формулам табл. 43 методом максимального правдоподобия.

Оценка параметров диффузионного распределения.

Оценки параметров диффузионного немонотонного распределения вычисляют по формулам табл. 44.

Оценки параметров диффузионного монотонного распределения вычисляют по формулам табл. 45.

2.3. Интервальные оценки показателей надежности

Интервальные оценки показателей надежности в случае экспоненциального распределения вычисляют по формулам табл. 46.

Значения $\underline{\lambda}$, $\overline{\lambda}$ для экспоненциального распределения вычисляют по формулам табл. 47.

Интервальные оценки показателей надежности в случае распределения Вейбулла при $3<N\leqslant 15$ вычисляют по формулам табл. 48. Интервальные оценки показателей надежности в случае распределения Вейбулла для $N>15$, вычисляют по формулам табл. 49.

Интервальные оценки показателей надежности в случае нормального распределения вычисляют по формулам табл. 51.

Интервальные оценки показателей надежности в случае диффузионного немонотонного распределения вычисляют по формулам табл. 52.

Интервальные оценки показателей надежности в случае диффузионного монотонного распределения вычисляют по формулам табл. 53.

2.4. Для планов испытаний [NMr] и [NMT] точечная и интервальная оценки средней наработки на отказ вычисляются как соответствующие оценки средней наработки до отказа по плану [NUz], при котором N — число условных объектов испытаний, равное сумме числа наработок до первого отказа, наработок между отказами и наработок до цензурирования.

Таблица 38

Формулы для вычисления точечных оценок показателей надежности при известном законе распределения

Закон распределения с функцией	Формулы для вычисления		
	средней наработки до отказа, среднего ресурса (срока службы, срока сохраняемости, времени восстановления)	вероятности безотказной работы за наработку	гамма-процентной наработки, гамма-процентного ресурса (срока службы, срока сохраняемости)
Экспоненциальный $F(t)=1-e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{\hat{\lambda}}$	$e^{-\hat{\lambda}t}$	$\frac{1}{\hat{\lambda}}\left(-\ln\frac{\gamma}{100}\right)$
Вейбулла $F(t)=1-e^{-(t/a)^b}$	$\hat{a}\Gamma(1+1/\hat{b})$	$e^{-(t/a)^{\hat{b}}}$	$\hat{a}\left(-\ln\frac{\gamma}{100}\right)^{1/\hat{b}}$
Нормальный $F(t)=\Phi_0\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$	$\hat{\mu}$	$\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t}{\hat{\sigma}}\right)$	$\hat{\mu}-U_\gamma\hat{\sigma}$
Диффузионный монотонный	$\hat{\mu}(1+\hat{v}^2/2)$	$\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}t}}\right)$	$\hat{\mu}(1+U_\gamma^2\hat{v}^2/2-U_\gamma\hat{v}\sqrt{1+U_\gamma^2\hat{v}^2/4})$
Диффузионный немонотонный	$\hat{\mu}$	$\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}t}}\right)-e^{2/\hat{v}^2}\Phi_0\left(-\frac{\hat{\mu}+t}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}t}}\right)$	$\hat{\mu}(1+U_\gamma^2\hat{v}^2/2-U_\gamma\hat{v}\sqrt{1+U_\gamma^2\hat{v}^2/4})/(1+\hat{v}^2/2)$

Примечания:

1. Для логарифмически нормального распределения оценки показателей надежности вычисляют по формулам для нормального распределения с заменой значений наработок их натуральными логарифмами.

2. Значения функций e^{-x}, $\Gamma(x)$, $\Phi_0(x)$ приведены в приложении 9.

Таблица 39

Формулы для вычисления точечной оценки параметра экспоненциального распределения

План испытаний	Оценка параметра λ
[NUN]	$\dfrac{N-1}{\sum\limits_{i=1}^{N} t_i}$, $N>1$
[NUr]	$\dfrac{r-1}{\sum\limits_{i=1}^{r} t_i+(N-r)t_r}$, $r>1$
[NUT]	$\dfrac{d}{\sum\limits_{i=1}^{d} t_i-(N-d)T}$, $d>0$
[NUz]	$\dfrac{rN}{\left(\sum\limits_{i=1}^{r} t_i+\sum\limits_{j=1}^{n} \tau_j\right)(N-1)}$
[NMr]	$\dfrac{r}{Nt_r}$
[NMT]	$\dfrac{d}{NT}$

Таблица 40

Формулы для вычисления точечных оценок параметров распределения Вейбулла ($N \leqslant 15$)

План испытаний	Формулы для определения	
	$\hat{a}$	$\hat{b}$
[NUN]	$exp\left[\sum\limits_{i=1}^{N} A_i \ln t_i\right]$	$\left[\sum\limits_{i=1}^{N} C_i \ln t_i\right]^{-1}$
[NUr] [NUT]	$exp\left[\sum\limits_{i=1}^{m} A_i \ln t_i\right]$	$\left[\sum\limits_{i=1}^{m} C_i \ln t_i\right]^{-1}$
[NUz]	$exp\left[\sum\limits_{i=1}^{r} A_i \ln t_i\right]+\dfrac{P}{1-L}\sum\limits_{i=1}^{r} C_i \ln t_i$	$\left[\sum\limits_{i=1}^{r} C_i \ln t_i\right]^{-1} \cdot (1-L)$

Примечания:

1. Коэффициенты A_i и C_i для планов [NUN], [NUr] и [NUT] определяют по табл. 62 приложения 9 при $N \leqslant 15$; для плана [NUz] при $N \leqslant 6$ — по табл. 61 приложения 9.
2. Наработки до отказа и наработки до цензурирования выстраивают в вариационный ряд в порядке неубывания наработок.

Таблица 41

Формулы для вычисления точечных оценок параметров распределения Вейбулла (N>15)

План испытаний	Формулы для определения	
	$\hat{a}$	$\hat{b}$
[NUN]	$\left(\frac{\sum_{i=1}^{N} t_i^{\hat{b}}}{N}\right)^{1/\hat{b}}$	$\left(\frac{N}{\hat{b}}+\sum_{i=1}^{N}\ln t_i\right)\sum_{i=1}^{N} t_i^{\hat{b}} - N\sum_{i=1}^{N} t_i^{\hat{b}}\ln t_i=0$
[NUT] [NUr]	$\left[\frac{\sum_{i=1}^{m} t_i^{\hat{b}}+(N-m)t_m^{\hat{b}}}{m}\right]^{1/\hat{b}}$	$\left(\frac{m}{\hat{b}}+\sum_{i=1}^{m}\ln t_i\right)\left[\sum_{i=1}^{m} t_i^{\hat{b}}+(N-m)t_m^{\hat{b}}\right]-m\left[\sum_{i=1}^{m} t_i^{\hat{b}}\ln t_i+(N-m)t_m^{\hat{b}}\ln t_m\right]=0$
[NUz]	$\left(\frac{\sum_{i=1}^{r} t_i^{\hat{b}}+\sum_{j=1}^{n}\tau_j^{\hat{b}}}{r}\right)^{1/\hat{b}}$	$\left(\frac{r}{\hat{b}}+\sum_{i=1}^{r}\ln t_i\right)\left(\sum_{i=1}^{r} t_i^{\hat{b}}+\sum_{j=1}^{n}\tau_j^{\hat{b}}\right)-r\left(\sum_{i=1}^{r} t_i^{\hat{b}}\ln t_i+\sum_{l=1}^{n}\tau_j^{\hat{b}}\ln\tau_j\right)=0$

Примечание. Порядок решения уравнений относительно параметра b приведен в приложении 7.

Таблица 42

Формулы для вычисления точечных оценок параметров нормального распределения (N≤15)

План испытаний	Выражение для оценки параметров	
	μ	σ
[NUN]	$\sum_{i=1}^{N}\alpha_i t_i$	$\sum_{i=1}^{N}\beta_i t_i$
[NUr] [NUT]	$\sum_{i=1}^{m}\alpha_i t_i$	$\sum_{i=1}^{m}\beta_i t_i$

Примечания:

1. Коэффициенты α_i и β_i приведены в табл. 64 приложения 9.
2. Наработки до отказа выстраивают в вариационный ряд в порядке неубывания наработок.

Таблица 43

Формулы для вычисления точечных оценок параметров нормального распределения (N>15)

План испытаний	Расчетные формулы
[NUN]	$\hat{\mu}=\frac{\sum\limits_{i=1}^{N} t_i}{N}\ ;\ \hat{\sigma}=\sqrt{\frac{1}{N-1}\sum\limits_{i=1}^{N}(t_i-\hat{\mu})^2}\cdot[E(N-1)]$
[NUr] [NUN]	$\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{t_i-\hat{\mu}}{\hat{\sigma}}+(N-m)\frac{f_0\left(\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{\sigma}}\right)}{\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{\sigma}}\right)}=0$ $m-\sum\limits_{i=1}^{m}\left(\frac{t_i-\hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right)+(N-m)\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{\sigma}}\cdot\frac{f_0\left(\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{\sigma}}\right)}{\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{\sigma}}\right)}=0$
[NUz]	$\sum\limits_{i=1}^{r}\frac{t_i-\hat{\mu}}{\hat{\sigma}}+\sum\limits_{j=1}^{n}\frac{f_0\left(\frac{\hat{\mu}-\tau_j}{\hat{\sigma}}\right)}{\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-\tau_j}{\hat{\sigma}}\right)}=0$ $r-\sum\limits_{i=1}^{r}\left(\frac{t_i-\hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right)+\sum\limits_{j=1}^{n}\frac{\hat{\mu}-\tau_j}{\hat{\sigma}}\cdot\frac{f_0\left(\frac{\hat{\mu}-\tau_j}{\hat{\sigma}}\right)}{\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-\tau_j}{\hat{\sigma}}\right)}=0$

Примечания:

1. Порядок решения уравнений относительно μ и σ для планов испытаний [NUr], [NUT], [NUz] приведен в приложении 7.
2. Значения E(N—1) приведены в табл. 67 приложения 9.

Таблица 44

Формулы для вычисления точечных оценок параметров диффузионного немонотонного распределения

План испытаний	Расчетные формулы
[NUN]	$\hat{\mu}=\hat{S};\ \hat{v}=\left(\frac{\hat{S}-\hat{G}}{\hat{G}}\right)^{1/2};\ \hat{S}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}t_i;\ \hat{G}=N\left(\sum_{i=1}^{N}1/t_i\right)^{-1}$
[NUr] [NUT]	$1-\frac{1}{\hat{\mu}\,m}\sum_{i=1}^{m}t_i-(N-m)\left\{\frac{2e^{2/\hat{v}^2}\,\Phi_0\left(-\frac{\hat{\mu}+t_m}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}\,t_m}}\right)}{\left[\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}t_m}}\right)-e^{2/\hat{v}^2}\Phi_0\left(-\frac{\hat{\mu}+t_m}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}\,t_m}}\right)\right]}\right\}=0$
	$\hat{v}^2+\frac{1}{\hat{\mu}\,m}\sum_{i=1}^{m}t_i-\frac{\hat{\mu}}{m}\sum_{i=1}^{m}(t_i)^{-1}+(N-m)\left\{\frac{2\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}}\,exp\left[-\frac{(\hat{\mu}-t_m)^2}{2\hat{v}^2\hat{\mu}t_m}\right]}{m\sqrt{2\pi t_m}\left[\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}t_m}}\right)-e^{2/\hat{v}^2}\Phi_0\left(-\frac{\hat{\mu}+t_m}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}t_m}}\right)\right]}\right\}=0$

Таблица 45

Формулы для вычисления точечных оценок параметров диффузионного монотонного распределения

План испытаний	Расчетные формулы
[NUN]	$\hat{\mu}=\hat{G}+\hat{Q}-(\hat{Q}^2-\hat{S}\hat{G}+\hat{G}^2)^{1/2}$ $\hat{v}=(\hat{\mu}/\hat{G}-1)^{1/2}$ $\hat{Q}=N\left[2\sum\limits_{i=1}^{N}\left(\hat{\mu}+t_i\right)^{-1}\right]^{-1}$
[NUr] [NUT]	$1+\hat{v}^2-\frac{2\hat{\mu}\hat{v}^2}{m}\sum\limits_{i=1}^{\mathcal{F}m}\left(\hat{\mu}-t_i\right)^{-1}-\frac{1}{\hat{\mu}\,m}\sum\limits_{i=1}^{m}t_i-(N-m)\frac{\hat{v}\sqrt{t_m}\exp\left(\frac{\left(\hat{\mu}-t_m\right)^2}{2\hat{v}^2\hat{\mu}t_m}\right)}{m\sqrt{2\pi\hat{\mu}}\,\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}t_m}}\right)}=0$ $2+\hat{v}^2-\frac{1}{\hat{\mu}\,m}\sum\limits_{i=1}^{m}t_i-\frac{\hat{\mu}}{m}\sum\limits_{i=1}^{m}t_i-(N-m)\frac{(t_m\hat{\mu})\exp[-(\hat{\mu}-t_m)^2/(2\hat{v}^2\hat{\mu}t_m)]}{m\sqrt{2\pi t_m}\Phi_0\left(\frac{\hat{\mu}-t_m}{\hat{v}\sqrt{\hat{\mu}t_m}}\right)}=0$

Примечание. Оценки параметров $\hat{\mu}$ и $\hat{v}$ определяют методом последовательных приближений.

Таблица 46

Формулы для вычисления интервальных оценок показателей надежности для экспоненциального закона распределения

Наименование показателя надежности	Формулы для вычисления доверительных границ уровня q	
	нижней	верхней
Средняя наработка до отказа (на отказ) Средний ресурс (срок службы, срок сохраняемости, время восстановления)	$\frac{1}{\overline{\lambda}}$	$\frac{1}{\underline{\lambda}}$
Гамма-процентный ресурс (срок службы, срок сохраняемости)	$\frac{1}{\overline{\lambda}}\left(-\ln\frac{\gamma}{100}\right)$	$\frac{1}{\underline{\lambda}}\left(-\ln\frac{\gamma}{100}\right)$
Вероятность безотказной работы за наработку t	$e^{-\overline{\lambda}t}$	$e^{-\underline{\lambda}t}$
Интенсивность отказов	$\underline{\lambda}$	$\overline{\lambda}$

Таблица 47

Формулы для вычисления доверительных границ параметра экспоненциального распределения

План испытаний	Формулы для вычисления доверительных границ уровня q	
	нижней	верхней
[NUN]	$\frac{\widehat{\lambda}\chi^2_{1-q}(2N)}{2(N-1)}$; $N>1$	$\frac{\widehat{\lambda}\chi^2_{q}(2N)}{2\cdot(N-1)}$; $N>1$
[NUr] [NMr] [NRr]	$\frac{\widehat{\lambda}\chi^2_{1-q}(2r)}{2\cdot(r-1)}$; $r\geqslant 1$	$\frac{\widehat{\lambda}\chi^2_{q}(2r)}{2\cdot(r-1)}$; $r>1$
[NUT]	$\frac{\widehat{\lambda}N\chi^2_{1-q}(2r)}{d[2N-d+1+\frac{1}{2}\chi^2_{1-q}(2d)]}$, $d>0$	$\frac{\widehat{\lambda}N\chi^2_{q}(2d+2)}{d[2N-d+\frac{1}{2}\chi^2_{q}(2d+2)]}$, $d>0$ $\frac{r_0}{S}$, $d=0$
[NUz]	$\frac{\widehat{\lambda}\chi^2_{1-q}(2N)}{2N}$	$\frac{\widehat{\lambda}\chi^2_{q}(2N)}{2N}$
[NMT] [NRT]	$\frac{\widehat{\lambda}\chi^2_{1-q}(2d)}{2d}$	$\frac{\widehat{\lambda}\chi^2_{q}(2d+2)}{2d}$, $d>0$

Примечания:

1. Оценки для плана [NUz] являются приближенными.
2. Значения $\chi^2_q(m)$ приведены в табл. 68 приложения 9.
3. Значения r_0 приведены в табл. 66 приложения 9.

Таблица 48

Формулы для вычисления интервальных оценок показателей надежности для распределения Вейбулла ($N \leqslant 15$)

Показатель надежности	Формулы для вычисления доверительных границ уровня q	
	нижней	верхней
Средняя наработка до отказа Средний ресурс (срок службы, срок сохраняемости, время восстановления)	$\widehat{T}_{ср} exp\left(-\frac{V_q}{\widehat{b}}\right)$	$\widehat{T}_{ср} exp\left(-\frac{V_{1-q}}{\widehat{b}}\right)$
Гамма-процентная наработка до отказа Гамма-процентный ресурс (срок службы, срок сохраняемости)	$exp\left(\ln\widehat{a}-\frac{V_q^{\gamma}}{\widehat{b}}\right)$	$exp\left(\ln\widehat{a}-\frac{V_{1-q}^{\gamma}}{\widehat{b}}\right)$
Вероятность безотказной работы за наработку	$V_q^{\gamma_2} \leqslant \frac{\ln\widehat{a}-\ln t}{\widehat{b}} \leqslant V_q^{\gamma_1}$	—

Примечания:

1. Значения функций V_q, V_q^{γ} приведены в табл. 65 и табл. 69—71 приложения 9.

2. Для плана [NUz] значения V_q и V_q^{γ} находят для $r=\{\widehat{NF}(t_r)\}$.

3. Значения $\underline{P}(t)$ находят интерполяцией между значениями γ_1 и γ_2. В противном случае переходят к вычислениям по формулам табл. 49.

4. Если за время испытаний отказы не зафиксированы, то нижнюю доверительную границу средней наработки до отказа $\underline{T}_{ср}$ вычисляют по формуле $\underline{T}_{ср} = \Gamma(1+1/b)\cdot[-\sum_{i=1}^{N}\tau_i^b/\ln(1-q)]^{1/b}$, нижнюю доверительную границу гамма-процентной наработки до отказа $\underline{T}_{\gamma}$ вычисляют по формуле

$$\underline{T}_{\gamma} = (-\ln\frac{\gamma}{100})^{1/b}\cdot[-\sum_{i=1}^{N}\tau_i^b/\ln(1-q)]^{1/b}.$$

Параметр формы b распределения при этом принимают известным.

Таблица 49

Формулы для вычисления интервальных оценок показателей надежности для распределения Вейбулла ($N \geqslant 15$)

Показатель надежности	Формулы для вычисления доверительных границ уровня q	
	нижней	верхней
Средняя наработка до отказа Средний ресурс (срок службы, срок сохраняемости, время восстановления)	$\widehat{T}_{ср}(1+\varepsilon_н)$	$\widehat{T}_{ср}(1+\varepsilon_в)$

Продолжение табл. 49

Показатель надежности	Формулы для вычисления доверительных границ уровня q	
	нижней	верхней
Гамма-процентная наработка до отказа	$\widehat{T}_{80}(1+\varepsilon_н)$	$\widehat{T}_{80}(1+\varepsilon_в)$
Гамма-процентный ресурс (срок службы, срок сохраняемости)	$\widehat{T}_{90}(1-\varepsilon_н)$	$\widehat{T}_{90}(1+\varepsilon_в)$
	$\widehat{T}_\gamma - U_q\sqrt{D(\widehat{T}_j)}$	$\widehat{T}_\gamma + U_q\sqrt{D(\widehat{T}_j)}$
Вероятность безотказной работы за наработку	$\widehat{P}(t)-U_q\sqrt{D[\widehat{P}(t)]}$	

Примечания:

1. Значения $\varepsilon_н$ и $\varepsilon_в$ определяют по графикам, изображенным на черт. 1—9 для доверительной вероятности $q^*=0{,}80$; 0,90; 0,95, соответствующей двустороннему доверительному интервалу.

2. На оси абсцисс соответствующего графика откладывают значение r/N и восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривыми, соответствующими объему наблюдений выборки. Ординаты точки пересечения, отсчитанные по соответствующей шкале v, указывают значения $\varepsilon_н$ (на нижней половине шкалы) и $\varepsilon_в$ (на верхней половине шкалы).

Значение $$\widehat{v}=\frac{\sqrt{\Gamma(1+2/\widehat{b})-\Gamma^2(1+1/\widehat{b})}}{\Gamma(1+1/\widehat{b})}.$$

3. Формулы для вычисления $D(\widehat{T}_\gamma)$, $D[\widehat{P}(t)]$ приведены в табл. 50.

4. Оценки являются приближенными.

Таблица 50

Формулы для вычисления приближенных значений дисперсий $D(\widehat{T}_\gamma)$ и $D[P(t)]$

Обозначение дисперсии и вспомогательной величины	Формулы для вычисления
$D(\widehat{T}_\gamma)$	$\left(-\ln\frac{\gamma}{100}\right)^{2/b}\left\{D(\widehat{a})+\frac{a^2}{b^4}\left[\ln\left(-\ln\frac{\gamma}{100}\right)\right]^2\cdot D(\widehat{b})-2\frac{a}{b^2}\ln\left(-\ln\frac{\gamma}{100}\right)cov\left(\widehat{a},\widehat{b}\right)\right\}$
$D[\widehat{P}(t)]$	$\widehat{P}^2(t)\left(\frac{t}{a}\right)^{2b}\left[\frac{b^2}{a^2}D(\widehat{a})+\ln^2\frac{t}{a}D(\widehat{b})-2\frac{b}{a}\ln\frac{t}{a}cov(\widehat{a},\widehat{b})\right]$
$D(\widehat{a})$	$-L_1/D$

Продолжение табл. 50

Обозначение дисперсии и вспомогательной величины	Формулы для вычисления
$D(\widehat{b})$	$-L_2/D$
$cov(\widehat{a}, \widehat{b})$	L_3/D
L_1	$\frac{b}{a^2}\left[r-\frac{b+1}{a^b}\left(\sum\limits_{i=1}^{r} t_i^b+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j^b\right)\right]$
L_2	$-\frac{r}{b^2}-a^{-b}\left\{\ln a\left[\ln a\left(\sum\limits_{i=1}^{r} t_i^b+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j^b\right)-2\left(\sum\limits_{i=1}^{r} t_i^b \ln t_i+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j^b\ln\tau_j\right)\right]+\left(\sum\limits_{i=1}^{r} t_i^b \ln^2 t_i+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j\ln^2\tau_j\right)\right\}$
L_3	$-\frac{r}{a}+a^{-(b+1)}\left[\left(1-b\ln a\right)\left(\sum\limits_{i=1}^{r} t_i^b+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j^b\right)+b\left(\sum\limits_{i=1}^{r} t_i^b \ln t_i+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j^b\ln\tau_j\right)\right]$
D	$L_1\cdot L_2-L_3^2$

Примечания:

1. В формулы подставляют оценки параметров a и b, вычисленные согласно п. 2.2 приложения 5.
2. Для плана [NUT] $\tau_1=\tau_2=\ldots=\tau_n=T$; $r=d$.
3. Для плана [NUr] $\tau_1=\tau_2=\ldots=\tau_n=t_r$.

Таблица 51

Формулы для вычисления интервальных оценок показателей надежности для нормального распределения

Показатель надежности	Формулы для вычисления доверительных границ уровня	
	нижней	верхней
Средняя наработка до отказа (средний ресурс, срок службы, срок сохраняемости, время восстановления)	$\widehat{\mu}-t_q(r-1)\frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{r}}$	$\mu+t_q(r-1)\frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{r}}$
Гамма-процентная наработка до отказа, гамма-процентный ресурс (срок службы, срок сохраняемости)	$\widehat{T}_{ср}-K_1(\gamma,q,r)\widehat{\sigma}$	$\widehat{T}_{ср}+K_1(\gamma,q\ r)\widehat{\sigma}$

Продолжение табл. 51

Показатель надежности	Формулы для вычисления доверительных границ уровня	
	нижней	верхней
Вероятность безотказной работы за наработку t	$\Phi_0(\underline{h})$, где $\underline{h} \simeq \widehat{h} - U_q \sqrt{\frac{1}{r}\left(1+\frac{\widehat{h}^2}{2}\right)}$, $\widehat{h} = \frac{t-\widehat{\mu}}{\widehat{\sigma}}$	$\Phi_0(\overline{h})$, где $\overline{h} \simeq \widehat{h} + U_q \sqrt{\frac{1}{r}\left(1+\frac{\widehat{h}^2}{2}\right)}$, $\widehat{h} = \frac{t-\widehat{\mu}}{\widehat{\sigma}}$

Примечания:

1. Для плана [NUN] $r=N$.
2. Для планов [NUr], [NUT], [NUz] оценки являются приближенными.
3. Значения $K_1(\gamma, q, r)$ приведены в табл. 73 приложения 9.
4. Значения $t_p(m)=t_q(r-1)$ приведены в табл. 72 приложения 9.
5. Для плана [NUz] $r=\{N\cdot\widehat{F}(t_r)\}$.
6. Если за время испытаний отказов не зафиксировано, то нижние доверительные границы средней наработки до отказа $\underline{T}_{ср}$ и гамма-процентной наработки до отказа $\underline{T}_{\gamma}$ вычисляют приближенно по формулам:

$$\underline{T}_{ср} \cong z_1(v) \cdot \left[\frac{-\sum_{i=1}^{N} \tau_i^{z_2(v)}}{\ln(1-q)}\right]^{1/z_2(v)};$$

$$\underline{T}_{\gamma} \cong \left(-\ln\frac{\gamma}{100}\right)^{1/z_2(v)} \cdot \left[\frac{-\sum_{i=1}^{N} \tau_i^{z_2(v)}}{\ln(1-q)}\right]^{1/z_2(v)}.$$

Значения $z_1(v)$ и $z_2(v)$ определяют по табл. 76 приложения 9.
Коэффициент вариации v при этом полагается известным.

Таблица 52

Формулы для вычисления интервальных оценок показателей надежности для диффузионного немонотонного распределения

Показатель надежности	Формулы для вычисления доверительных границ уровня	
	нижней	верхней
Средняя наработка до отказа Средний ресурс (срок службы, срок сохраняемости, время восстановления)	$\underline{\mu}$	$\overline{\mu}$
Гамма-процентная наработка до отказа Гамма-процентный ресурс (срок службы, срок сохраняемости)	$\dfrac{\underline{\mu}(1+\overline{v}^2U_\gamma^2/2-\overline{v}U_\gamma\sqrt{1+\overline{v}^2U_\gamma^2/4}}{(1+\overline{v}^2/2)}$	$\dfrac{\overline{\mu}(1+\underline{v}^2U_\gamma^2/2-\underline{v}U_\gamma\sqrt{1+\underline{v}^2U_\gamma^2/4}}{(1+\underline{v}^2/2)}$
Вероятность безотказной работы за наработку t	$\Phi_0\left(\dfrac{\underline{\mu}-t}{\overline{v}\sqrt{\underline{\mu}t}}\right)-e^{2/\overline{v}^2}\Phi_0\left(-\dfrac{\underline{\mu}+t}{\overline{v}\sqrt{\underline{\mu}t}}\right)$	$\Phi_0\left(\dfrac{\overline{\mu}-t}{\underline{v}\sqrt{\overline{\mu}t}}\right)-e^{2/\underline{v}^2}\Phi_0\left(-\dfrac{\overline{\mu}+t}{\underline{v}\sqrt{\overline{\mu}t}}\right)$

Примечание. Значения $\underline{\mu}(\overline{\mu})$, $\underline{v}(\overline{v})$ вычисляют по формулам табл. 54.

Таблица 53

Формулы для вычисления интервальных оценок показателей надежности для диффузионного монотонного распределения

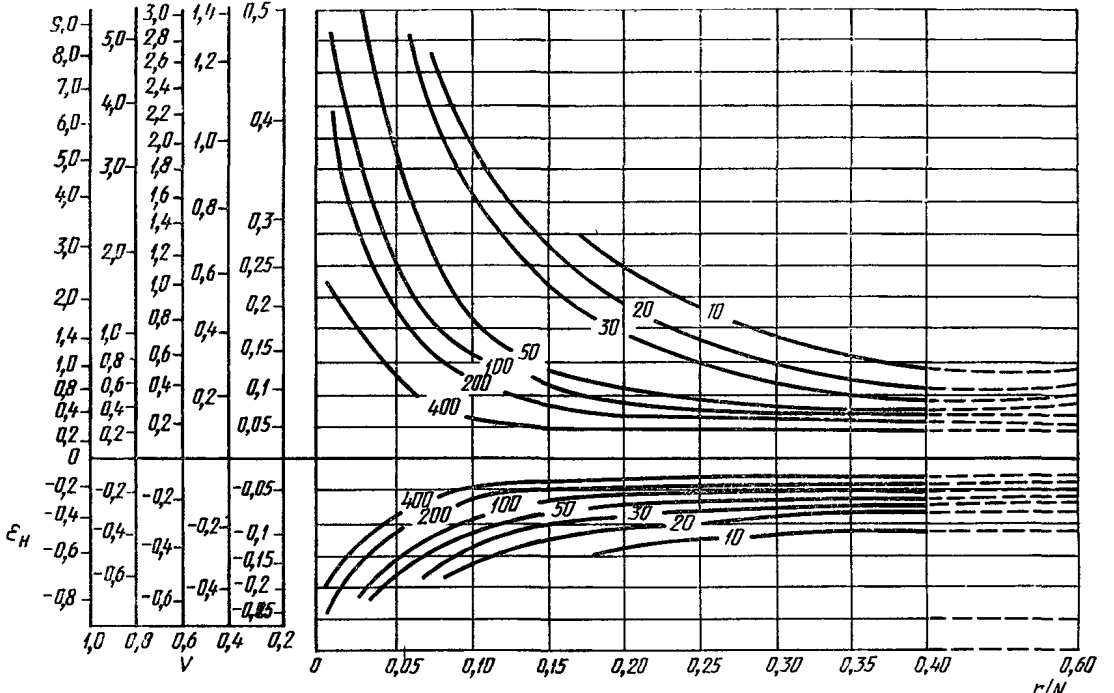
Показатель надежности	Формулы для вычисления доверительной границы уровня q	
	нижней	верхней
Средняя наработка до отказа Средний ресурс (срок службы, срок сохраняемости, время восстановления)	$\underline{\mu}(1+\underline{v}^2/2)$	$\overline{\mu}(1+\overline{v}^2/2)$
Гамма-процентная наработка до отказа Гамма-процентный ресурс (срок службы, срок сохраняемости)	$\underline{\mu}\left(1+\frac{\overline{v}^2U_\gamma^2}{2}-\overline{v}^2U_\gamma\sqrt{1+\frac{\overline{v}^2U_\gamma^2}{4}}\right)$	$\overline{\mu}\left(1+\frac{\underline{v}^2U_\gamma^2}{2}-\underline{v}U_\gamma\sqrt{1+\underline{v}^2U_\gamma^2/4}\right)$
Вероятность безотказной работы за наработку t	$\Phi\left(\frac{\underline{\mu}-t}{\overline{v}\sqrt{\underline{\mu}t}}\right)$	$\Phi\left(\frac{\overline{\mu}-t}{\underline{v}\sqrt{\overline{\mu}t}}\right)$

Таблица 54

Формулы для вычисления доверительных границ параметров диффузионных распределений

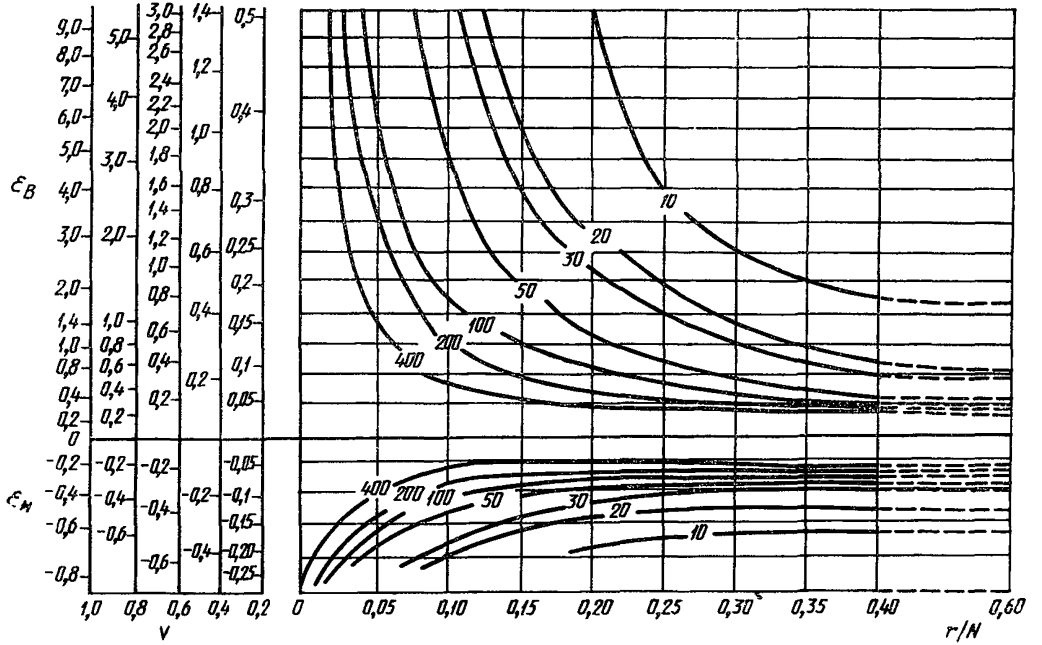
План испытаний	НДГ уровня q	ВДГ уровня q
[NUN]	$\underline{\mu}=\hat{\mu}\left(1+U_q^2\hat{v}^2/2N-\frac{U_q\hat{v}}{2\sqrt{N}}\sqrt{4+\frac{U_q^2\hat{v}^2}{N}}\right)$ $\underline{v}=\hat{v}\left\{1+\frac{(1+2\hat{v}^2)U_q^2}{4N}-\right.$ $\left.-\frac{U_q}{4N}\sqrt{[8N+(1+2\hat{v}^2)U_q](1+2\hat{v}^2)}\right\}$	$\overline{\mu}=\hat{\mu}\left(1+U_q^2\hat{v}^2/2N+\frac{U_q\hat{v}}{2\sqrt{N}}\sqrt{4+\frac{U_q^2\hat{v}^2}{N}}\right)$ $\overline{v}=\hat{v}\left\{1+\frac{(1+2\hat{v}^2)U_q^2}{4N}+\right.$ $\left.+\frac{U_q}{4N}\sqrt{[8N+(1+2\hat{v}^2)U_q^2](1+2\hat{v}^2)}\right\}$
[NUr] [NUT]	$\underline{\mu}=\hat{\mu}\left(1+U_q^2\hat{v}^2/2m-\frac{U_q\hat{v}}{2\sqrt{m}}\sqrt{4+\frac{U_q^2\hat{v}^2}{m}}\right)$ $\underline{v}=\hat{v}\left\{1+\frac{(1+2\hat{v}^2)U_q^2}{4m}-\right.$ $\left.-\frac{U_q}{4m}\sqrt{[8m+(1+2\hat{v}^2)U_q^2](1+2\hat{v}_2)}\right\}$	$\overline{\mu}=\hat{\mu}\left(1+U_q^2\hat{v}^2/2m+\right.$ $\left.+\frac{U_q\hat{v}}{2\sqrt{m}}\sqrt{4+\frac{U_q^2\hat{v}^2}{m}}\right)$ $\overline{v}=\hat{v}\left\{1+\frac{(1+2\hat{v}^2)U_q^2}{4m}+\right.$ $\left.+\frac{U_q}{4m}\sqrt{[8m+(1+2\hat{v}^2)U_q^2](1+2\hat{v}^2)}\right\}$

Оценка доверительных границ средней наработки до отказа для $q^*=0{,}80$



Цифры на кривых указывают объем выборки
Черт. 1

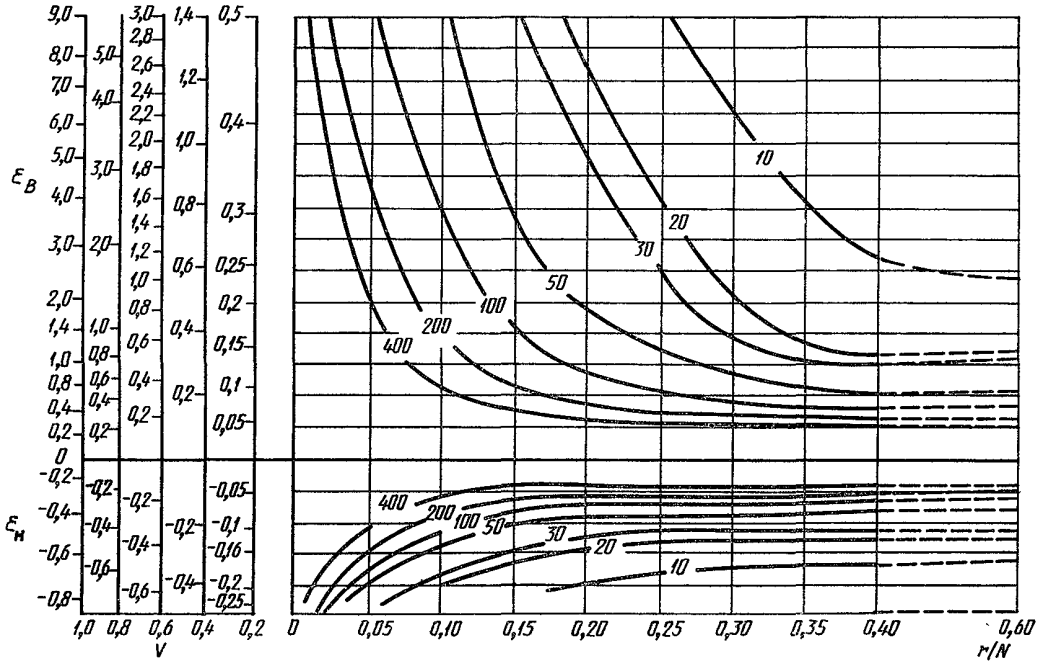
Оценка доверительных границ средней наработки до отказа для $q^*=0{,}90$



Цифры на кривых указывают объем выборки

Черт. 2

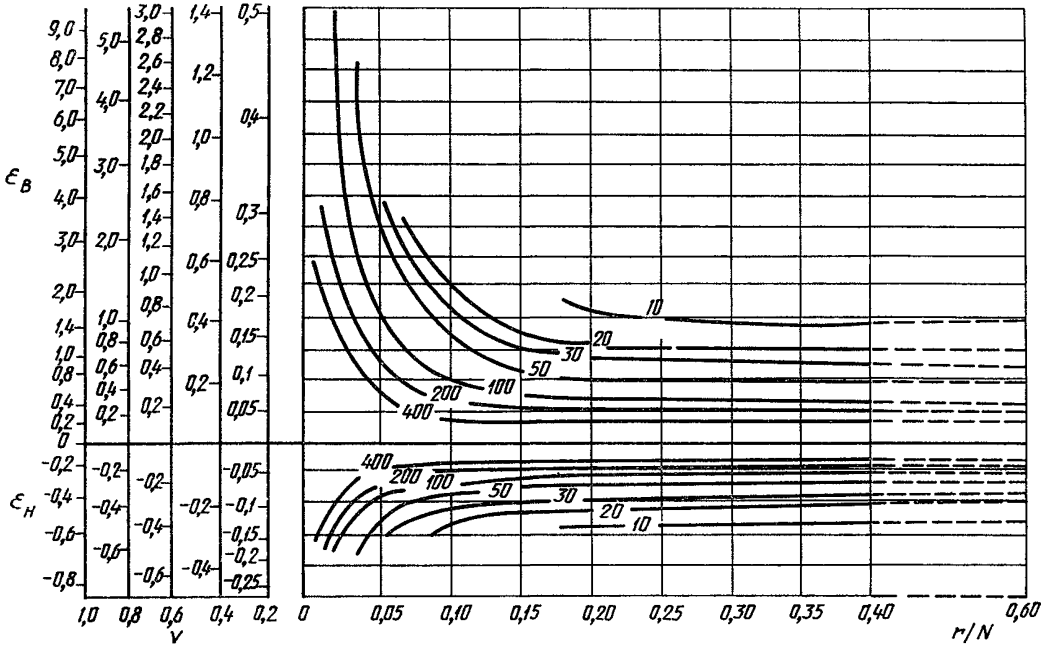
Оценка доверительных границ средней наработки до отказа для $q^* = 0{,}95$



Цифры на кривых указывают объем выборки

Черт. 3

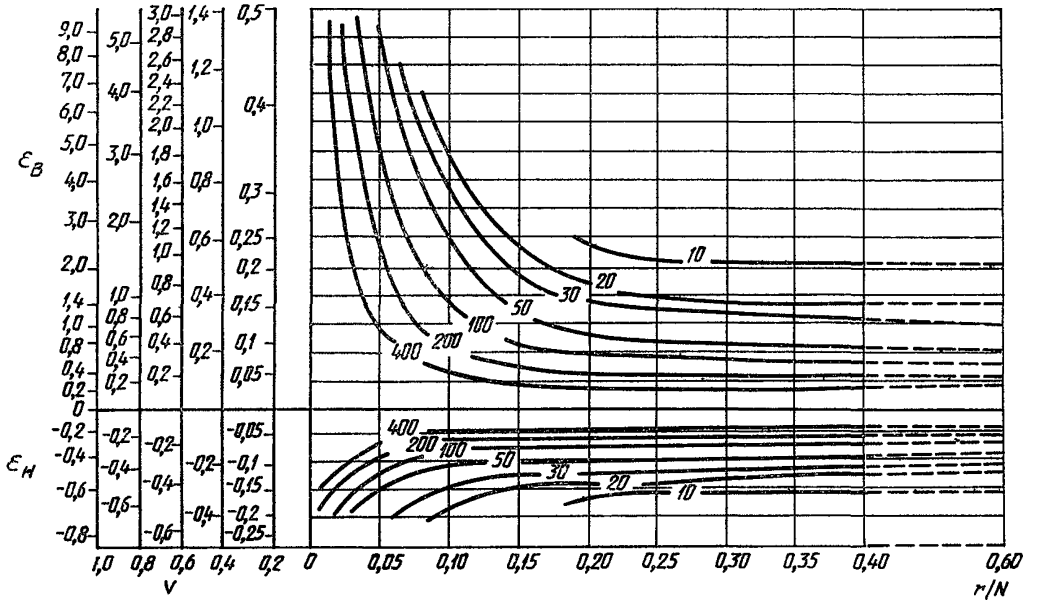
Оценка доверительных границ 80 % наработки до отказа для $q^*=0{,}80$



Цифры на кривых указывают объем выборки

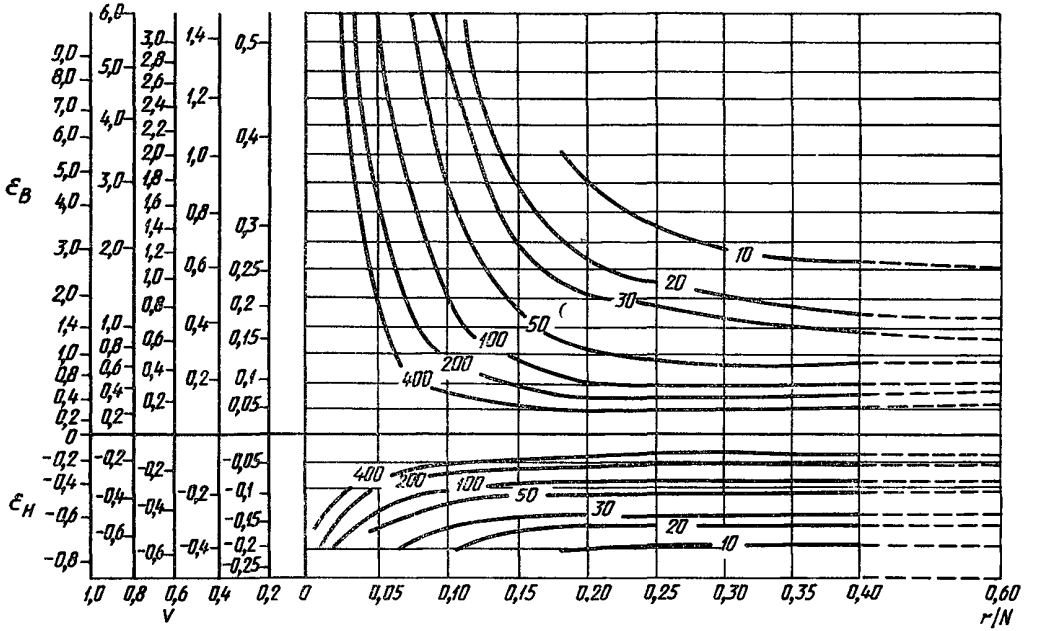
Черт. 4

Оценка доверительных границ 80 % наработки до отказа для $q^*=0{,}90$



Цифры на кривых указывают объем выборки
Черт. 5

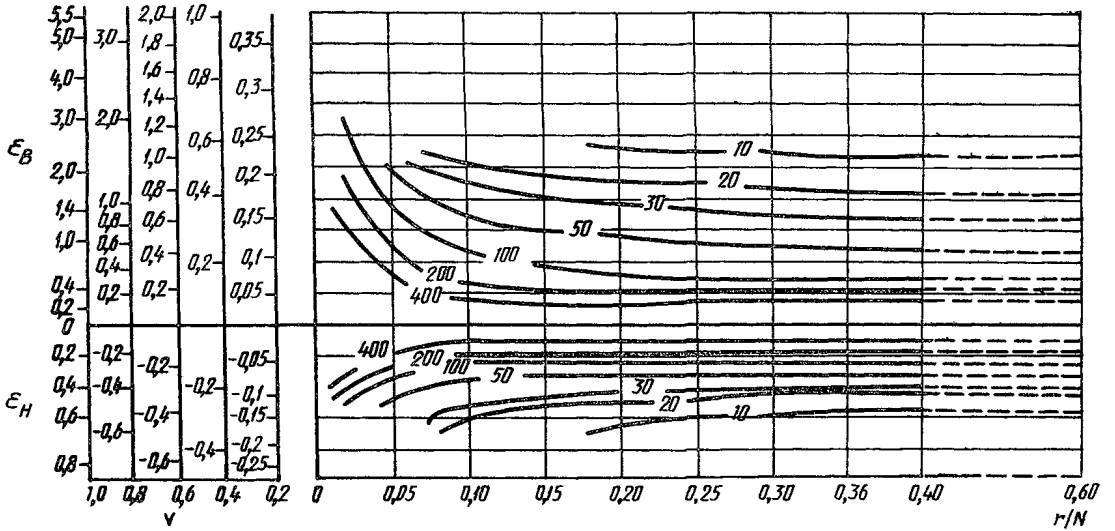
Оценка доверительных границ 80 % наработки до отказа $q^*=0{,}95$



Цифры на кривых указывают объем выборки

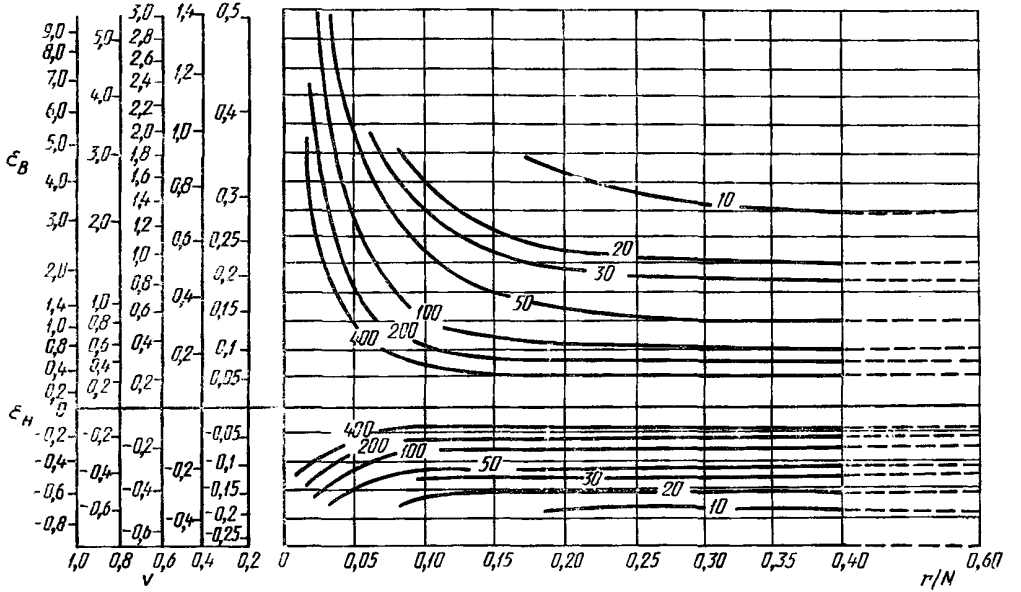
Черт. 6

Оценка доверительных границ 90 % наработки до отказа для $q^*=0{,}80$



Цифры на кривых указывают объем выборки
Черт. 7

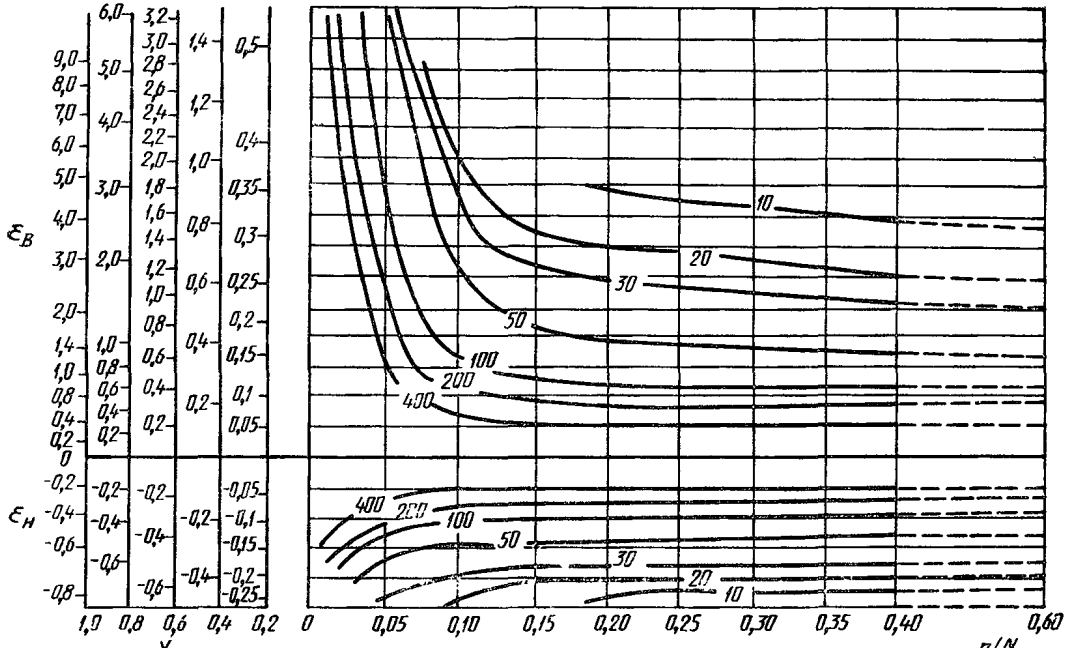
Оценка доверительных границ 90 % наработки до отказа для $q^* = 0{,}90$



Цифры на кривых указывают объем выборки

Черт. 8

Оценка доверительных границ 90 % наработки до отказа для $q^*=0{,}95$



Цифры на кривых указывают объем выборки
Черт. 9

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Рекомендуемое

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЪЕКТЕ

1. Параметрические методы оценки

1.1. Оценка показателей надежности при ТС-1 — ТС-4

1.1.1. Точечные оценки показателей надежности вычисляют в два этапа:

оценка параметров законов распределения;

оценка показателей надежности по вычисленным оценкам параметров закона распределения.

1.1.2. Формулы для определения точечных оценок параметров распределений для ТС-1 — ТС-4 приведены в табл. 55, вспомогательных величин — в табл. 56, дисперсии оценок параметров — в табл. 55.

Формулы табл. 55, 57 приведены для плана испытаний [NUz]. Для планов испытаний наработки работоспособных объектов τ_{ij} имеют следующий вид:

$$\tau_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ при плане испытаний [NUN]}, \\ T_j, \text{ при плане испытаний [NUT]}, \\ t_{jr}, \text{ при плане испытаний [NU}r\text{]}, \end{cases}$$

Оценки параметров нормального закона распределения определяют в соответствии с табл. 55 методом последовательных приближений.

Таблица 55

Формулы для определения точечных оценок параметров однопараметрических законов распределения и двухпараметрических (при одном известном параметре)

Закон распределения	Формулы для определения
Экспоненциальный	$\widehat{\lambda}_1 = \frac{1}{\widehat{a}_1} = \frac{\sum\limits_{j=1}^{l} r_j z_j}{\sum\limits_{j=1}^{l} \frac{z_j}{\chi_j}\left[\sum\limits_{i=1}^{r_j} t_{ij} + \sum\limits_{i=1}^{n_j} \tau_{ij}\right]}$
Вейбулла (b_j — известны)	$\widehat{a}_1 = \left\{ \frac{\sum\limits_{j=1}^{l} \frac{z_j}{\chi_j}\left[\sum\limits_{i=1}^{r_j} t_{ij}^{b_j} + \sum\limits_{i=1}^{n_j} \tau_{ij}^{b_j}\right]}{\sum\limits_{j=1}^{l} z_j r} \right\}^{1/b_1}$
Нормальный (σ_j — известны)	$\sum\limits_{j=1}^{l} z_j \left\{ \sum\limits_{i=1}^{r_j} \frac{(t_{ij} - \chi_j \widehat{\mu}_1^0)\chi_j}{\sigma_j^2} + \sum\limits_{i=1}^{n_j} \frac{\chi_j f_0(\widetilde{\tau}_{ij})}{\sigma_j \Phi_0(\tau_{ij})} \right\} = 0$

Примечания:

1. $\widetilde{\tau}_{ij} = \frac{\chi_j \mu_1^0 - \tau_{ij}}{\sigma_j}$.

2. $f_0(x)$, $\Phi_0(x)$ — нормированные и центрированные плотность и функция распределения нормального закона соответственно.

3. Значения χ_j, χ_j^2, z_j приведены в табл. 56.

Таблица 56

Формулы для определения вспомогательных величин x_j, x_j^2, z_j ($j \geqslant 1$)

ТС	Формулы для определения		
	x_j	x_j^2	z_j
ТС-1	1	1	1
ТС-2	K_j	K_j^2	1
ТС-3	$\underline{K}_j$, если $\hat{a}_1^{b_1} \geqslant \frac{1}{\underline{K}_j} \hat{a}_j^{b_j}$ $\overline{K}_j$, если $\frac{1}{\overline{K}_j} \hat{a}_j^{b_j} \geqslant \hat{a}_1^{b_1}$ 1, если $\frac{1}{\overline{K}_j} a_j^{b_j} < \hat{a}_1^{b_1} < \frac{1}{\underline{K}_j} \hat{a}^{b_j}$	$\underline{K}_j^2$, если $\hat{a}_1^{b_1} \geqslant \frac{1}{\underline{K}_j} \hat{a}_j^{b_j}$ $\overline{K}_j^2$, если $\frac{1}{\overline{K}_j} \hat{a}_j^{b_j} \geqslant \hat{a}_1^{b_1}$ 1, если $\frac{1}{\overline{K}_j} \hat{a}_j^{b_j} < \hat{a}_1^{b_1} < \frac{1}{\underline{K}_j} \hat{a}_j^{b_j}$	1, если $\hat{a}_1^{b_1} \geqslant \frac{1}{\underline{K}_j} a_j^{b_j}$ 1, если $\frac{1}{\overline{K}_j} \hat{a}^{b_j} \geqslant \hat{a}_1^{b_1}$ 0, если $\frac{1}{\overline{K}_j} \hat{a}_j^{b_j} < \hat{a}_1^{b_1} < \frac{1}{\underline{K}_j} \hat{a}_j^{b_j}$
ТС-4	1	1	1, если $\hat{a}_j^{b_j} \geqslant \hat{a}_1^{b_1}$ 0, если $\hat{a}_j^{b_j} < \hat{a}_1^{b_1}$

Примечания:

1. $\hat{a}_j$ — оценка параметра a_j, полученная по j-й группе дополнительных данных ($j \geqslant 1$); $\hat{\hat{a}}$ — оценка параметра a_1, полученная по основной информации. Для экспоненциального, нормального и логарифмически нормального законов распределения $b_1 = b_j = 1$.

2. $\chi_1 = \chi_1^2 = z_1 = 1$.

3. Для нормального и логарифмически нормального законов распределений $a_j = \mu_j$.

Таблица 57

Формулы для вычисления дисперсий оценок

Закон распределения	Формулы для определения
Экспоненциальный	$$D\left\{\widehat{\lambda}_1^0\right\}=\frac{(\lambda_1^0)^2}{\sum\limits_{j=1}^{l} z_j r_j}$$
Вейбулла	$$D\left\{\widehat{a}_1^0\right\}=\frac{(\widehat{a}_1^0)^2}{b_1^2\sum\limits_{j=1}^{l} z_j r_j}$$
Нормальный	$$D\left\{\widehat{a}_1^0\right\}=\frac{1}{\sum\limits_{j=1}^{l} z_j\left\{\frac{r_j\chi_j^2}{\sigma_j}+\sum\limits_{i=1}^{n_j}\frac{\Phi''_{0a_1}(\widetilde{\tau}_{ij})\cdot[1-\Phi_0(\widetilde{\tau}_{ij})]+[\Phi'_{0a_1}(\widetilde{\tau}_{ij})]^2}{[1-\Phi_0(\widetilde{\tau}_{ij})]^2}\right\}}$$

Примечание. Значения χ_j, χ_j^2, z_j находят по табл. 56.

1.1.3. Точечные оценки показателей надежности по вычисленным точечным оценкам параметров распределений вычисляют по формулам табл. 38 приложения 5.

1.1.4. Интервальные оценки показателей надежности в случае ТС-1—ТС-3 вычисляют по приближенным формулам:

$$\overline{R}_1 = \widehat{R}_1 + U_q \sqrt{D\{\widehat{R}_1\}},$$

$$\underline{R}_1 = \widehat{R}_1 - U_q \sqrt{D\{\widehat{R}_1\}}.$$

1.1.5. Дисперсии оценок показателей надежности $D\{\widehat{R}_1\}$ вычисляют по формуле:

$$D\{\widehat{R}_1\} = \left(\frac{\partial R_1}{\partial \Theta}\right) D\{\widehat{\Theta}\},$$

где Θ — параметр закона распределения.

1.1.6. Интервальные оценки показателей надежности при ТС-1 вычисляют подстановкой в выражение показателя надежности значений верхней и нижней границ соответствующего параметра.

Если $K \ll 1$, $\underline{a}_1 = \max\{\underline{a}_1, \underline{a}_2\}$.

Если $K \gg 1$, $\overline{a}_2 = \max\{\overline{a}_1, \overline{a}_2\}$.

Здесь $\underline{a}_1$, $\overline{a}_1$ — односторонние доверительные границы параметра a, соответствующие доверительной вероятности $\sqrt{q}$, полученные по основной информации в соответствии с приложением 5;

$\underline{a}_2$, $\overline{a}_2$ — односторонние доверительные границы, соответствующие доверительной вероятности $\sqrt{q}$ и полученные в соответствии с приложением 5 по всей совокупности дополнительной информации (см. ТС-1).

1.2. Оценка показателей надежности при ТС-4.

1.2.1. Точечные и интервальные оценки показателей надежности определяют в два этапа:

вычисляют точечные и интервальные оценки вероятности безотказной работы;

вычисляют точечные и интервальные оценки показателей надежности на основе известных оценок вероятности безотказной работы.

1.2.2. В качестве исходной информации для определения оценок показателей надежности используются исходные данные, перечисленные в п. 4.3, или точечные оценки и нижние доверительные границы вероятности безотказной работы $\widehat{P}_j(t)$, $\underline{P}_j(t)$ $(j=\overline{1, r})$, полученные по основной и дополнительной информации соответственно.

В последнем случае необходимо провести предварительную обработку исходных данных в соответствии с РД 50—476.

1.2.3. Точечная оценка вероятности безотказной работы определяется по формуле

$$\widehat{P}_1^0(t) = W\left(1 - \frac{d_1+d_2}{N_1+N_2}\right) + (1-W)\left(1 - \frac{d_1}{N_1}\right),$$

где

$$W = \min\{W_1, W_2\};$$

$$W_1 = \left(\sum_{i=d_1}^{\nu} C_{n_1}^{i} C_{n_2}^{d_1+d_2-i} \right) / C_{n_1+n_2}^{d_1+d_2};$$

$$\nu = \min\{d_1, n_1+n_2\};$$

$$W_2 = \left(\sum_{i=0}^{d_1-1} C_{n_1}^{i} C_{n_2}^{d_1+d_2-i} \right) / C_{n_1+n_2}^{d_1+d_2}.$$

2. Непараметрические методы оценки

2.1. В качестве исходной информации используют точечные оценки $\widehat{R}_j$ ($j = \overline{1, l}$) показателя надежности и их дисперсии $D\{\widehat{R}_j\}$, полученные по основной дополнительной информации соответственно.

2.2. Точечную оценку показателя надежности $\widehat{R}_1^0$ и ее дисперсию $D\{R_1^0\}$ вычисляют по формулам:

$$\widehat{R}_1^0 = \left(\sum_{j=1}^{l} \frac{\widehat{R}_j}{D\{\widehat{R}_j\}} \right) \Bigg/ \left(\sum_{j=1}^{l} \frac{1}{D\{\widehat{R}_j\}} \right)^{-1},$$

$$D\{\widehat{R}_1^0\} = \left(\sum_{j=1}^{l} \frac{1}{D\{\widehat{R}_j\}} \right)^{-1}$$

2.3. Интервальные оценки показателя надежности R_1 определяют по формулам п. 1.1.4.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Рекомендуемое

ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ

1. Оценка параметров распределения Вейбулла методом последовательных приближений.

Оценка параметров $\hat{a}$ и $\hat{b}$ вычисляют в соответствии с формулами табл. 41 решением уравнения относительно $\hat{b}$ и последовательности пп. 1.1—1.7:

1.1. Вычисляют коэффициент A: $A=\dfrac{\sum\limits_{i=1}^{l}\ln t_i}{l}$,

где $l=\begin{cases}\text{N для плана [NUN]}\\ m \text{ для планов [NU}r\text{] и [NUT].}\end{cases}$

1.2. Вычисляют начальное приближение $\hat{b}_0$

$$\hat{b}_0=\frac{l+1}{[A-\ln t_1](0{,}23l+3{,}71)}.$$

1.3. Вычисляют следующее приближение $\hat{b}_k$ $(k=1, 2)$

$$\hat{b}_k=\left(\frac{\sum\limits_{i=1}^{l}\ln t_i t_i^{\hat{b}_{k-1}}+\sum\limits_{j=1}^{n}\ln\tau_j\tau_j^{\hat{b}_{k-1}}}{\sum\limits_{i=1}^{l}t_i^{\hat{b}_{k-1}}+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j^{\hat{b}_{k-1}}}-A\right)^{-1},$$

где $\tau_j=\begin{cases}t_r \text{ для плана [NU}r\text{];}\\ \text{T для плана [NUT].}\end{cases}$

1.4. Процесс нахождения приближений прекращают при

$$\left|\frac{\hat{b}_k-\hat{b}_{k-1}}{\hat{b}_{k-1}}\right|<\varepsilon.$$

1.5. Значения ε выбирают из ряда 0,0001; 0,001; 0,01; 0,1. При этом чем точнее результаты испытаний, тем меньше значение ε.

При решении уравнения на ЭВМ значение ε должно быть не менее 0,01.

1.6. Значение $\hat{b}_k$, отвечающее неравенству 1.4 принимают в качестве оценки параметра $\hat{b}$.

1.7. Найденную оценку $\hat{b}$ подставляют в выражение для параметра $\hat{a}$.

2. Оценка параметров нормального распределения методом последовательных приближений.

Уравнение табл. 43 решают в последовательности пп. 2.1—2.5.

2.1. Вычисляют вспомогательные коэффициенты согласно табл. 58.

Таблица 58

Коэффициент	План испытаний	Расчетное выражение
A	[NUr], [NUT]	$\sum_{i=1}^{m} t_i + 0{,}64(N-m)t_m$
	[NUz]	$\sum_{i=1}^{r} t_i + 0{,}64 \sum_{j=1}^{n} \tau_j$
B	[NUr], [NUT]	$m + 0{,}64(N-m)$
	[NUz]	$r + 0{,}64(N-r)$
C	[NUr], [NUT]	$\sum_{i=1}^{m} t_i^2 + 0{,}64(N-m)t_m^2$
	[NUz]	$\sum_{i=1}^{r} t_i^2 + 0{,}64 \sum_{j=1}^{m} \tau_j^2$
Д	[NUr], [NUT]	$0{,}8(N-m)$
	[NUz]	$0{,}8(N-r)$
E	[NUr], [NUT]	$0{,}8(N-m)t_m$
	[NUz]	$0{,}8 \sum_{j=1}^{n} \tau_j$

2.2. Вычисляют начальные приближения $\hat{\mu}_0$ и $\hat{\sigma}_0$ для оценок $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$:

$$\hat{\sigma}_0 = \frac{E - A\left(\frac{D}{B}\right) + \sqrt{\left(E - A\frac{D}{B}\right)^2 + 4m\left(C - \frac{A}{B}\right)^2}}{2m};$$

$$\hat{\mu}_0 = \frac{A}{B} + \frac{D}{B}\hat{\sigma}_0.$$

2.3. Вычисляют коэффициенты для планов [NUr] или [NUT]

$$\Delta_k = (N-m)\Delta_k'$$

$$\Delta_k' = \lambda_k - 0{,}8 - 0{,}64 d_k$$

$$d_k = \frac{t_m - \hat{\mu}_{k-1}}{\hat{\sigma}_{k-1}}$$

$$\lambda_k = \frac{f_0(d_k)}{1 - \Phi_0(d_k)}$$

$$F_k = (N-m)\Delta_k' t_m$$

2.4. Вычисляют коэффициенты для плана [NUz]:

$$\Delta_k = \sum_{j=1}^{m} \Delta_{jk};$$

$$\Delta_{jk} = \lambda_{jk} - 0{,}8 - 0{,}64 d_{jk};$$

$$d_{jk} = \frac{\tau_j - \hat{\mu}_{k-1}}{\hat{\sigma}_{k-1}};$$

$$\lambda_{jk} = \frac{f_0(d_{jk})}{1 - \Phi_0(d_{jk})};$$

$$F_k = \sum_{j=1}^{n} \Delta_{jk} \tau_j .$$

2.5. Вычисляют последующие приближения $\hat{\mu}_k$ и $\hat{\sigma}_k$ для оценок $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$:

$$\sigma_k = \frac{E - F_k - A\left(\frac{D+\Delta_k}{B}\right) + \sqrt{\left[E + F_k - A\left(\frac{D+\Delta_k}{B}\right)\right]^2 + 4r\left(C - \frac{A^2}{B}\right)}}{2r}$$

$$\hat{\mu}_k = \frac{A}{B} + \left(\frac{D+\Delta_k}{B}\right)\hat{\sigma}_k.$$

За оценки параметров $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$ принимают значения $\hat{\mu}_k$ и $\hat{\sigma}_k$, для которых соблюдаются условия:

$$\left|\frac{\hat{\mu}_k - \hat{\mu}_{k-1}}{\hat{\mu}_{k-1}}\right| < \varepsilon \text{ и } \left|\frac{\hat{\sigma}_k - \hat{\sigma}_{k-1}}{\hat{\sigma}_{k-1}}\right| < \varepsilon,$$

где ε выбирают из ряда: 0,001; 0,01; 0,05; 0,1.

3. Оценка параметра нормального распределения $\hat{\mu}_1^0$

Уравнения табл. 55 решают в последовательности пп. 3.1—3.3.

3.1. Вычисляют коэффициенты:

$$A = \sum_{j=1}^{e} \frac{\chi_j}{\sigma_j}\left[\sum_{l=1}^{r_j} t_{lj} + 0{,}61 \sum_{i=1}^{n_j} \tau_{ij}\right];$$

$$B = \sum_{j=1}^{e} \frac{\chi_j^2}{\sigma_j^2}\left[r_j + 0{,}61 n_j\right];$$

$$D = \sum_{j=1}^{e} \frac{\chi_j}{\sigma_j} \cdot 0{,}8 n_j;$$

$$\tilde{\tau}_{ijk} = \frac{\tau_{ij} - \chi_j \hat{\mu}_{1,k-1}}{\sigma_j};$$

$$\lambda_{ijk}=\frac{f_0(\widetilde{\tau}_{ijk})}{1-\Phi_0(\widetilde{\tau}_{ijk})};$$

$$\Delta_{ijk}=\lambda_{ijk}-0{,}8-0{,}64\widetilde{\tau}_{ijk};$$

$$\Delta_k=\sum_{j=1}^{e}\frac{\chi_j}{\sigma_j}\sum_{i=1}^{n_j}\Delta_{ijk},\ \Delta_{ij}[0]=0$$

3.2. Вычисляют начальное приближение

$$\widehat{\mu_1}^0=\frac{A}{B}+\frac{D}{B}\sigma_1.$$

Вычисляют последующие приближения:

$$\widehat{\mu}^0_{1k}=\frac{A}{B}+\frac{D+\Delta_k}{B}\sigma_1.$$

3.3. За оценку параметра $\widehat{\mu}^0_1$ принимают значение $\widehat{\mu}^0_{1k}$, для которого соблюдается условие

$$\left|\frac{\widehat{\mu}^0_{1k}-\widehat{\mu}^0_{1,k-1}}{\widehat{\mu}^0_{1,k-1}}\right|<\varepsilon,$$

где ε выбирают из ряда: 0,001; 0,01; 0,05; 0,1.

4. Значения $\lambda(z)$ приведены в табл. 74 приложения 9.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ В СЛУЧАЕ БИНОМИАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

1. Точечную оценку вероятности безотказной работы $\widehat{P}(T)$ за наработку (время) T вычисляют по формуле:

$$\widehat{P}(T)=1-\frac{d}{N}.$$

2. Интервальные оценки вероятности безотказной работы за наработку T.

2.1. Нижнюю доверительную границу вероятности безотказной работы $\underline{P}(T)$ за наработку T уровня q вычисляют по приближенным формулам:

$$\underline{P}(T)=exp[-\chi^2_q(2d+2)/2K_2(N,d+1)],\ d\leqslant\frac{N}{2};$$

$$\underline{P}(T)=1-exp[-\chi^2_{1-q}[2(N-d)]/2K_2(N,N-d)],\ d>\frac{N}{2}.$$

Значения $K_2(N, m)$ определяют по табл. 75 приложения 9.

Значения $\chi^2_p(m)$ определяют по табл. 68 приложения 9.

2.2. Верхнюю доверительную границу вероятности безотказной работы $\overline{P}(T)$ за наработку T уровня q вычисляют по приближенным формулам:

$$\overline{P}(T)=exp[-\chi^2_{1-q}(2d)/2K_2(N,d)],\ d\leqslant\frac{N}{2};$$

$$\overline{P}(T)=1-exp[-\chi^2_q[2(N-d+1)]/2K_2(N,N-d+1)],$$

$$d>\frac{N}{2}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
Справочное

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Таблица 59

x	e^{x}	e^{-x}	x	e^{x}	e^{-x}
0,00	1,0000	1,0000	0,35	1,4191	0,7047
01	1,0101	0,9900	36	1,4333	0,6977
02	1,0202	0,9802	37	1,4477	0,6907
03	1,0305	0,9704	38	1,4623	0,6839
04	1,0408	0,9608	39	1,4770	0,6771
0,05	1,0513	0,9512	0,40	1,4918	0,6703
06	1,0618	0,9418	41	1,5068	0,6637
07	1,0725	0,9324	42	1,5220	0,6570
08	1,0833	0,9231	43	1,5373	0,6505
09	1,0942	0,9139	44	1,5227	0,6440
0,10	1,1052	0,9048	0,45	1,5683	0,6376
11	1,1163	0,8958	46	1,5841	0,6313
12	1,1275	0,8869	47	1,6000	0,6250
13	1,1388	0,8781	48	1,6161	0,6188
14	1,1503	0,8694	49	1,6323	0,6126
0,15	1,1618	0,8607	0,50	1,6487	0,6065
16	1,1835	0,8521	51	1,6658	0,6005
17	1,1853	0,8437	52	1,6820	0,5945
18	1,1972	0,8353	53	1,6989	0,5886
19	1,2092	0,8270	54	1,7160	0,5827
0,20	1,2214	0,8187	0,55	1,7333	0,5769
21	1,2337	0,8106	56	1,7507	0,5712
22	1,2461	0,8025	57	1,7683	0,5655
23	1,2586	0,7945	58	1,7860	0,5599
24	1,2712	0,7866	59	1,8040	0,5543
0,25	1,2840	0,7788	0,60	1,8221	0,5488
26	1,2969	0,7711	61	1,8404	0,5434
27	1,3100	0,7634	62	1,8589	0,5379
28	1,3231	0,7558	63	1,8776	0,5326
29	1,3364	0,7483	64	1,8965	0,5273
0,30	1,3499	0,7408	0,65	1,9155	0,5220
31	1,3634	0,7334	66	1,9348	0,5169
32	1,3771	0,7261	67	1,9542	0,5117
33	1,3910	0,7189	68	1,9739	0,5066
34	1,4049	0,7118	69	1,9937	0,5016

Продолжение табл. 59

x	e^x	e^{-x}	x	e^x	e^{-x}
0,70	2,0138	0,4966	1,15	3,1582	0,3166
71	2,0340	0,4916	16	3,1899	0,3135
72	2,0544	0,4868	17	3,2220	0,3140
73	2,0751	0,4819	18	3,2544	0,3073
74	2,0959	0,4771	19	3,2871	0,3042
0,75	2,1170	0,4724	1,20	3,3201	0,3012
76	2,1383	0,4677	21	3,3535	0,2982
77	2,1598	0,4630	22	3,3872	0,2952
78	2,1815	0,4584	23	3,4212	0,2923
79	2,2034	0,4538	24	3,4556	0,2894
0,80	2,2255	0,4493	1,25	3,4903	0,2865
81	2,2479	0,4449	26	3,5254	0,2837
82	2,2705	0,4404	27	3,5609	0,2808
83	2,2933	0,4360	28	3,6328	0,2753
84	2,3164	0,4317			
0,85	2,3396	0,4274	1,30	3,6693	0,2725
86	2,3632	0,4232	31	3,7062	0,2698
87	2,3869	0,4190	32	3,7434	0,2671
88	2,4109	0,4148	33	3,7810	0,2645
89	2,4351	0,4107	34	3,8190	0,2618
0,90	2,4596	0,4066	1,35	3,8574	0,2592
91	2,4843	0,4025	36	3,8962	0,2567
92	2,5093	0,3985	37	3,9354	0,2541
93	2,5345	0,3946	38	3,9749	0,2516
94	2,5600	0,3906	39	4,0149	0,2491
0,95	2,5857	0,3867	1,40	4,0552	0,2466
96	2,6117	0,3829	41	4,0960	0,2441
97	2,6379	0,3791	42	4,1371	0,2417
98	2,6645	0,3753	43	4,1787	0,2393
99	2,6912	0,3716	44	4,2207	0,2369
1,00	2,7183	0,3679	1,45	4,2631	0,2346
01	2,7456	0,3642	46	4,3060	0,2322
02	2,7732	0,3606	47	4,3492	0,2299
03	2,8011	0,3570	48	4,3929	0,2276
04	2,8292	0,3535	49	4,4371	0,2254
1,05	2,8577	0,3499	1,50	4,4817	0,2231
06	2,8864	0,3465	51	4,5267	0,2209
07	2,9154	0,3430	52	4,5722	0,2187
08	2,9447	0,3396	53	4,6182	0,2165
09	2,9743	0,3362	54	4,6646	0,2144
1,10	3,0042	0,3329	1,55	4,7115	0,2122
11	3,0344	0,3296	56	4,7588	0,2101
12	3,0649	0,3263	57	4,8066	0,2080
13	3,0957	0,3230	58	4,8550	0,2060
14	3,1268	0,3198	59	4,9037	0,2039

Продолжение табл. 59

x	e^x	e^{-x}	x	e^x	e^{-x}
1,60	4,9530	0,2019	3,10	22,1980	0,0451
65	5,2070	0,1920	15	23,3360	0,0429
70	5,4739	0,1827	20	24,5330	0,0408
75	5,7546	0,1738	25	25,7800	0,0388
80	6,0496	0,1653	30	27,1130	0,0369
1,85	6,3598	0,1572	3,35	28,5030	0,0351
90	6,6859	0,1496	40	29,9640	0,0334
95	7,0287	0,1423	45	31,5000	0,0318
00	7,3891	0,1353	50	33,1150	0,0302
05	7,7679	0,1287	55	34,8130	0,0287
2,10	8,1662	0,1226	3,60	36,5980	0,0273
15	8,5849	0,1165	65	38,4750	0,0260
20	9,0250	0,1108	70	40,4470	0,0247
25	9,4877	0,1054	75	42,5210	0,0235
30	9,9742	0,1003	80	44,7010	0,0224
2,35	10,4860	0,0954	3,85	46,9930	0,0213
40	11,0230	0,0907	3,90	49,4020	0,0202
45	11,5880	0,0863	3,95	51,9350	0,0192
50	12,1820	0,0821	4,00	54,5980	0,0183
55	12,8070	0,0781	4,50	90,017	0,0111
2,60	13,4640	0,0743	5,0	148,41	0,006740
65	14,1540	0,0706	5,5	244,69	0,004090
70	14,8800	0,0672	6,0	403,43	0,002479
75	15,6430	0,0639	6,5	665,14	0,001503
80	16,4450	0,0608	7,0	1096,60	0,000912
2,85	17,2880	0,0573	7,5	1808,00	0,000553
90	18,1740	0,0550	8,0	2981,00	0,000335
95	19,1060	0,0523	8,5	4914,80	0,000203
00	20,0860	0,0498	9,0	8103,10	0,000123
05	21,1150	0,0474	9,5	13360,00	0,000075
			10,0	22026,00	0,000045

Примечание. Для $x<0{,}01$

$$e^x=1+x+\frac{x^2}{2};$$

$$e^{-x}=1-x+\frac{x^2}{2} \text{ или } e^{-x}\cong\frac{2-x}{2+x}.$$

Таблица 60

Функция нормального распределения

$$\Phi_0(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x} e^{-y^2/2}dy$$

x	0,	1,	2,	3,
,00	0,500	0,841	0,9777	$0,9^2865$
,05	520	853	789	886
,10	540	864	821	$0,9^3032$
,15	560	875	842	184
,20	573	885	861	313
,25	599	894	878	423
,30	618	0,9032	893	517
,35	637	115	906	596
,40	655	192	$0,9^2180$	663
,45	674	265	286	720
,50	692	332	379	767
,55	709	394	461	807
,60	726	452	534	841
,65	742	505	589	860
,70	758	554	653	892
,75	773	599	702	912
,80	788	641	745	$0,9^4277$
,85	802	678	781	409
,90	816	713	813	519
,95	829	744	841	609

Примечание. Символ $0,9^k a$ означает $\underbrace{0,99\ldots9}_{k}a$, соответственно, Например, $0,9^4277=0,9999277$.

Таблица 61

Значения гамма-функции $\Gamma(x)$

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1,00	1,00000	1,10	0,95135	1,20	0,91817
01	0,99433	11	0,94740	21	0,91558
02	0,98884	12	0,94359	22	0,91311
03	0,98355	13	0,93993	23	0,91075
04	0,97814	14	0,93642	24	0,90852
				25	0,90640
1,05	0,97350	1,15	0,93304		
06	0,96874	16	0,92980	1,26	0,90440
07	0,96415	17	0,92670	27	0,90250
08	0,95973	18	0,92373	28	0,90072
09	0,95546	19	0,92089	29	0,89904

Продолжение табл.61

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1,30	0,89747	1,55	0,88887	1,80	0,93138
31	0,89600	56	0,88964	81	0,93408
32	0,89464	57	0,89049	82	0,93685
33	0,89338	58	0,89142	83	0,94261
34	0,89222	59	0,89243	84	0,93969
1,35	0,89115	1,60	0,89352	1,85	0,94561
36	0,89018	61	0,89468	86	0,94869
37	0,88931	62	0,89592	87	0,95184
		63	0,89724	88	0,95507
1,38	0,88854	64	0,89864	89	0,95838
39	0,88785				
		1,65	0,90012	1,90	0,96177
1,40	0,88726	66	0,90167	91	0,96523
41	0,88676	67	0,90330	92	0,96877
42	0,88636	68	0,90500	93	0,97240
43	0,88604	69	0,90678	94	0,97610
44	0,88581				
		1,70	0,90864	1,95	0,97988
1,45	0,88566	71	0,91057	96	0,98374
46	0,88560	72	0,91258	97	0,98768
47	0,88563	73	0,91467	98	0,99171
48	0,88575	74	0,91683	99	0,99581
49	0,88595	75	0,91906	2,00	1,00000
50	0,88623				
		1,75	0,91906		
1,51	0,88659	76	0,92137		
52	0,88704	77	0,92376		
53	0,88757	78	0,92623		
54	0,88818	79	0,92877		

Таблица 62

Коэффициенты для нахождения линейных оценок параметров закона распределения Вейбулла (N⩽6)

N	r	Чередование отказов и цензурирований	i	A_i	C_i	P	L
1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	0	1	0,110731	—0,421383	0,037574	0,415839
		0	2	0,889269	0,421383		
3	3	0	1	0,081063	—0,278686	—0,018421	0,256346
		0	2	0,250001	—0,190239		
		0	3	0,667936	0,468904		
3	2	0	1	—0,168001	—0,452110	0,257509	0,450055
		0,1	2	1,168001	0,452110		

Продолжение табл. 62

N	r	Чередование отказов и цензурирований	i	A_i	C_i	P	L
1	2	3	4	5	6	7	8
3	2	0,1	1	0,069301	—0,382326	0,142111	0,369957
		0	2	0,930699	0,382326		
4	4	0	1	0,064336	—0,203052	—0,028312	0,183861
		0	2	0,147340	—0,182749		
		0	3	0,261510	—0,070109		
		0	4	0,526813	0,455910		
4	3	0	1	—0,044975	—0,297651	0,084775	0,281729
		0	2	0,088057	—0,234054		
		0,1	3	0,956918	0,531705		
4	2	0	1	—0,346974	—0,465455	0,413508	0,464387
		0,2	2	1,346974	0,465455		
4	3	0	1	—0,012081	—0,264079	0,052960	0,247855
		0,1	2	0,299303	—0,164524		
		0	3	0,712777	0,428603		
4	3	0,1	1	0,074005	—0,266086	0,020593	0,230218
		0	2	0,212711	—0,167706		
		0	3	0,713284	0,433792		
4	2	0,1	1	—0,181349	—0,421383	0,325811	0,415839
		0,1	2	1,181349	0,421383		
4	2	0,2	1	0,045963	—0,357407	0,200074	0,339370
		0	2	0,954037	0,357407		
5	5	0	1	0,052975	—0,158131	—0,029135	0,142842
		0	2	0,103531	—0,155707		
		0	3	0,163808	—0,111820		
		0	4	0,246092	—0,005600		
		0	5	0,433593	0,431259		
5	4	0	1	—0,006983	—0,217766	0,030763	0,202418
		0	2	0,059652	—0,199351		
		0	3	0,156664	—0,118927		
		0,1	4	0,790668	0,536044		
5	3	0	1	—0,137958	—0,306562	0,166128	0,294191
		0	2	—0,025510	—0,257087		
		0,2	3	1,163468	0,563650		
5	2	0	1	—0,481434	—0,472962	0,533791	0,472308
		0,3	2	0,481434	—0,472962		
5	4	0	1	0,006272	—0,199827	0,018408	0,184873
		0	2	0,071450	—0,185334		
		0,1	3	0,358861	—0,031785		
		0	4	0,563417	0,416946		

Продолжение табл. 62

N	r	Чередование отказов и цензурирований	i	A_i	C_i	P	L
1	2	3	4	5	6	7	8
5	4	0 0,1 0 0	1 2 3 4	0,019987 0,177372 0,288100 0,574540	—0,187558 —0,175573 —0,066223 0,429354	0,005419	0,172571
5	3	0 0,1 0,1	1 2 3	—0,112966 0,136485 0,976501	—0,286914 —0,206143 0,493057	0,141366	0,274164
5	4	0,1 0 0 0	1 2 3 4	0,065888 0,126234 0,244926 0,562952	—0,200080 —0,166466 —0,061631 0,428178	—0,008524	0,168180
5	3	0,1 0 0,1	1 2 3	—0,047745 0,065149 0,982596	—0,286509 —0,212927 0,499436	0,111411	0,259402
5	2	0,1 0,2	1 2	—0,350815 1,350315	—0,440553 0,440553	0,461576	0,437384
5	3	0 0,2 0	1 2 3	—0,072305 0,328610 0,743694	—0,251774 —0,150289 0,402063	0,101718	0,238717
5	3	0,2 0 0	1 2 3	0,068985 0,187762 0,743253	—0,256714 —0,152185 0,408898	0,044423	0,211617
5	2	0,2 0,1	1 2	—0,190188 1,190188	—0,399297 0,399297	0,369056	0,390213
5	3	0,1 0,1 0	1 2 3	—0,012089 0,271262 0,740827	—0,255785 —0,148321 0,404106	0,077686	0,227980
5	2	0,3 0	1 2	0,030761 0,969239	—0,339552 0,339552	0,236740	0,316889
6	6	0 0 0 0 0 0	1 2 3 4 5 6	0,044826 0,079377 0,117541 0,163591 0,226486 0,368179	—0,128810 —0,132102 —0,111951 —0,064666 0,031796 0,405733	—0,027715	0,116576
6	4	0,1 0 0,1 0	1 2 3 4	0,008831 0,058664 0,345722 0,586783	—0,197752 —0,172042 —0,026586 0,396381	0,031981	0,171998

Продолжение табл. 62

N	r	Чередование отказов и цензурирований	i	A_i	C_i	P	L
1	2	3	4	5	6	7	8
6	4	0,1 0,1 0 0	1 2 3 4	0,023519 0,160097 0,216754 0,599629	—0,186303 —0,162342 —0,059748 0,408393	0,018605	0,160547
6	3	0,1 0,1 0,1	1 2 3	—0,112093 0,119136 0,992955	—0,278666 —0,190239 0,468904	0,159263	0,256346
6	4	0 0 0,2	1 2 3	—0,036039 0,017906 0,426864 0,591269	—0,195636 —0,184670 —0,011361 0,391668	0,054110	0,183434
6	4	0 0,2 0 0	1 2 3 4	—0,009765 0,195808 0,204217 0,609641	—0,175372 —0,171222 —0,062816 0,409410	0,028875	0,163138
6	3	0 0,2 0,1	1 2 3	—0,161756 0,170932 0,990824	—0,277443 —0,187928 0,465371	0,183254	0,266813
6	4	0,2 0 0 0	1 2 3 4	0,066540 0,111241 0,233432 0,588787	—0,197410 —0,154334 —0,055395 0,407139	0,004657	0,156421
6	3	0,2 0 0,1	1 2 3	—0,049611 0,049304 1,000307	—0,277728 —0,197163 0,474890	0,128792	0,242259
6	2	0,2 0,2	1 2	—0,352206 1,352206	—0,421383 0,421383	0,494420	0,415839
6	3	0,1 0,2 0	1 2 3	—0,069401 0,306555 0,762846	—0,245965 —0,137608 0,383573	0,118452	0,223278
6	3	0,2 0,1 0	1 2 3	—0,012161 0,251241 0,760920	—0,249133 —0,136313 0,385446	0,094017	0,213013
6	3	0 0,3 0	1 2 3	—0,114799 0,348115 0,766683	—0,241433 —0,348115 0,382692	0,137267	0,230648
6	3	0,3 0 0	1 2 3	0,065156 0,170061 0,764783	—0,249313 —0,140648 0,389961	0,060290	0,197481
6	2	0,3 0,1	1 2	—0,195708 1,195708	—0,382326 0,382326	0,398546	0,369957

Продолжение табл. 62

N	r	Чередование отказов и цензурирований	i	A_i	C_i	P	L
1	2	3	4	5	6	7	8
6	2	0,4	1	0,019977	—0,325860	0,261817	0,299366
		0	2	0,980023	0,325860		
6	5	0	1	0,007521	—0,169920	0,008880	0,156905
		0	2	0,048328	—0,166319		
		0	3	0,101608	—0,129510		
		0	4	0,172859	—0,054453		
		0,1	5	0,669685	0,520201		
6	4	0	1	—0,063569	—0,225141	0,08035	0,212422
		0	2	—0,006726	—0,209083		
		0	3	0,079882	—0,146386		
		0,2	4	0,990412	0,580610		
6	3	0	1	—0,211474	—0,311847	0,232696	0,301732
		0	2	—0,112994	—0,271381		
		0,3	3	1,324468	0,583229		
6	2	0	1	—0,588298	—0,477782	0,631489	0,477340
		0,4	2	1,588298	0,477782		
6	5	0	1	0,013939	—0,159149	0,029984	0,146562
		0	2	0,054654	—0,156823		
		0	3	0,106415	—0,123795		
		0,1	4	0,362619	0,046088		
		0	5	0,462373	0,393678		
6	5	0	1	0,020733	—0,150942	—0,003302	0,138563
		0	2	0,061138	—0,149874		
		0,1	3	0,221969	—0,098017		
		0	4	0,221097	—0,011326		
		0	5	0,475063	0,410160		
6	4	0	1	—0,053485	—0,215020	0,070668	0,202429
		0	2	0,002117	—0,200832		
		0,1	3	0,244120	—0,078892		
		0,1	4	0,807248	0,494744		
6	5	0	1	0,027683	—0,145994	—0,009823	0,133605
		0,1	2	0,126713	—0,156106		
		0	3	0,140815	—0,103496		
		0	4	0,231656	—0,004763		
		0	5	0,473133	0,410358		
6	4	0	1	—0,040673	—0,205281	0,304716	0,192644
		0,1	2	0,086730	—0,190784		
		0	3	0,130920	—0,112078		
		0,1	4	0,823023	0,508143		
6	3	0	1	—0,190667	—0,297888	0,211910	0,287517
		0,1	2	0,021498	—0,231059		
		0,2	3	1,169168	0,528947		

Продолжение табл. 62

N	r	Чередование отказов и цензурирований	i	A_i	C_i	P	L
1	2	3	4	5	6	7	
6	5	0,1 0 0 0 0	1 2 3 4 5	0,056925 0,091381 0,150681 0,239715 0,461928	—0,158875 —0,144922 0,102910 —0,002716 0,409423	—0,017433	0,132694
6	3	0,1 0 0,2	1 2 3	—0,137983 —0,039253 1,177236	—0,296928 —0,238187 0,535115	0,184692	0,275156
6	4	0,1 0 0 0,1	1 2 3 4	—0,005788 0,046557 0,143920 0,815311	—0,214536 —0,184705 —0,108911 0,508151	0,044942	0,188056
6	2	0,1 0,3	1 2	—0,479380 1,479380	—0,452110 0,452110	0,569464	0,450055
6	4	0 0,1 0 1 0	1 2 3 4	—0,025177 0,099938 0,328356 0,596883	—0,187606 —0,178787 —0,031369 0,397762	0,043607	0,175361

Примечания:

1. В графе 3: 0 — отказ; 1, 2, 3, 4, 5 — цензурирования.

2. Коэффициенты A_i, C_i, P, L определяют в зависимости от чередования отказов и цензурирований: наработки до отказа и до цензурирования выстраивают в общий вариационный ряд по возрастанию наработок; каждому отказу присваивают символ 0; каждое цензурирование совмещают с ближайшим предшествующим в вариационном ряду отказом; группе цензурирований (одному или нескольким), совмещенных с рассматриваемым отказом, присваивают символ 1, ..., 5, равный числу цензурирований; последовательность символов 0 и 1, ..., 5 образует чередование отказов и цензурирований.

Таблица 08

Коэффициенты A_i, C_i для определения точечных оценок параметров распределения Вейбулла (N≤15)

N	r	A_i	C_i	N	r	A_i	C_i
2	1	0,110731	—0,421383	6	1	—0,063569	—0,225141
	2	0,889269	0,421383		2	—0,006726	—0,209083
					3	0,079882	—0,146386
3	1	—0,166001	—0,452110		4	0,990412	0,580610
	2	1,166001	0,452110				
				6	1	0,007521	—0,169920
3	1	0,081063	—0,278666		2	0,048328	—0,166319
	2	0,251001	—0,190239		3	0,101607	—0,129510
	3	0,667936	0,468904		4	0,172859	—0,054453
					5	0,669695	0,520201
4	1	—0,346974	—0,465455				
	2	1,346974	0,465455	6	1	0,044826	—0,128810
					2	0,079377	—0,132102
4	1	—0,044975	—0,297651		3	0,117541	—0,111951
	2	0,088057	—0,234054		4	0,163591	—0,064666
	3	0,956918	0,531705		5	0,226486	0,031796
					6	0,368179	0,405733
4	1	0,64336	—0,203052				
	2	0,147340	—0,182749	7	1	—0,676894	—0,481140
	3	0,261510	—0,070109		2	1,676894	0,481140
	4	0,526813	0,455910				
				7	1	—0,272195	—0,315309
5	1	—0,481434	—0,472962		2	—0,184061	—0,281139
	2	1,481434	0,472962		3	1,456255	0,596507
5	1	—0,137958	—0,306562	7	1	—0,110274	—0,229091
	2	—0,025510	—0,257087		2	—0,060226	—0,215613
	3	1,163468	0,563650		3	0,018671	—0,164168
					4	1,151829	0,609472
5	1	—0,006983	—0,217766				
	2	0,059652	—0,199351	7	1	—0,030368	—0,176203
	3	0,156664	—0,118927		2	0,004333	—0,172399
	4	0,790668	0,536044		3	0,052957	—0,141218
					4	0,117599	—0,982820
5	1	0,052975	—0,158131		5	0,855480	0,572640
	2	0,103531	—0,155707				
	3	0,163808	—0,111820	7	1	0,013524	—0,138436
	4	0,246092	—0,005600		2	0,041588	—0,140342
	5	0,433593	0,431259		3	0,075499	—0,121821
					4	0,117461	—0,082938
6	1	—0,588298	—0,477782		5	0,172092	—0,015394
	2	1,588298	0,477782		6	0,579835	0,498931
6	1	—0,211474	—0,311847	7	1	0,38743	—0,108323
	2	—0,112994	—0,271381		2	0,064086	—0,113479
	3	1,324468	0,583229		3	0,090785	—0,103569

Продолжение табл. 63

N	r	A_i	C_i	N	r	A_i	C_i
7	4	0,120971	—0,078748	9	1	—0,368833	—0,319786
	5	0,157657	—0,032632		2	—0,295280	—0,293621
	6	0,207825	0,054727		3	1,664113	0,613407
	7	0,319934	0 382022				
				9	1	—0,184461	—0,235080
8	1	—0,752513	—0,483616		2	—0,143505	—0,273891
	2	1,752513	0,483616		3	—0,075815	—0,185970
					4	1,403781	0,644941
8	1	—0,323875	—0,317890				
	2	—0,243808	—0,288231	9	1	—0,090726	—0,183061
	3	1,567683	0,806120		2	—0,063541	—0,179515
					3	—0,021495	—0,155825
8	1	—0,149973	—0,232805		4	0,034159	—0,115133
	2	—0,105015	—0,220324		5	1,141604	0,633534
	3	—0,032357	—0,176575				
	4	1,287245	0,629805	9	1	—0,037118	—0,147411
					2	—0,016377	—0,148150
8	1	—0,062656	—0,180231		3	0,012499	—0,133219
	2	—0,032248	—0,176510		4	0,049305	—0,105060
	3	0,012767	—0,149566		5	0,095614	—0,062073
	4	0,072446	—0,101642		6	0,896078	0,595913
	5	1,009691	0,607948				
				9	1	—0,004220	—0,120988
8	1	—0,013509	—0,143834		2	0,013386	—0,124245
	2	0,010292	—0,145006		3	0,035068	—0,115091
	3	0,041357	—0,128393		4	0,061198	—0,095508
	4	0,080475	—0,095696		5	0,093013	—0,064162
	5	0,130327	—0,043280		6	0,132740	—0,017187
	6	0,751058	0,556209		7	0,668315	0,537180
8	1	0,015973	—0,116317	9	1	0,016797	—0,100011
	2	0,036729	—0,120331		2	0,032919	—0,104759
	3	0,060439	—0,110582		3	0,050582	—0,099608
	4	0,088239	—0,088450		4	0,070497	—0,086226
	5	0,122062	—0,050995		5	0,093635	—0,063541
	6	0,165529	0,009700		6	0,121560	—0,028346
	7	0,511030	0,476975		7	0,157175	0,026525
					8	0,456836	0,455956
8	1	0,034052	—0,093270				
	2	0,053552	—0,098886	9	1	0,030338	—0,081777
	3	0,073452	—0,093994		2	0,045872	—0,087308
	4	0,095062	—0,079752		3	0,061368	—0,085084
	5	0,119768	—0,053918		4	0,077742	—0,076470
	6	0,149934	—0,010179		5	0,095769	—0,060667
	7	0,191236	0,069325		6	0,116517	—0,035136
	8	0,282943	0,360675		7	0,141932	0,006001
					8	0,176764	0,078828
9	1	—0,818444	—0,485517		9	0,253697	0,341614
	2	1,818444	0,485517				
				10	1	—0,876869	—0,487022
					2	1,876869	0,487022

Продолжение табл. 63

N	r	A_i	C_i	N	r	A_i	C_i
10	1	—0,408602	—0,321265	10	1	0,027331	—0,072734
	2	—0,340443	—0,297858		2	0,040034	—0,077971
	3	1,749045	0,619124		3	0,052496	—0,077242
					4	0,065408	—0,071876
10	1	—0,214930	—0,236817		5	0,072963	—0,061652
	2	—0,177223	—0,226688		6	0,094638	—0,045420
	3	—0,113820	—0,193159		7	0,112414	—0,020698
	4	1,505973	0,656663		8	0,134239	0,017927
					9	0,164178	0,085070
10	1	—0,115524	—0,185169		10	0,230001	0,324597
	2	—0,090868	—0,181821				
	3	—0,051341	—0,160697	11	1	—0,929310	—0,488243
	4	0,000925	—0,125311		2	1,929310	0,488243
	5	1,256809	0,652997				
				11	1	—0,444245	—0,322452
10	1	—0,058017	—0,149985		2	—0,380642	—0,301277
	2	—0,039595	—0,150451		3	1,824887	0,623729
	3	—0,012513	—0,136941				
	4	0,022314	—0,112224	11	1	—0,242206	—0,238188
	5	0,022062	—0,075721		2	—0,207204	—0,228941
	6	1,065750	0,625321		3	—0,147490	—0,198888
					4	1,596900	0,666017
10	1	—0,022198	—0,124170				
	2	—0,006909	—0,126894	11	1	—0,137718	—0,186803
	3	0,013224	—0,118392		2	—0,115110	—0,183651
	4	0,037994	—0,100924		3	—0,077762	—0,164597
	5	0,068153	—0,073988		4	—0,028411	—0,133278
	6	0,105064	—0,035501		5	1,359000	0,668329
	7	0,804572	0,579868				
				11	1	—0,076739	—0,151936
10	1	0,001179	—0,104082		2	—0,060142	—0,152227
	2	0,014869	—0,108163		3	—0,034581	—0,139907
	3	0,030998	—0,103119		4	—0,001490	—0,117886
	4	0,049734	—0,090835		5	0,039518	—0,086311
	5	0,071745	—0,070902		6	1,133134	0,648081
	6	0,098114	—0,041560				
	7	0,130649	0,000799	11	1	—0,038849	—0,126507
	8	—0,602692	0,517864		2	—0,024842	—0,128838
					3	—0,005964	—0,120951
10	1	0,016841	—0,087538		4	0,017632	—0,105219
	2	0,029807	—0,092405		5	0,046354	—0,081602
	3	0,043570	—0,089839		6	0,081182	—0,018929
	4	0,058640	—0,081428		7	0,923987	0,612017
	5	0,075576	—0,066855				
	6	0,095169	—0,044670	11	1	—0,012943	—0,106922
	7	0,118707	—0,011816		2	—0,001050	—0,110198
	8	0,148575	0,038159		3	0,013809	—0,105662
	9	0,413116	0,436394		4	0,031661	—0,094405
					5	0,052723	—0,076693
					6	0,077815	—0,051525

Продолжение табл. 63

N	r	A_i	C_i	N	r	A_i	C_i
11	7	0,108161	—0,016860	12	4	—0,054640	—0,139623
	8	0,729765	0,562564		5	1,450761	0,689734
11	1	0,004425	—0,091125	12	1	—0,093679	—0,153471
	2	0,015498	—0,095437		2	—0,078561	—0,153632
	3	0,028073	—0,092780		3	—0,054320	—0,142329
	4	0,042178	—0,084833		4	—0,022769	—0,122474
	5	0,058340	—0,071581		5	0,016136	—0,094355
	6	0,077093	—0,052182		6	1,233193	0,666261
	7	0,099349	—0,024880				
	8	0,126592	0,013606	12	1	—0,052987	—0,128808
	9	0,548502	0,499201		2	—0,040893	—0,130339
					3	—0,023072	—0,123007
11	1	0,016502	—0,077717		4	—0,000515	—0,108712
	2	0,027205	—0,082449		5	0,026960	—0,087681
	3	0,038291	—0,081388		6	0,059918	—0,059256
	4	0,050160	—0,075977		7	1,030620	0,637307
	5	0,063170	—0,066222				
	6	0,077772	—0,030120	12	1	—0,025785	—0,109045
	7	0,114811	0,000537		2	—0,015312	—0,112242
	8	0,094625	—0,051429		3	—0,001353	—0,107627
	9	0,140333	0,046381		4	0,015634	—0,097267
	10	0,377130	0,418384		5	0,035853	—0,081361
					6	0,059835	—0,059315
11	1	0,024850	—0,065444		7	0,088444	—0,029900
	2	0,035456	—0,070318		8	0,842654	0,586748
	3	0,045727	—0,070456				
	4	0,056215	—0,067076	12	1	—0,006944	—0,093650
	5	0,067261	—0,060207		2	0,002669	—0,097540
	6	0,079220	—0,049800		3	0,014239	—0,094893
	7	0,092560	—0,033156		4	0,027669	—0,087418
	8	0,108034	—0,009427		5	0,043189	—0,075371
	9	0,127088	0,026879		6	0,061225	—0,058180
	10	0,153197	0,089148		7	0,082441	—0,034802
	11	0,210412	0,309357		8	0,107856	—0,003342
					9	0,667655	0,545234
12	1	—0,976872	—0,489254				
	2	1,976872	0,459254	12	1	0,006411	—0,080881
					2	0,015598	—0,085171
12	1	—0,476530	—0,323426		3	0,025675	—0,083952
	2	—0,416886	—0,301093		4	0,036799	—0,078714
	3	1,893367	0,627519		5	0,049211	—0,069510
					6	0,063256	—0,056237
12	1	—0,266888	—0,239300		7	0,079438	—0,037675
	2	—0,234180	—0,230796		8	0,098522	—0,012272
	3	—0,177681	—0,202362		9	0,121752	0,022956
	4	1,678749	0,673657		10	0,503338	0,481555
12	1	—0,157792	—0,188109	12	1	0,015982	—0,069798
	2	—0,136884	—0,185142		2	0,024997	—0,074285
	3	—0,101445	—0,167790		3	0,034156	—0,074131

Продолжение табл. 63

N	r	A_i	C_i	N	r	A_i	C_i
12	4	0,043790	—0,070617	13	4	—0,16879	—0,111609
	5	0,054149	—0,063891		5	0,009416	—0,092649
	6	0,065515	—0,033621		6	0,040810	—0,067475
	7	0,078264	—0,039034		7	1,126930	0,657714
	8	0,692958	—0,018718				
	9	0,110521	0,009948	13	1	—0,037540	—0,110705
	10	0,132666	0,052280		2	—0,028206	—0,113563
	11	0,347003	0,401864		3	—0,015049	—0,109206
					4	0,001231	—0,099644
12	1	0,022771	—0,059449		5	0,020686	—0,085201
	2	0,031776	—0,063952		6	0,043677	—0,065581
	3	0,040408	—0,064601		7	0,070830	—0,039995
	4	0,059122	—0,052489		8	0,944372	0,623896
	5	0,058175	—0,057754				
	6	0,067800	—0,050137	13	1	—0,017389	—0,095590
	7	0,078281	—0,039010		2	—0,008934	—0,099109
	8	0,090017	—0,023199		3	0,001863	—0,096521
	9	0,103664	—0,000505		4	0,014684	—0,089554
	10	0,120475	0,033695		5	0,029657	—0,078690
	11	0,143566	0,091751		6	0,047027	—0,063068
	12	0,193917	0,295648		7	0,067346	—0,042307
					8	0,091328	—0,015928
13	1	—1,020378	—0,490105		9	0,774437	0,580865
	2	2,020378	0,490105				
				13	1	—0,002927	—0,083170
13	1	—0,506034	—0,324239		2	0,005067	—0,087085
	2	—0,449735	—0,306454		3	0,014356	—0,057928
	3	1,955765	0,630694		4	0,024891	—0,080789
					5	0,036816	—0,072325
13	1	—0,289420	—0,240219		6	0,050389	—0,060181
	2	—0,258687	—0,232349		7	0,065995	—0,043768
	3	—0,205024	—0,207450		8	0,084201	—0,022048
	4	1,753131	0,680018		9	0,105863	0,006715
					10	0,615348	0,528441
13	1	—0,176109	—0,189177				
	2	—0,156637	—0,186381	13	1	0,007623	—0,072617
	3	—0,122893	—0,170454		2	0,015403	—0,076746
	4	—0,078337	—0,144971		3	0,023732	—0,076418
	5	1,533976	0,690983		4	0,032743	—0,072938
					5	0,042611	—0,066531
13	1	—0,109140	—0,154711		6	0,053556	—0,057014
	2	—0,0925246	—0,154785		7	0,065876	—0,043886
	3	—0,072165	—0,144347		8	0,080005	—0,026244
	4	—0,041997	—0,126268		9	0,096594	—0,002552
	5	—0,004940	—0,101028		10	0,116703	0,029910
	6	1,323488	0,681140		11	0,465143	0,465037
13	1	—0,066358	—0,129743	13	1	0,015382	—0,063288
	2	—0,055414	—0,131538		2	0,023100	—0,067492
	3	—0,038503	—0,124701		3	0,030881	—0,067892

Продолжение табл. 63

N	r	A_i	C_i	N	r	A_i	C_i
13	4	0,038824	—0,065622	14	1	—0,070656	—0,130915
	5	0,047302	—0,060887		2	—0,068666	—0,152521
	6	0,056414	—0,053540		3	—0,052554	—0,126128
	7	0,066482	—0,043158		4	—0,031776	—0,114051
	8	0,077739	—0,028970		5	—0,006522	—0,096788
	9	0,090699	—0,009644		6	0,023467	0,074184
	10	0,106166	0,017233		7	1,214708	1,674581
	11	0,125627	0,056547				
	12	0,321416	0,386713	14	1	—0,048365	—0,112041
					2	—0,039964	—0,114637
13	1	0,021005	—0,054436		3	—0,027495	—0,110509
	2	0,028757	—0,058585		4	0,011849	—0,101635
	3	0,036127	—0,059535		5	0,006905	—0,088122
	4	0,045501	—0,058259		6	0,029002	—0,070735
	5	0,051078	—0,054942		7	0,054897	—0,048074
	6	0,059028	—0,049472		8	1,036868	0,646052
	7	0,067533	—0,041505				
	8	0,076831	—0,030395	14	1	—0,027030	—0,097117
	9	0,087274	—0,015037		2	—0,019516	—0,100334
	10	0,099441	0,006644		3	—0,009363	—0,097827
	11	0,114446	0,038943		4	0,002928	—0,091298
	12	0,135068	0,093324		5	0,017368	—0,081103
	13	0,179913	0,283257		6	0,034165	—0,067124
					7	0,053685	—0,048921
14	1	—1,060461	—0,490831		8	0,076476	—0,025720
	2	2,060461	0,490831		9	0,371287	0,609445
14	1	—0,533158	—0,324929	14	1	—0,011580	—0,084931
	2	—0,479874	—0,808462		2	—0,004548	—0,088528
	3	2,013058	0,633913		3	0,004100	—0,087207
					4	0,014144	—0,082451
14	1	—0,310144	—0,240392		5	0,025647	—0,074573
	2	—0,281132	—0,233670		6	0,038794	—0,063473
	3	—0,229990	—0,210735		7	0,053879	—0,048768
	4	1,321236	0,685397		8	0,071335	—0,029776
					9	0,091783	—0,005398
14	1	—0,192947	—0,190068		10	0,716445	0,565105
	2	—0,174709	—0,187427				
	3	—0,142478	—0,172710	14	1	—0,000170	—0,074686
	4	—0,099930	—0,049393		2	0,006622	—0,078499
	5	1,610065	0,699598		3	0,014283	—0,078064
					4	0,022800	—0,074680
14	1	—0,123352	—0,155736		5	0,032273	—0,068624
	2	—0,110490	—0,155747		6	0,042866	—0,059816
	3	—0,088443	—0,146054		7	0,054817	—0,047926
	4	—0,059523	—0,129460		8	0,068463	—0,032355
	5	—0,024111	—0,105556		9	0,084290	—0,012126
	6	1,405919	0,693553		10	0,103025	—0,014349
					11	0,570731	0,512429

Продолжение табл. 63

N	r	A_i	C_i	N	r	A_i	C_i
14	1	0,008361	—0,065816	15	1	—0,329324	—0,241651
	2	0,015058	—0,069728		2	—0,301829	—0,234807
	3	0,022076	—0,069962		3	—0,252948	—0,213548
	4	0,029552	—0,067659		4	1,884101	0,690005
	5	0,037615	—0,056130				
	6	0,046411	—0,056130	15	1	—0,136198	—0,156597
	7	0,056132	—0,046558		2	—0,124518	—0,156563
	8	0,067039	—0,033834		3	—0,103401	—0,147517
	9	0,079506	—0,017101		4	—0,075614	—0,132182
	10	0,091096	0,005064		5	—0,041680	—0,111215
	11	0,111723	0,035156		6	1,481712	0,704074
	12	0,432431	0,449638				
				15	1	—0,208525	—0,190823
14	1	0,014760	—0,057849		2	—0,191357	—0,188323
	2	0,021453	—0,061764		3	—0,160491	—0,174645
	3	0,028064	—0,062606		4	—0,119748	—0,153153
	4	0,034842	—0,061074		5	1,689121	0,706944
	5	0,041933	—0,057693				
	6	0,049474	—0,052317	15	1	—0,090036	—0,131891
	7	0,057619	—0,044707		2	—0,080850	—0,133342
	8	0,066569	—0,034420		3	—0,065446	—0,127335
	9	0,076605	—0,020713		4	—0,045441	—0,116138
	10	0,088151	—0,002338		5	—0,021137	—0,100291
	11	0,101914	—0,022943		6	0,007597	—0,079774
	12	0,119200	0,059643		7	1,295312	0,688771
	13	0,299416	0,372795				
				15	1	—0,058390	—0,113143
14	1	0,019487	—0,050186		2	—0,050767	—0,115520
	2	0,026238	—0,054008		3	—0,038897	—0,111607
	3	0,032614	—0,055130		4	—0,023825	—0,103332
	4	0,038947	—0,054419		5	—0,005717	—0,091156
	5	0,045399	—0,052075		6	0,015565	—0,075053
	6	0,052097	—0,048066		7	0,040351	—0,054703
	7	0,059168	—0,042197		8	1,121680	0,664514
	8	0,066767	—0,034099				
	9	0,075102	—0,023149	15	1	—0,035972	—0,098361
	10	0,084482	—0,008285		2	—0,029235	—0,101322
	11	0,095428	0,012430		3	—0,019633	—0,098904
	12	0,108942	0,043015		4	—0,007812	—0,092773
	13	0,127523	0,094166		5	0,006156	—0,083327
	14	0,167807	0,272004		6	0,022403	—0,070544
					7	0,041203	—0,054142
15	1	—1,097617	—0,491458		8	0,062969	—0,033595
	2	2,097617	0,491458		9	0,959920	—0,632957
15	1	—0,558336	—0,325521				
	2	—0,607671	—0,310191				
	3	2,066007	0,635712				

Продолжение табл. 63

N	r	A_i	C_i	N	r	A_i	C_i
15	1	—0,019626	—0,086339	15	6	0,040939	—0,054417
	2	—0,013383	—0,089664		7	0,048828	—0,047269
	3	—0,005271	—0,088341		8	0,057528	—0,037821
	4	0,004351	—0,083828		9	0,067265	—0,025565
	5	0,015475	—0,076474		10	0,078368	—0,009694
	6	0,028227	—0,066261		11	0,091330	0,011113
	7	0,042832	—0,052943		12	0,106947	0,039155
	8	0,059624	—0,036054		13	0,404106	0,435302
	9	0,079072	—0,014863				
	10	0,808700	—0,594768	15	1	0,014143	—0,053241
					2	0,020013	—0,056789
15	1	—0,007450	—0,076297		3	0,025750	—0,057827
	2	—0,001467	—0,079835		4	0,031576	—0,056973
	3	0,005652	—0,079332		5	0,037611	—0,054542
	4	0,013759	—0,076068		6	0,043958	—0,050539
	5	0,022893	—0,070355		7	0,050725	—0,044833
	6	0,033174	—0,062181		8	0,058045	—0,037157
	7	0,044787	—0,051331		9	0,066092	—0,027072
	8	0,057997	—0,037396		10	0,075114	—0,013872
	9	0,073180	—0,19723		11	0,085490	—0,003612
	10	0,090865	0,002701		12	0,097344	0,027465
	11	0,666610	0,549817		13	0,113340	0,061879
					14	0,280298	0,359950
15	1	0,001756	—0,067695				
	2	0,007624	—0,071342	15	1	0,013170	—0,046538
	3	0,014079	—0,071459		2	0,024108	—0,050064
	4	0,021133	—0,069178		3	0,029685	—0,051279
	5	0,028861	—0,064779		4	0,035191	—0,050957
	6	0,037374	—0,058256		5	0,040762	—0,049298
	7	0,046822	—0,049425		6	0,046496	—0,046315
	8	0,057431	—0,037926		7	0,052488	—0,041899
	9	0,069479	—0,023180		8	0,058844	—0,035827
	10	0,083393	—0,004280		9	0,065696	—0,027731
	11	0,099799	0,020236		10	0,073230	—0,017008
	12	0,532243	0,497284		11	0,081725	—0,002653
					12	0,091651	0,017156
15	1	0,008779	—0,060130		13	0,103914	0,016191
	2	0,014620	—0,063805		14	0,120784	0,094483
	3	0,020637	—0,064394		15	0,157255	0,261738
	4	0,026961	—0,062900				
	5	0,033693	—0,059574				

Таблица 64

Коэффициенты α_i, β_i для определения точечных оценок параметров нормального распределения

N	r	α_i	β_i	N	r	α_i	β_i
2	1	0,5000	—0,8862	6	1	0,0185	—0,5528
	2	0,5000	0,8862		2	0,1226	—0,2091
					3	0,1761	—0,0290
3	1	0,0000	—1,1816		4	0,6828	0,7909
	2	1,0000	1,1816				
				6	1	0,1183	—0,4097
3	1	0,3333	—0,5908		2	0,1510	—0,1685
	2	0,3333	0,0000		3	0,1680	—0,0406
	3	0,3333	0,5908		4	0,1828	0,0740
					5	0,3799	0,5448
4	1	—0,4056	—1,3654				
	2	1,4056	1,3654	6	1	0,1667	—0,3175
					2	0,1667	—0,1386
4	1	0,1161	—0,6971		3	0,1667	—0,0432
	2	0,2408	—0,1268		4	0,1667	—0,0432
	3	0,6431	0,8239		5	0,1667	0,1386
					6	0,1667	0,3175
4	1	0,2500	—0,4539				
	2	0,2500	—0,1102	7	1	—1,2733	—1,6812
	3	0,2500	0,1102		2	2,2733	1,6812
	4	0,2500	0,4539				
				7	1	—0,3474	—0,8682
5	1	—0,7411	—1,4971		2	—0,0135	—0,3269
	2	1,7411	1,4971		3	1,3609	1,1951
5	1	—0,0638	—0,7696	7	1	—0,0738	—0,5848
	2	0,1498	—0,2121		2	0,0677	—0,2428
	3	0,9139	0,9817		3	0,1375	—0,0717
					4	0,8686	0,8994
5	1	0,125	—0,5117				
	2	0,183	—0,1668	7	1	0,0465	—0,4370
	3	0,2147	0,0274		2	0,1072	—0,1943
	4	0,4771	0,6511		3	0,1375	0,0718
					4	0,1626	0,0321
5	1	0,2000	—0,3724		5	0,5462	0,6709
	2	0,2000	—0,1352				
	3	0,2000	0,0000	7	1	0,1088	—0,3440
	4	0,2000	0,1352		2	0,1295	—0,1610
	5	0,2000	0,3724		3	0,1400	—0,0681
					4	0,1487	0,0114
6	1	—1,0261	—1,5988		5	0,1571	0,0901
	2	2,0261	1,5988		6	0,3159	0,4716
6	1	—0,2159	—0,8244	7	1	0,1429	—0,2778
	2	0,0649	—0,2760		2	0,1429	—0,1351
	3	1,1511	1,1004		3	0,1429	—0,0625
					4	0,1429	0,0000
					5	0,1429	0,0625

Продолжение табл. 64

N	r	α_i	β_i	N	r	α_i	β_i
7	6	0,1429	0,1351	9	1	—0,2272	0,6330
	7	0,1429	0,2778		2	—0,0284	—0,2944
					3	0,0644	—0,1348
8	1	—1,4915	—0,7502		4	1,1912	1,0622
	2	2,4915	1,7502				
				9	1	—0,0731	—0,4765
8	1	—0,4632	—0,9045		2	0,0316	—0,2335
	2	—0,0855	—0,3690		3	0,0809	—0,1181
	3	1,5487	1,2735		4	0,1199	—0,0256
					5	0,8408	0,8537
8	1	—0,1549	—0,6100	9			
	2	0,0176	—0,2770		1	0,0104	—0,3797
	3	0,1001	—0,1061		2	0,0660	—0,1936
	4	1,0372	0,9878		3	0,0923	—0,1048
					4	0,1133	—0,0333
8	1	—0,0167	—0,4586		5	0,1320	0,0317
	2	0,0617	—0,2156		6	0,5860	0,6797
	3	0,1084	—0,0970				
	4	0,1413	0,0002	9	1	0,0602	—0,3129
	5	0,6993	0,7709		2	0,0876	0,1647
					3	0,1006	—0,0938
8	1	0,0569	—0,3638		4	0,1110	—0,0364
	2	0,0962	—0,1788		5	0,1204	0,0160
	3	0,1153	—0,0881		6	0,1294	0,0678
	4	0,1309	—0,0132		7	0,3809	0,5239
	5	0,1451	0,0570				
	6	0,4555	0,5868	9	1	0,0915	—0,2633
					2	0,1018	—0,1421
8	1	0,0997	—0,2978		3	0,1067	—0,0841
	2	0,1139	—0,1515		4	0,1106	—0,0370
	3	0,1208	—0,0796		5	0,1142	0,0062
	4	0,1265	—0,0200		6	0,1177	0,0492
	5	0,1318	0,0364		7	0,1212	0,0954
	6	0,1370	0,0951		8	0,2365	0,3757
	7	0,2704	0,4175				
				9	1	0,1111	—0,2237
8	1	0,1250	—0,2476		2	0,1111	—0,1233
	2	0,1250	—0,1294		3	0,1111	—0,0751
	3	0,1250	—0,0713		4	0,1111	—0,0360
	4	0,1250	—0,0230		5	0,1111	0,0000
	5	0,1250	0,0230		6	0,1111	0,0360
	6	0,1250	0,0713		7	0,1111	0,0751
	7	0,1250	0,1294		8	0,1111	0,1244
	8	0,1250	0,2476		9	0,1111	0,2237
9	1	—1,6868	—1,8092	10	1	—1,8634	—1,8608
	2	2,6868	1,8092		2	2,8634	1,8008
9	1	—0,5664	0,9355	10	1	—0,6596	—0,9625
	2	—0,1521	—0,4047		2	—0,2138	—0,4357
	3	1,7185	1,3402		3	1,8734	1,3981

Продолжение табл. 64

N	r	α_i	β_i	N	r	α_i	β_i
10	1	—0,2923	—0,6520	10	7	0,1000	0,0436
	2	—0,0709	—0,3150		8	0,1000	0,0763
	3	0,0305	—0,1593		9	0,1000	0,1172
	4	1,3327	1,1263		10	0,1000	0,2044
10	1	—0,1240	—0,4919	11	1	—2,0245	—1,9065
	2	0,0016	—0,2491		2	3,0245	1,9065
	3	0,0549	—0,1362				
	4	0,0990	—0,0472	11	1	—0,7445	—0,9882
	5	0,9716	0,9243		2	—0,2712	—0,4630
					3	2,0157	1,4492
10	1	—0,0316	—0,3930				
	2	0,0383	—0,2063	11	1	—0,3516	—0,6657
	3	0,0707	—0,1192		2	—0,1104	—0,3331
	4	0,0962	—0,0501		3	—0,0016	—0,1807
	5	0,1185	0,0111		4	1,4636	1,1825
	6	0,7078	0,7576				
				11	1	—0,1702	—0,5053
10	1	0,0244	—0,3252		2	—0,0323	—0,2627
	2	0,0636	—0,1758		3	0,0303	—0,1519
	3	0,0818	—0,1058		4	0,0786	—0,0657
	4	0,0962	—0,0502		5	1,0937	—0,3357
	5	0,1089	—0,0008				
	6	0,1207	0,0469	11	1	—0,0698	—0,4045
	7	0,5045	0,6107		2	0,0128	—0,2175
					3	0,0504	—0,1317
10	1	0,0605	—0,2753		4	0,0797	—0,0647
	2	0,0804	—0,1523		5	0,1049	—0,0061
	3	0,0898	—0,0947		6	0,8220	0,8246
	4	0,0972	—0,0488				
	5	0,1037	—0,0077	11	1	—0,0082	—0,3357
	6	0,1099	0,0319		2	0,0415	—0,1854
	7	0,1161	0,0722		3	0,0642	—0,1163
	8	0,3424	0,4746		4	0,0820	—0,0621
					5	0,0974	—0,0146
10	1	0,0843	—0,2364		6	0,1116	0,0299
	2	0,0921	—0,1334		7	0,6116	0,6842
	3	0,0957	—0,0851				
	4	0,0986	—0,0465	11	1	0,0320	—0,2852
	5	0,1011	—0,0119		2	0,0609	—0,1610
	6	0,1036	0,0215		3	0,0741	—0,1033
	7	0,1060	0,0559		4	0,0845	—0,0589
	8	0,1085	0,0937		5	0,0935	—0,0194
	9	0,2101	0,3423		6	0,1020	0,0178
					7	0,1101	0,0545
10	1	0,1000	—0,2044		8	0,4430	0,5582
	2	0,1000	—0,1172				
	3	0,1000	—0,0763	11	1	0,0592	—0,2463
	4	0,1000	—0,0436		2	0,0744	—0,1417
	5	0,1000	—0,0142		3	0,0814	—0,0934
	6	0,1000	0,0142		4	0,0869	—0,0555

Продолжение табл. 64

N	r	α_i	β_i	N	r	α_i	β_i
11	5	0,0917	—0,0220	12	5	0,0915	—0,0210
	6	0,0962	0,0095		6	0,9292	0,8833
	7	0,1005	0,0409				
	8	0,1049	0,0736	12	1	—0,0382	—0,3448
	9	0,3047	0,4349		2	0,0210	—0,1939
					3	0,0477	—0,1255
11	1	0,0731	—0,2149		4	0,0684	—0,0726
	2	0,0841	—0,1256		5	0,0861	—0,0267
	3	0,0869	—0,0843		6	0,0222	0,0155
	4	0,0891	—0,0519		7	0,7128	0,7479
	5	0,0910	—0,0233				
	6	0,0928	0,0038	12	1	0,067	—0,2937
	7	0,0945	0,0309		2	0,0428	—0,1686
	8	0,0983	0,0593		3	0,0585	—0,1119
	9	0,0982	0,0911		4	0,0724	—0,0678
	10	0,1891	0,3149		5	0,0836	—0,0298
					6	0,0938	0,0058
11	1	0,0909	—0,1883		7	0,1036	0,0400
	2	0,0909	—0,1151		8	0,3386	0,6259
	3	0,0909	—0,0760				
	4	0,0909	—0,0471	12	1	0,0360	—0,2545
	5	0,9099	—0,0234		2	0,0581	—0,1487
	6	0,0909	0,0000		3	0,0682	—0,1007
	7	0,0909	0,0234		4	0,0759	—0,0633
	8	0,0909	0,0471		5	0,0827	—0,0308
	9	0,0909	0,0760		6	0,0888	—0,0007
	10	0,0909	0,1151		7	0,0948	0,0286
	11	0,0909	0,1883		8	0,1006	0,0582
					9	0,3950	0,5119
12	1	—2,1723	—1,9474				
	2	3,1723	1,9474	12	1	0,0574	—0,2232
					2	0,0693	—0,1324
12	1	—0,8225	—0,0075		3	0,0747	—0,0911
	2	—0,3249	—0,4874		4	0,0789	—0,0590
	3	2,1474	1,4918		5	0,0825	—0,0310
					6	0,0859	—0,0050
12	1	—0,4059	—0,6836		7	0,0891	0,0203
	2	—0,1472	—0,3493		8	0,0923	0,0461
	3	—0,0321	—0,1096		9	0,0959	0,0733
	4	1,5852	1,2324		10	0,2745	0,4020
12	1	—0,2125	—0,5171	12	1	0,0726	—0,1972
	2	—0,0609	—0,2749		2	0,0775	—0,1185
	3	0,0070	—0,1659		3	0,0796	—0,0827
	4	0,0589	—0,0820		4	0,0813	—0,0548
	5	0,2075	1,0399		5	0,0828	0,0305
					6	0,0842	0,0079
12	1	0,1048	—0,4146		7	0,0855	0,0142
	2	0,0109	—0,2274		8	0,0868	0,0367
	3	0,0313	—0,1428		9	0,0882	0,0608
	4	0,0637	—0,0744		10	0,0896	0,0881

Продолжение табл. 64

N	r	α_i	β_i	N	r	α_i	β_i
12	11	0,1789	0,2919	13	4	0,0610	—0,0758
					5	0,0740	—0,0386
12	1	0,0833	—0,1748		6	0,0857	—0,0046
	2	0,0833	—0,1061		7	0,0968	0,0276
	3	0,0833	—0,0749		8	0,6294	0,6867
	4	0,0833	—0,0506				
	5	0,0833	—0,0294	13	1	0,0144	—0,2616
	6	0,0833	—0,0297		2	0,0430	—0,1549
	7	0,0833	0,0097		3	0,0557	—0,1071
	8	0,0833	0,0294		4	0,0655	—0,0703
	9	0,0833	0,0506		5	0,0739	—0,0386
	10	0,0833	0,0749		6	0,0816	—0,0095
	11	0,0833	0,1061		7	0,0888	0,0182
	12	0,0833	0,1748		8	0,0958	0,0456
					9	0,4813	0,5781
13	1	—2,3101	—1,9845				
	2	3,3101	1,9845	13	1	0,0380	—0,2301
					2	0,0555	—0,1382
13	1	—0,8916	—1,0268		3	0,0633	—0,0970
	2	—0,3753	—0,5094		4	0,0693	—0,0653
	3	2,2699	1,5360		5	0,0745	—0,0379
					6	0,0792	—0,0128
13	1	—0,4561	—0,6969		7	0,0836	0,0113
	2	—0,1817	—0,3638		8	0,0880	0,0352
	3	—0,0610	—0,2165		9	0,0924	0,0598
	4	1,6958	1,2773		10	0,3564	0,4750
13	1	—0,2516	—0,5276	13	1	0,0552	—0,2043
	2	—0,0876	—0,2859		2	0,0648	—0,1243
	3	—0,0151	—0,1785		3	0,0691	—0,0884
	4	0,0400	—0,0964		4	0,0724	—0,0607
	5	1,3143	1,0834		5	0,0752	—0,0368
					6	0,0778	—0,0148
13	1	—0,1371	—0,4236		7	0,0803	0,0063
	2	—0,0330	—0,2663		8	0,0827	0,0273
	3	0,0132	—0,1528		9	0,0852	0,0490
	4	0,0484	—0,0888		10	0,0877	0,0723
	5	0,0784	—0,0341		11	0,2497	0,3743
	6	1,0301	0,9355				
				13	1	0,0679	—0,1824
13	1	—0,0659	—0,3528		2	0,0718	—0,1222
	2	0,0020	—0,2015		3	0,0735	—0,0806
	3	0,0322	—0,1339		4	0,0749	0,0563
	4	0,0553	—0,0819		5	0,0761	—0,0353
	5	0,0750	—0,0374		6	0,0771	—0,0160
	6	0,0923	0,0032		7	0,0781	0,0026
	7	0,8085	0,8042		8	0,0792	0,0212
					9	0,0802	0,0404
13	1	—0,0185	—0,3011		10	0,0813	0,0612
	2	0,0259	—0,1754		11	0,0824	0,0850
	3	0,0457	—0,1197		12	0,1575	0,2724

Продолжение табл. 64

N	r	α_i	β_i	N	r	α_i	β_i
13	1	0,0769	—0,1632	14	5	0,0646	—0,0466
	2	0,0769	—0,1013		6	0,0777	—0,0137
	3	0,0769	—0,0735		7	0,0899	0,0172
	4	0,0769	—0,0520		8	0,7159	0,7407
	5	0,0769	—0,0335				
	6	0,0769	—0,0164	14	1	—0,0057	—0,2678
	7	0,0769	+0,0164		2	0,0288	—0,1604
	8	0,0769	0,0000		3	0,0410	—0,1129
	9	0,0769	0,0335		4	0,0557	—0,0765
	10	0,0769	0,0164		5	0,0655	—0,0455
	11	0,0769	0,0735		6	0,0744	—0,0174
	12	0,0769	0,1013		7	0,0828	0,0092
	13	0,0769	0,1632		8	0,0908	0,0350
					9	0,5637	0,6363
14	1	—2,4378	—2,0182				
	2	3,4378	2,0182	14	1	0,0199	—0,2361
					2	0,0426	—0,1434
14	1	—0,9616	—1,0441		3	0,0526	—0,1023
	2	—0,4228	—0,5293		4	0,0602	0,0709
	3	2,3843	1,5734		5	0,0667	—0,0440
					6	0,0726	—0,0196
14	1	—0,5027	—0,7091		7	0,0782	0,0035
	2	—0,2142	—0,3771		8	0,0835	0,0260
	3	—0,0866	—0,2318		9	0,0887	0,0487
	4	1,8054	1,3180		10	0,4350	0,5382
14	1	—0,5027	—0,7091	14	1	0,0388	—0,2102
	2	—0,1127	—0,2959		2	0,0529	—0,1292
	3	0,0360	—0,1898		3	0,0592	—0,0933
	4	0,0218	—0,1094		4	0,0639	—0,0658
	5	1,4148	1,1322		5	0,0680	—0,0423
					6	0,0717	—0,0209
14	1	—0,1670	—0,4317		7	0,0752	—0,0006
	2	—0,0537	—0,2444		8	0,0785	0,0192
	3	—0,0040	—0,1618		9	0,0819	0,0393
	4	0,0388	—0,0990		10	0,0852	0,0601
	5	0,0655	—0,0457		11	0,3247	0,4438
	6	1,1255	0,9855				
				14	1	0,0530	—0,1885
14	1	—0,0915	—0,3599		2	0,0609	—0,1171
	2	—0,0158	—0,2084		3	0,0643	—0,0854
	3	0,017	—0,1414		4	0,0670	—0,0612
	4	0,042	—0,0903		5	0,0692	—0,0404
	5	0,064	—0,0469		6	0,0713	—0,0215
	6	0,083	—0,0770		7	0,0732	—0,0036
	7	0,899	0,8546		8	0,0751	0,0140
					9	0,0770	0,0319
14	1	—0,0411	—0,3077		10	0,0789	0,0505
	2	0,0102	—0,1815		11	0,0809	0,0707
	3	0,0328	—0,1256		12	0,2291	0,3506
	4	0,0500	—0,0829				

Продолжение табл. 64

N	r	α_l	β_l	N	r	α_l	β_l
14	1	0,0637	—0,1698	15	5	0,0531	—0,0562
	2	0,0669	—0,1065		6	1,2157	1,0252
	3	0,0683	—0,0784				
	4	0,0694	—0,0568	15	1	—0,1155	—0,3664
	5	0,0704	—0,0384		2	—0,0326	—0,2146
	6	0,0712	—0,0216		3	+0,0036	—0,1482
	7	0,0721	—0,0056		4	0,0309	—0,0979
	8	0,0728	0,0100		5	0,0539	—0,0555
	9	0,0736	0,0259		6	0,0743	—0,0174
	10	0,0745	0,0426		7	0,9854	0,9001
	11	0,0753	0,0609				
	12	0,0762	0,0820	15	1	—0,0821	—0,3136
	13	0,1455	0,2556		2	—0,0046	—0,1870
					3	0,0205	—0,1315
14	1	0,0714	—0,1532		4	0,0395	—0,0894
	2	0,0714	—0,0968		5	0,0555	—0,0538
	3	0,0714	—0,0717		6	0,0698	—0,0219
	4	0,0714	—0,0526		7	0,0830	0,0079
	5	0,0714	—0,0362		8	0,7983	0,7892
	6	0,0714	—0,0212				
	7	0,0714	—0,0070	15	1	—0,0244	—0,2733
	8	0,0714	0,0000		2	0,0155	—0,1654
	9	0,0714	0,0212		3	0,0330	—0,1181
	10	0,0714	0,0362		4	0,0462	—0,0822
	11	0,0714	0,0256		5	0,0574	—0,0518
	12	0,0714	0,0717		6	0,0674	—0,0244
	13	0,0714	0,0968		7	0,0767	0,0012
	14	0,0714	0,1532		8	0,0856	0,0258
					9	0,6245	0,6882
15	1	—2,5574	—2,0493				
	2	3,5574	2,0493	15	1	0,0030	—0,2414
					2	0,0305	—0,1481
15	1	—1,0242	—1,0601		3	0,0425	—0,1071
	2	—0,4676	—0,5477		4	0,0516	—0,0760
	3	2,4918	1,6077		5	0,0593	—0,0496
					6	0,0663	—0,0258
15	1	—0,5462	—0,7201		7	0,0727	—0,0035
	2	—0,2448	—0,3892		8	0,0789	0,0180
	3	—0,1148	—0,2458		9	0,0849	0,0393
	4	1,9058	1,3552		10	0,5104	0,5940
15	1	—0,3217	—0,5459	15	1	0,0234	—0,2154
	2	—0,1364	—0,3050		2	0,0418	—0,1336
	3	—0,0560	—0,2002		3	0,0498	—0,0977
	4	0,0043	—0,1211		4	0,0560	—0,0705
	5	1,5097	1,1722		5	0,0611	—0,0473
					6	0,0658	—0,0264
15	1	—0,1950	—0,4390		7	0,0701	—0,0068
	2	—0,0732	—0,2518		8	0,0743	0,0122
	3	—0,0203	—0,1700		9	0,0784	0,0310
	4	0,0196	—0,1082				

Продолжение табл. 64

N	r	α_i	β_i	N	r	α_i	β_i
15	10	0,0824	0,0502	15	1	0,0599	—0,1590
	11	0,3669	0,5042		2	0,0627	—0,1013
					3	0,0639	—0,0760
15	1	0,0390	—0,1937		4	0,0648	—0,0568
	2	0,0506	—0,1214		5	0,0655	—0,0404
	3	0,0556	—0,0897		6	0,0662	—0,0256
	4	0,0595	—0,0655		7	0,0669	—0,1116
	5	0,0628	—0,0450		8	0,0675	0,0019
	6	0,0657	—0,0265		9	0,0682	0,0154
	7	0,0685	—0,0091		10	0,0688	0,0293
	8	0,0711	0,0078		11	0,0695	0,0440
	9	0,0737	0,0246		12	0,0702	0,0602
	10	0,0763	0,0417		13	0,0709	0,0791
	11	0,0790	0,0598		14	0,1351	0,2409
	12	0,2982	0,4169				
				15	1	0,0667	—0,1444
15	1	0,0508	—0,1752		2	0,0667	—0,0927
	2	0,0574	—0,1108		3	0,0667	—0,0699
	3	0,0602	—0,0825		4	0,0667	—0,0526
	4	0,0624	—0,0610		5	0,0667	—0,0379
	5	0,0642	—0,0427		6	0,0667	—0,0247
	6	0,0659	—0,0262		7	0,0667	—0,0122
	7	0,0675	—0,0106		8	0,0667	0,0000
	8	0,0690	0,0044		9	0,0667	0,0122
	9	0,0704	0,0195		10	0,0667	0,0247
	10	0,0719	0,0349		11	0,0667	0,0379
	11	0,0735	0,0512		12	0,0667	0,0526
	12	0,0751	0,0690		13	0,0667	0,0699
	13	0,2216	0,3300		14	0,0667	0,0927
					15	0,0667	0,1444

Таблица 65

N	r	V_q при вероятности q								
		0,05	0,10	0,25	0,40	0,50	0,60	0,75	0,90	0,95
3	3	—2,54	—1,49	—0,52	—0,10	0,10	0,31	0,69	1,46	2,12
4	3	—3,85	—2,32	—0,84	—0,29	—0,04	0,18	0,50	1,06	1,55
	4	—1,50	—0,96	—0,37	—0,08	0,09	0,25	0,55	1,07	1,49
5	3	—5,22	—3,04	—1,22	—0,50	—0,19	0,06	0,40	0,86	1,20
	4	—1,94	—1,24	—0,50	—0,16	0,02	0,18	0,45	0,88	1,22
	5	—1,08	—0,73	—0,31	—0,06	0,08	0,22	0,47	0,89	1,20
6	3	—6,12	—3,72	—1,56	—0,69	—0,32	—0,04	0,33	0,75	1,02
	4	—2,39	—1,59	—0,67	—0,25	—0,05	0,12	0,38	0,76	1,03
	5	—1,36	—0,91	—0,38	—0,11	0,04	0,17	0,40	0,77	1,04
	6	—0,91	—0,64	—0,28	—0,06	0,07	0,19	0,41	0,77	1,04
7	3	—7,39	—4,45	—1,87	—0,89	—0,48	—0,16	0,26	0,68	0,90
	4	—2,95	—1,94	—0,84	—0,36	—0,13	0,05	0,32	0,66	0,89
	5	—1,59	—1,10	—0,48	—0,17	—0,02	0,12	0,34	0,66	0,89
	6	—1,01	—0,73	—0,32	—0,10	0,03	0,15	0,35	0,67	0,90
	7	—0,79	—0,56	—0,26	—0,06	0,05	0,17	0,36	0,68	0,90
8	3	—8,15	—5,01	—2,14	—1,04	—0,58	—0,21	0,24	0,67	0,88
	4	—3,30	—2,18	—0,99	—0,43	—0,19	0,02	0,30	0,64	0,83
	5	—1,86	—1,25	—0,56	—0,22	—0,05	0,10	0,32	0,62	0,82
	6	—1,20	—0,83	—0,36	—0,12	0,01	0,13	0,33	0,63	0,82
	7	—0,88	—0,61	—0,27	—0,07	0,04	0,15	0,33	0,63	0,82
	8	—0,70	—0,50	—0,22	—0,05	0,06	0,16	0,34	0,63	0,82
9	3	—9,12	—5,64	—2,38	—1,17	—0,66	—0,28	0,20	0,66	0,86
	4	—3,78	—2,47	—1,08	—0,50	—0,24	—0,01	0,28	0,61	0,79
	5	—2,10	—1,40	—0,63	—0,26	—0,08	0,08	0,30	0,58	0,76
	6	—1,38	—0,94	—0,41	—0,15	—0,01	0,11	0,30	0,57	0,76
	7	—0,99	—0,70	—0,31	—0,10	0,02	0,13	0,31	0,57	0,76
	8	—0,76	—0,55	—0,25	—0,07	0,04	0,14	0,31	0,58	0,76
	9	—0,64	—0,47	—0,21	—0,05	0,05	0,15	0,32	0,58	0,76
10	3	—9,98	—6,05	—2,58	—1,29	—0,76	—0,34	0,17	0,66	0,87
	4	—4,17	—2,70	—1,22	—0,58	—0,28	—0,04	0,27	0,60	0,77
	5	—2,37	—1,56	—0,73	—0,31	—0,12	0,05	0,28	0,56	0,72
	6	—1,51	—1,03	—0,48	—0,19	—0,04	0,09	0,28	0,54	0,71
	7	—1,08	—0,77	—0,35	—0,12	—0,00	0,11	0,28	0,54	0,70
	8	—0,86	—0,62	—0,27	—0,08	0,02	0,12	0,28	0,53	0,71
	9	—0,70	—0,50	—0,23	—0,06	0,04	0,13	0,29	0,54	0,71
	10	—0,60	—0,44	—0,20	—0,04	0,04	0,14	0,29	0,54	0,71
11	3	—10,68	—6,42	—2,76	—1,41	—0,85	—0,42	0,13	0,65	0,87
	4	—4,57	—2,95	—1,37	—0,66	—0,36	—0,10	0,24	0,58	0,75
	5	—2,58	—1,75	—0,81	—0,37	—0,16	0,01	0,26	0,54	0,69
	6	—1,67	—1,16	—0,53	—0,22	—0,07	0,06	0,26	0,52	0,66
	7	—1,21	—0,85	—0,40	—0,15	—0,02	0,09	0,26	0,50	0,65
	8	—0,92	—0,66	—0,30	—0,11	0,00	0,10	0,26	0,50	0,65
	9	—0,76	—0,54	—0,25	—0,08	0,02	0,11	0,26	0,50	0,65
	10	—0,63	—0,46	—0,21	—0,06	0,03	0,12	0,27	0,50	0,65
	11	—0,55	—0,42	—0,19	—0,05	0,03	0,12	0,27	0,50	0,65

Продолжение табл. 65

N	r	V_q при вероятности q								
		0,05	0,10	0,25	0,40	0,50	0,60	0,75	0,90	0,95
12	3	—11,32	—6,92	—3,03	—1,58	—0,97	—0,49	0,10	0,64	0,88
	4	—4,81	—3,17	—1,47	—0,74	—0,40	—0,14	0,21	0,58	0,75
	5	—2,72	—1,88	—0,89	—0,42	—0,20	—0,01	0,24	0,53	0,68
	6	—1,83	—1,27	—0,60	—0,26	—0,10	0,05	0,25	0,50	0,64
	7	—1,32	—0,92	—0,42	—0,17	—0,01	0,08	0,25	0,48	0,62
	8	—1,00	—0,71	—0,33	—0,12	—0,01	0,09	0,25	0,48	0,62
	9	—0,80	—0,58	—0,27	—0,09	0,01	0,10	0,25	0,47	0,62
	10	—0,67	—0,48	—0,23	—0,07	0,02	0,11	0,25	0,47	0,62
	11	—0,58	—0,43	—0,20	—0,06	0,03	0,11	0,25	0,47	0,62
	12	—0,53	—0,39	—0,19	—0,05	0,03	0,11	0,25	0,47	0,62
13	3	—11,66	—7,41	—3,21	—1,64	—1,02	—0,54	0,08	0,65	0,88
	4	—5,21	—3,37	—1,60	—0,82	—0,48	—0,19	0,20	0,59	0,76
	5	—2,95	—1,99	—0,96	—0,47	—0,24	—0,04	0,24	0,54	0,68
	6	—1,94	—1,35	—0,66	—0,31	—0,13	0,03	0,25	0,51	0,64
	7	—1,40	—0,98	—0,46	—0,19	—0,06	0,06	0,25	0,47	0,61
	8	—1,06	—0,77	—0,36	—0,14	—0,02	0,08	0,24	0,46	0,59
	9	—0,86	—0,61	—0,29	—0,10	—0,00	0,09	0,24	0,45	0,58
	10	—0,72	—0,52	—0,24	—0,08	0,01	0,10	0,24	0,45	0,58
	11	—0,63	—0,45	—0,21	—0,06	0,02	0,11	0,24	0,45	0,58
	12	—0,56	—0,41	—0,19	—0,05	0,03	0,11	0,25	0,45	0,59
	13	—0,51	—0,38	—0,18	—0,05	0,04	0,11	0,25	0,45	0,59
14	3	—12,49	—7,65	—3,31	—1,71	—1,08	—0,57	0,06	0,65	0,90
	4	—5,38	—3,53	—1,68	—0,87	—0,49	—0,20	0,19	0,59	0,77
	5	—3,13	—2,17	—1,03	—0,51	—0,26	—0,04	0,24	0,54	0,69
	6	—2,10	—1,45	—0,70	—0,32	—0,14	0,02	0,24	0,50	0,63
	7	—1,50	—1,05	—0,50	—0,22	—0,07	0,06	0,24	0,47	0,60
	8	—1,15	—0,81	—0,39	—0,15	—0,04	0,08	0,24	0,45	0,58
	9	—0,93	—0,66	—0,30	—0,11	—0,01	0,09	0,23	0,44	0,56
	10	—0,76	—0,54	—0,26	—0,09	0,00	0,09	0,23	0,43	0,56
	11	—0,65	—0,48	—0,22	—0,07	0,01	0,09	0,23	0,43	0,56
	12	—0,57	—0,42	—0,19	—0,06	0,02	0,10	0,23	0,43	0,56
	13	—0,51	—0,38	—0,18	—0,05	0,02	0,10	0,23	0,43	0,56
	14	—0,47	—0,36	—0,17	—0,05	0,03	0,10	0,23	0,43	0,56
15	3	—13,14	—8,14	—3,63	—1,92	—1,20	—0,05	0,02	0,64	0,89
	4	—5,55	—3,74	—1,78	—0,94	—0,55	—0,23	0,19	0,60	0,78
	5	—3,35	—2,27	—1,10	—0,56	—0,29	—0,07	0,23	0,55	0,70
	6	—2,21	—1,55	—0,75	—0,36	—0,17	—0,00	0,23	0,50	0,64
	7	—1,56	—1,11	—0,55	—0,25	—0,09	0,04	0,23	0,47	0,59
	8	—1,20	—0,86	—0,42	—0,18	—0,05	0,06	0,23	0,45	0,57
	9	—0,96	—0,70	—0,35	—0,13	—0,03	0,07	0,23	0,43	0,56
	10	—0,82	—0,59	—0,28	—0,10	—0,01	0,08	0,23	0,42	0,55
	11	—0,70	—0,51	—0,24	—0,08	0,01	0,09	0,23	0,42	0,54
	12	—0,62	—0,45	—0,21	—0,07	0,01	0,09	0,23	0,41	0,54
	13	—0,55	—0,41	—0,19	—0,06	0,02	0,10	0,23	0,41	0,54
	14	—0,50	—0,37	—0,18	—0,05	0,03	0,10	0,22	0,41	0,54
	15	—0,46	—0,35	—0,17	—0,04	0,03	0,10	0,23	0,42	0,54

Таблица 66

γ	r_γ	U_γ
0,80	1,61	0,842
0,90	2,30	1,282
0,95	3,00	1,645
0,975	3,69	1,960
0,990	4,61	2,326
0,995	5,30	2,576
0,9975	6,00	2,807
0,999	6,91	3,090

Таблица 67

m=N—1	E(m)	m=N—1	E(m)	m=N—1	E(m)
1	1,253	10	1,025	19	1,013
2	1,128	11	1,023	20	1,013
3	1,085	12	1,021	25	1,010
4	1,064	13	1,019	30	1,008
5	1,051	14	1,018	35	1,007
6	1,042	15	1,017	40	1,006
7	1,036	16	1,016	45	1,006
8	1,032	17	1,015	50	1,005
9	1,028	18	1,014	60	1,004

Примечание. Коэффициенты E(m) для $20<m<60$, не указанные в таблице, определяют по табличным значениям с помощью линейной интерполяции.

Таблица 68

m	$\chi^2_p(m)$ при P												
	0,01	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,96	0,99
2	0,023	0,102	0,21	0,445	0,711	1,023	1,383	1,836	2,414	3,227	4,602	5,992	9,211
4	0,305	0,711	1,04	1,643	2,195	2,758	3,352	4,039	4,883	5,992	7,773	9,492	13,273
6	0,872	1,635	2,204	3,064	3,826	4,564	5,350	6,205	7,236	8,561	10,645	12,592	16,812
8	1,646	2,733	3,490	4,586	5,523	6,430	7,352	8,352	9,523	11,023	15,362	13,507	20,090
10	2,558	3,940	4,865	6,182	7,275	8,291	9,346	10,479	11,787	13,447	15,987	18,307	23,209
12	3,571	5,226	6,304	7,811	9,029	10,178	11,338	12,580	14,010	15,814	18,549	21,026	26,217
14	4,660	6,571	7,790	9,468	10,821	12,079	13,337	14,690	16,222	18,149	21,064	23,685	29,141
16	5,812	7,962	9,312	11,148	12,617	13,977	16,336	16,773	18,414	20,461	23,542	26,296	32,000
18	7,015	9,390	10,868	12,858	14,440	15,899	17,341	18,870	20,593	22,755	25,939	28,869	34,805
20	8,260	10,851	12,443	14,580	16,260	17,803	19,436	20,947	22,763	25,029	28,412	31,410	37,566
22	9,542	12,338	14,041	16,312	18,106	19,728	21,339	23,026	24,938	27,301	30,813	33,924	40,289
24	10,856	13,848	15,659	18,064	19,939	21,650	23,338	25,107	27,100	29,549	33,196	36,415	42,980
26	12,198	15,379	17,292	19,824	21,792	23,582	25,333	27,174	29,244	31,795	35,563	38,885	45,042
28	13,565	16,928	18,939	21,595	23,646	25,505	27,337	29,251	31,397	34,022	37,916	41,337	48,278
30	14,953	18,493	20,599	23,357	25,510	27,444	29,333	31,311	33,523	36,248	40,256	43,773	50,892
32	16,362	20,072	21,271	25,148	27,367	29,383	31,336	33,383	35,664	38,461	42,585	46,194	53,486
34	17,789	21,664	23,952	26,936	29,244	31,319	33,328	35,436	37,793	40,682	44,903	48,602	56,061
36	19,233	23,269	25,643	28,731	31,122	33,249	35,311	37,503	39,929	42,582	47,212	50,998	58,619
38	20,691	24,884	27,343	30,537	33,000	35,189	37,341	39,568	42,036	45,079	49,513	53,384	61,162
40	22,164	26,509	29,051	32,354	34,873	37,139	39,326	41,631	44,170	47,275	51,805	55,758	63,691
42	23,650	28,144	30,765	34,161	36,755	39,073	41,339	43,677	46,181	49,460	54,090	58,124	66,206
44	25,148	29,787	32,487	35,970	38,645	41,019	43,339	45,735	48,399	51,643	56,369	60,481	68,710
46	26,657	31,439	34,215	37,796	40,525	42,973	45,332	47,791	50,509	52,822	58,641	62,830	71,201
48	28,177	33,098	35,949	39,615	42,416	44,912	46,338	49,846	52,611	55,998	60,907	65,171	74,683
50	29,707	34,764	37,689	41,449	44,318	46,869	49,335	51,886	54,718	58,160	63,167	67,505	76,154
52	31,246	36,437	39,433	43,285	46,205	48,807	51,333	53,936	56,831	60,334	65,422	69,832	78,616
54	31,793	38,116	41,183	45,121	48,100	50,763	53,334	55,997	58,924	62,497	67,673	72,153	61,069

m	$\chi^2_p(m)$ при P												
	0,01	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,96	0,99
56	34,350	39,801	42,937	46,956	50,005	52,712	55,337	58,014	61,024	64,661	69,919	74,468	83,513
58	35,913	41,492	44,696	48,801	51,904	54,665	57,342	60,089	63,133	66,815	72,160	76,778	85,950
60	37,485	43,188	46,459	50,647	53,811	56,246	59,333	62,131	65,222	68,972	74,397	79,082	88,379
62	39,063	44,899	48,226	52,487	55,711	58,572	61,342	64,187	67,321	71,120	76,630	81,381	80,802
64	40,649	46,595	49,996	54,336	57,617	60,523	63,336	66,227	69,414	73,273	78,860	83,675	93,217
66	42,240	48,305	51,770	56,195	59,531	62,479	65,331	68,264	71,503	75,418	81,085	85,965	95,626
68	43,858	50,020	53,548	58,047	61,434	64,438	67,438	70,316	73,803	77,571	83,803	88,250	95,028
70	45,442	61,739	55,329	59,891	63,344	66,403	69,342	72,350	75,682	79,716	85,527	90,531	100,43
72	47,051	53,462	57,113	61,761	65,259	68,353	71,341	74,399	77,774	81,853	87,743	92,808	102,82
74	48,666	55,189	88,900	63,621	67,162	70,305	70,305	73,341	76,448	79,863	84,000	89,956	105,20
76	50,286	56,920	60,690	65,470	69,088	72,261	75,341	78,477	81,947	88,140	92,166	97,351	107,58
78	51,910	58,654	62,483	67,345	71,002	74,220	77,343	80,523	84,027	88,274	94,374	99,617	109,98
80	53,540	60,391	64,278	69,209	72,920	76,182	79,326	82,568	86,153	90,400	96,578	101,88	112,33
82	55,174	62,132	66,076	71,074	74,828	78,151	81,334	84,808	88,201	82,535	98,780	104,14	114,70
84	56,813	63,876	67,876	72,941	76,756	80,109	83,339	86,651	90,281	94,663	100,98	106,40	117,06
86	58,456	85,723	69,679	74,814	78,667	82,068	85,333	88,682	92,367	96,797	103,18	108,65	119,41
88	60,103	67,373	71,484	76,683	80,593	84,031	87,339	90,723	94,440	98,930	105,37	110,90	121,77
90	61,754	69,126	73,291	78,558	82,513	85,995	89,335	92,763	96,520	101,06	107,57	113,15	124,12
92	63,409	70,882	75,100	80,438	84,436	87,951	91,332	94,802	98,598	103,18	109,76	115,39	126,46
94	65,068	72,640	76,912	82,313	86,352	89,921	93,329	96,840	100,68	105,31	111,94	117,63	128,80
96	66,730	74,701	78,725	84,182	88,283	91,881	95,338	98,877	102,76	107,42	114,13	119,87	131,14
98	68,396	76,164	80,541	86,067	90,206	93,843	97,336	100,91	104,82	109,55	116,32	122,11	133,48
100	70,065	77,929	82,358	87,946	92,133	95,807	99,335	102,95	106,90	111,66	118,50	124,34	135,81
110	78,458	86,792	91,471	97,358	101,76	105,63	109,33	113,12	122,25	117,27	129,39	135,48	147,41
120	86,923	95,705	100,62	106,81	111,42	115,47	119,33	127,61	132,81	140,23	146,57	158,95	146,57
130	95,451	101,66	109,81	116,26	121,09	125,31	129,34	133,45	137,94	151,05	143,34	157,61	170,42
140	104,03	113,66	119,03	125,76	130,76	135,14	139,32	143,60	148,26	153,85	161,83	168,61	181,84
150	112,67	122,69	128,28	135,21	140,45	144,09	149,34	153,74	158,58	164,35	172,58	179,58	193,21
200	156,43	168,28	174,84	183,00	189,04	194,32	199,33	204,42	209,98	216,58	226,02	233,90	249,45

Продолжение табл. 68

m	$\chi^2_p(m)$ при P												
	0,01	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,96	0,99
300	245,97	260,88	260,07	279,21	288,68	293,18	299,33	305,57	512,33	320,39	331,79	341,40	359,91
400	337,16	354,64	364,21	376,02	384,70	392,22	399,33	406,52	414,32	423,58	436,65	447,63	468,72
500	429,39	449,15	459,93	472,21	482,95	491,37	499,34	507,38	516,09	526,40	540,93	553,13	576,49
600	522,36	544,18	556,06	570,68	581,35	590,60	599,33	608,14	617,66	628,92	644,80	658,09	683,52
800	709,90	735,35	749,49	766,16	778,55	789,25	799,33	809,50	820,48	833,45	851,67	766,91	895,98
1000	698,91	927,59	943,13	962,17	976,07	988,04	999,32	1010,7	1022,9	1037,4	1057,7	1074,7	1107,0

Таблица 69

N	r	$V_q^{0,9}$ при вероятности q					
		0,05	0,10	0,25	0,90	0,95	0,98
3	3	1,10	1,43	2,18	8,99	13,16	20,93
4	3	1,16	1,49	2,18	9,03	13,07	20,23
	4	1,16	1,46	2,06	6,47	8,39	11,66
5	3	1,18	1,51	2,17	8,78	12,58	20,38
	4	1,23	1,51	2,09	6,49	8,48	11,73
	5	1,23	1,49	2,02	5,48	6,73	8,66
6	3	1,18	1,53	2,15	8,24	11,74	18,65
	4	1,28	1,55	2,10	6,33	8,18	11,39
	5	1,29	1,54	2,05	5,42	6,73	8,89
	6	1,27	1,53	2,01	4,86	5,83	7,31
7	3	1,18	1,53	2,13	7,80	11,12	17,54
	4	1,31	1,58	2,10	6,16	7,89	10,90
	5	1,33	1,57	2,06	5,36	6,68	8,44
	6	1,32	1,56	2,03	4,86	5,82	7,23
	7	1,32	1,55	2,00	4,46	5,25	6,37
8	3	1,13	1,52	2,11	7,51	10,67	16,36
	4	1,33	1,60	2,10	5,96	7,79	10,76
	5	1,36	1,60	2,08	5,28	6,50	8,62
	6	1,36	1,59	2,05	4,83	5,83	7,18
	7	1,36	1,58	2,03	4,49	5,31	6,40
	8	1,36	1,58	2,01	4,21	4,90	5,84
9	3	1,12	1,51	2,09	7,14	10,21	15,61
	4	1,36	1,61	2,10	5,77	7,39	10,26
	5	1,41	1,63	2,08	5,13	6,34	8,13
	6	1,41	1,62	2,06	4,74	5,67	7,06
	7	1,41	1,62	2,04	4,48	5,28	6,46
	8	1,40	1,61	2,02	4,26	4,95	5,94
	9	1,40	1,60	2,00	4,04	4,66	5,50
10	3	0,99	1,46	2,05	6,75	9,36	14,88
	4	1,34	1,62	2,08	5,56	7,17	9,60
	5	1,42	1,64	2,07	5,00	6,13	8,02
	6	1,43	1,64	2,05	4,67	5,59	6,99
	7	1,43	1,64	2,04	4,41	5,18	6,29
	8	1,43	1,63	2,02	4,22	4,91	5,83
	9	1,42	1,63	2,01	4,03	4,63	5,51
	10	1,42	1,62	1,99	3,86	4,41	5,16
11	3	0,90	1,42	2,01	6,41	9,11	14,47
	4	1,35	1,61	2,06	5,46	7,04	9,98
	5	1,43	1,64	2,05	4,90	6,07	7,83
	6	1,45	1,64	2,04	4,58	5,52	6,96
	7	1,45	1,64	2,03	4,36	4,16	6,34
	8	1,45	1,64	2,01	4,15	4,87	5,82
	9	1,44	1,64	2,00	4,01	4,63	5,54
	10	1,44	1,64	1,99	3,87	4,44	5,23
	11	1,45	1,64	1,98	3,76	4,26	4,94

Продолжение табл. 69

N	r	$V_q^{0,9}$ при вероятности q					
		0,05	0,10	0,25	0,90	0,95	0,98
12	3	0,75	1,37	1,98	6,00	8,40	12,96
	4	1,34	1,60	2,05	5,17	6,60	9,07
	5	1,44	1,66	2,05	4,72	5,79	7,35
	6	1,46	1,67	2,04	4,41	5,31	6,61
	7	1,47	1,67	2,03	4,21	4,98	6,09
	8	1,47	1,66	2,02	4,06	4,75	5,71
	9	1,46	1,66	2,01	3,94	4,53	5,40
	10	1,47	1,65	2,00	3,87	4,37	5,11
	11	1,46	1,64	1,99	3,72	4,23	4,88
	12	1,47	1,64	1,99	3,62	4,07	4,68
13	3	0,72	1,34	1,99	5,88	8,16	12,45
	4	1,31	1,60	2,06	5,10	6,45	8,82
	5	1,45	1,67	2,07	4,71	5,75	7,32
	6	1,48	1,68	2,07	4,43	5,30	6,49
	7	1,49	1,68	2,06	4,23	4,96	6,02
	8	1,49	1,68	2,04	4,06	4,73	5,63
	9	1,49	1,68	2,03	3,94	4,55	5,32
	10	1,49	1,68	2,03	3,83	4,37	5,11
	11	1,49	1,68	2,02	3,74	4,23	4,90
	12	1,49	1,67	2,01	3,65	4,09	4,73
	13	1,49	1,67	2,01	3,57	3,97	4,51
14	3	0,57	1,25	1,93	5,56	7,69	11,56
	4	1,29	1,59	2,03	4,93	6,17	8,28
	5	1,46	1,67	2,05	4,58	5,54	6,96
	6	1,51	1,69	2,05	4,33	5,12	6,27
	7	1,52	1,69	2,04	4,15	4,82	5,75
	8	1,52	1,69	2,03	4,03	4,61	5,47
	9	1,52	1,69	2,03	3,90	4,45	5,18
	10	1,51	1,68	2,02	3,78	4,30	4,94
	11	1,51	1,68	2,01	3,71	4,20	4,79
	12	1,51	1,68	2,01	3,64	4,09	4,67
	13	1,51	1,68	2,00	3,55	3,98	4,51
	14	1,51	1,68	2,00	3,46	3,85	4,36
15	3	0,43	1,19	1,91	5,39	7,23	10,78
	4	1,26	1,59	2,03	4,78	5,95	7,94
	5	1,44	1,67	2,06	4,43	5,36	6,85
	6	1,50	1,69	2,06	4,22	4,97	6,19
	7	1,52	1,70	2,06	4,08	4,72	5,77
	8	1,52	1,70	2,05	3,95	4,57	5,40
	9	1,52	1,69	2,04	3,85	4,40	5,16
	10	1,52	1,69	2,04	3,76	4,26	4,95
	11	1,52	1,69	2,03	3,69	4,15	4,76
	12	1,52	1,69	2,02	3,62	4,08	4,62
	13	1,52	1,68	2,01	3,55	3,98	4,51
	14	1,51	1,69	2,01	3,49	3,89	4,39
	15	1,52	1,68	2,01	3,41	3,77	4,23

Таблица 70

N	r	$v_q^{0,95}$ при вероятности q					
		0,05	0,10	0,25	0,90	0,95	0,98
3	3	1,64	2,04	2,94	11,85	17,21	27,32
4	3	1,73	2,11	2,98	12,17	17,55	27,59
	4	1,69	2,04	2,78	8,40	10,88	15,06
5	3	1,79	2,16	3,00	12,07	17,36	28,30
	4	1,76	2,10	2,82	8,56	11,14	15,51
	5	1,74	2,06	2,72	7,06	8,68	11,14
6	3	1,83	2,20	2,99	11,53	16,66	26,85
	4	1,83	2,15	2,84	8,47	10,95	15,32
	5	1,81	2,12	2,76	7,08	8,82	11,58
	6	1,80	2,10	2,70	6,27	7,53	9,39
7	3	1,87	2,22	2,97	11,20	16,07	25,31
	4	1,88	2,19	2,86	8,39	10,80	14,80
	5	1,86	2,16	2,78	7,12	8,84	11,18
	6	1,84	2,14	2,72	6,33	7,61	9,40
	7	1,85	2,14	2,68	5,76	6,73	8,19
8	3	1,90	2,24	2,96	11,02	15,76	24,57
	4	1,91	2,22	2,87	8,19	10,74	15,22
	5	1,90	2,20	2,79	7,70	8,78	11,57
	6	1,89	2,18	2,75	6,35	7,67	9,43
	7	1,89	2,17	2,71	5,83	6,91	8,38
	8	1,89	2,17	2,69	5,44	6,29	7,50
9	3	1,93	2,26	2,95	10,71	15,33	23,80
	4	1,96	2,25	2,88	8,02	10,40	14,41
	5	1,95	2,23	2,80	6,90	8,59	11,05
	6	1,95	2,22	2,76	6,27	7,51	9,46
	7	1,94	2,21	2,73	5,86	6,91	8,40
	8	1,94	2,20	2,70	5,53	6,39	7,73
	9	1,95	2,19	2,68	5,72	6,00	7,09
10	3	1,91	2,26	2,91	10,24	14,50	23,00
	4	1,98	2,27	2,86	7,81	10,12	13,69
	5	1,97	2,24	2,80	6,87	8,39	11,00
	6	1,97	2,23	2,76	6,24	7,50	9,42
	7	1,96	2,22	2,73	5,79	6,83	8,29
	8	1,96	2,21	3,71	5,52	6,40	7,61
	9	1,96	2,21	2,69	5,23	6,01	7,12
	10	1,96	2,21	2,69	4,98	5,67	6,65
11	3	1,93	2,25	2,88	9,87	14,11	22,60
	4	2,01	2,27	2,83	7,71	10,03	14,44
	5	2,01	2,26	2,78	6,72	8,34	10,93
	6	2,00	2,24	2,74	6,16	7,42	9,39
	7	1,99	2,23	2,72	5,79	6,83	8,42
	8	1,99	2,22	2,70	5,46	6,38	7,65
	9	1,98	2,22	2,68	5,23	6,04	7,23
	10	2,00	2,22	2,67	5,03	5,75	6,73
	11	2,00	2,22	2,66	4,85	5,49	6,35

Продолжение табл. 70

N	r	$V_q^{0,95}$ при вероятности q					
		0,05	0,10	0,25	0,90	0,95	0,98
12	3	1,91	2,26	2,87	9,41	13,40	21,39
	4	2,02	2,28	2,84	7,42	9,56	13,27
	5	2,03	2,28	2,78	6,54	8,08	10,40
	6	2,02	2,27	2,75	5,97	7,22	9,00
	7	2,02	2,26	2,73	5,63	6,66	8,08
	8	2,01	2,25	2,71	5,36	6,27	7,49
	9	2,00	2,24	2,69	5,16	5,95	7,06
	10	2,01	2,23	2,67	4,99	5,67	6,63
	11	2,01	2,24	2,67	4,84	5,47	6,29
	12	2,02	2,24	2,66	4,68	5,26	6,00
13	3	1,92	2,27	2,88	9,23	13,11	20,76
	4	2,05	2,31	2,84	7,38	9,47	13,09
	5	2,06	2,30	2,81	6,57	8,04	10,25
	6	2,05	2,29	2,78	6,03	7,24	8,89
	7	2,05	2,28	2,75	5,65	6,68	8,10
	8	2,04	2,27	1,74	5,40	6,29	7,43
	9	2,04	2,27	2,72	5,17	6,00	6,99
	10	2,04	2,27	2,70	5,01	5,70	6,66
	11	2,04	2,27	2,70	4,87	5,50	6,36
	12	2,04	2,27	2,69	4,73	5,30	6,12
	13	2,05	2,27	2,68	4,61	5,12	5,80
14	3	1,92	2,26	2,84	8,84	12,73	19,14
	4	2,06	2,31	2,82	7,18	9,10	12,45
	5	2,08	2,31	2,79	6,38	7,82	9,93
	6	2,08	2,30	2,76	5,91	7,07	8,71
	7	2,07	2,29	2,73	5,58	6,53	7,78
	8	2,07	2,28	2,72	5,35	6,16	7,30
	9	2,07	2,28	2,71	5,14	5,88	6,92
	10	2,06	2,27	2,70	4,98	5,65	6,49
	11	2,07	2,28	2,69	4,86	5,48	6,26
	12	2,07	2,28	2,68	4,73	5,31	6,06
	13	2,07	2,29	2,68	4,61	5,14	5,80
	14	2,08	2,28	2,66	4,48	4,97	5,60
15	3	1,88	2,24	2,84	8,75	12,22	18,38
	4	2,06	2,31	2,83	7,00	8,90	11,93
	5	2,09	2,32	2,80	6,25	7,64	9,79
	6	2,09	2,31	2,79	5,79	6,91	8,55
	7	2,08	2,30	2,76	5,50	6,41	7,90
	8	2,08	2 29	2,74	5,29	6,10	7,26
	9	2,07	2,29	2,73	5,11	5,81	6,87
	10	2,07	2,28	2,72	4,96	5,61	6,50
	11	2,07	2,28	2,70	4,84	5,43	6,22
	12	2,07	2,28	2,70	4,73	5,31	6,00
	13	2,07	2,28	2,69	4,63	5,17	5,88
	14	2,07	2,28	2,68	4,53	5,02	5,66
	15	2,08	2,28	2,68	4,43	4,88	5,46

Таблица 71

N	r	$V_q^{0,99}$ при вероятности q					
		0,05	0,10	0,25	0,90	0,95	0,98
3	3	2,75	3,32	4,63	18,15	26,71	42,07
4	3	2,87	3,44	4,74	19,38	27,97	43,72
	4	2,82	3,31	4,38	12,79	16,62	23,12
5	3	2,95	3,47	4,80	19,73	28,71	46,68
	4	2,86	3,37	4,44	13,31	17,41	24,31
	5	2,87	3,32	4,28	10,75	13,23	16,87
6	3	3,02	3,55	4,80	19,28	28,02	45,73
	4	2,96	3,45	4,49	13,49	17,54	24,27
	5	2,94	3,38	4,33	10,96	13,67	17,96
	6	2,94	3,39	4,25	9,49	11,41	14,37
7	3	3,11	3,61	4,81	19,27	27,76	44,93
	4	3,04	3,49	4,52	13,53	17,47	23,96
	5	3,00	3,44	4,37	11,20	13,91	17,78
	6	3,01	3,41	4,26	9,75	11,74	14,36
	7	3,02	3,43	4,21	8,75	10,20	12,38
8	3	3,12	3,65	4,82	19,24	27,78	44,29
	4	3,07	3,53	4,54	13,42	17,64	25,03
	5	3,05	3,47	4,39	11,12	13,92	18,42
	6	3,04	3,45	4,30	9,82	11,87	14,78
	7	3,06	3,47	4,24	8,92	10,52	12,89
	8	3,08	3,47	4,20	8,27	9,52	11,35
9	3	3,20	3,66	4,81	19,00	27,91	43,02
	4	3,12	3,56	4,56	13,28	17,57	24,34
	5	3,10	3,52	4,40	10,98	13,78	17,99
	6	3,10	3,52	4,32	9,82	11,78	14,84
	7	3,10	3,61	4,27	9,06	10,66	12,96
	8	3,12	3,50	4,24	8,44	9,75	11,85
	9	3,17	3,50	4,20	7,90	9,04	10,71
10	3	3,20	3,68	4,77	18,61	27,05	43,21
	4	3,16	3,60	4,53	13,12	17,17	23,48
	5	3,13	3,54	4,41	11,05	13,70	17,82
	6	3,11	3,51	4,33	9,81	11,86	15,01
	7	3,12	3,50	4,28	8,99	10,66	13,03
	8	3,15	3,50	4,23	8,49	9,88	11,69
	9	3,16	3,51	4,21	7,97	9,17	10,82
	10	3,19	3,53	4,18	7,57	8,57	10,03
11	3	3,22	3,67	4,75	18,19	26,45	43,82
	4	3,16	3,58	4,53	13,02	17,25	24,97
	5	3,15	3,55	4,39	10,99	13,66	18,13
	6	3,14	3,52	4,30	9,79	11,86	15,02
	7	3,16	3,51	4,26	9,03	10,72	13,30
	8	3,16	3,51	4,23	8,43	9,86	11,88
	9	3,17	3,51	4,20	8,02	9,24	11,08
	10	3,20	3,53	4,18	7,67	8,73	10,20
	11	3,24	3,55	4,17	7,36	8,31	9,57

Продолжение табл. 71

N	r	$V_q^{0,99}$ при вероятности q					
		0,05	0,10	0,25	0,90	0,95	0,98
12	3	3,28	3,72	4,77	17,59	25,73	41,44
	4	3,22	3,62	4,52	12,72	16,60	23,41
	5	3,19	3,58	4,59	10,68	13,37	17,35
	6	3,19	3,55	4,31	9,61	11,60	14,59
	7	3,28	3,54	4,27	8,85	10,55	12,65
	8	3,18	3,54	4,24	8,34	9,75	11,64
	9	3,18	3,53	4,21	7,98	9,18	10,90
	10	3,20	3,54	4,18	7,66	8,68	10,17
	11	3,23	3,55	4,17	7,37	8,31	9,53
	12	3,27	3,57	4,17	7,09	7,96	9,03
13	3	3,30	3,74	4,78	17,58	25,37	40,28
	4	3,25	3,66	4,58	12,81	16,56	23,73
	5	3,22	3,60	4,43	10,86	13,47	17,15
	6	3,21	3,57	4,35	9,71	11,72	14,47
	7	3,21	3,57	4,30	8,97	10,61	13,04
	8	3,22	3,57	4,28	8,46	9,88	11,74
	9	3,23	3,56	4,25	8,02	9,27	10,88
	10	3,24	3,57	4,23	7,72	8,80	10,25
	11	3,25	3,58	4,22	7,46	8,42	9,65
	12	3,27	3,60	4,21	7,21	8,03	9,27
	13	3,30	3,61	4,20	6,99	7,75	8,76
14	3	3,30	3,75	4,75	17,23	25,09	39,16
	4	3,28	3,68	4,52	12,48	16,19	22,41
	5	3,25	3,62	4,40	10,64	13,22	16,89
	6	3,24	3,58	4,33	9.59	11,55	14,29
	7	3,23	3,58	4,28	8,88	10,47	12,51
	8	3,24	3,58	4,25	8,40	9,71	11,54
	9	3,25	3,58	4,23	8,00	9,17	10,81
	10	3,26	3,58	4,22	7,71	8,72	10,06
	11	3,28	3,60	4,20	7,46	8,42	9,61
	12	3,31	3,61	4,20	7,25	8,11	9,25
	13	3,31	3,62	4,19	7,03	7,82	8,81
	14	3,34	3,63	4,17	9,81	7,49	8,45
15	3	3,34	3,77	4,78	17,15	24,54	38,14
	4	3,29	3,69	4,55	12,41	15,96	21,82
	5	3,28	3,64	4,42	10,56	12,94	16,99
	6	3,26	3,61	4,37	9,45	11,38	14,24
	7	3,25	3,59	4,31	8,81	10,31	12,84
	8	3,25	3,59	4,27	8,36	9,36	11,58
	9	3,26	3,58	4,26	8,00	9,11	10,79
	10	3,27	3,59	4,24	7,71	8,72	10,06
	11	3,26	3,59	4,21	7,48	8,37	9,61
	12	3,29	3,61	4,21	7,29	8,17	9,24
	13	3,30	3,61	4,20	7,09	7,89	8,92
	14	3,32	3,62	4,19	6,92	7,63	8,59
	15	3,35	3,62	4,19	6,70	7,37	8,24

Таблица 72

m	Квантили t-распределения при P									m
	0,75	0,90	0,95	0,975	0,990	0,995	0,9975	0,999	0,9995	
1	1,0000	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567	127,3213	318,3088	636,6192	1
2	0,8165	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248	14,0890	22,3271	31,5991	2
3	7649	6377	3534	3,1824	4,5407	5,8409	7,4533	10,2145	12,9240	3
4	7407	5332	1318	2,7764	3,7469	4,6041	5,5976	7,1732	8,6103	4
5	7267	4759	0150	5706	3649	0321	4,7733	5,8934	6,8688	5
6	0,7176	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	4,3168	5,2076	5,9588	6
7	7111	4149	8946	3646	2,9980	4995	0293	4,7853	4079	7
8	7064	3968	8595	3060	8965	3554	3,8325	5008	0413	8
9	7027	3830	8331	2622	8214	2498	6897	2968	4,7809	9
10	6998	3722	8125	2281	7638	1693	5814	1437	5869	10
11	0,6974	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	3,4966	4,0247	4,4370	11
12	6955	3562	7823	1788	6810	0545	4284	3,9296	3178	12
13	6938	3502	7709	1604	6503	0123	3725	8520	2208	13
14	6924	3450	7613	1448	6245	2,9768	3257	7874	1405	14
15	6912	3406	7530	1314	6025	9467	2860	7328	0728	15
16	0,6901	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	3,2520	3,6862	4,0150	16
17	6892	3334	7396	1098	5669	8982	2224	6458	3,9651	17
18	6884	3304	7341	1009	5524	8784	1966	6105	9216	18
19	6876	3277	7291	0930	5395	8609	1737	5794	8834	19
20	6870	3253	7247	0860	5280	8453	1534	5518	8495	20
21	0,6864	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314	3,1352	3,5272	3,8193	21
22	6858	3212	7171	0739	5083	8188	1188	5050	7921	22
23	0,6853	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,1040	3,4850	3,7676	23
24	6848	3178	7109	0639	4922	7969	0905	4668	7455	24
25	6844	3163	7081	0595	4851	7874	0782	4502	7251	25
26	0,6840	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,0669	3,4350	3,7066	26
27	6837	3137	7033	0518	4727	7707	0565	4210	6896	27
28	6834	3125	7011	0484	4671	7633	0469	4082	6739	28
29	6830	3114	6991	0452	4620	7564	0380	3962	6594	29
30	6828	3104	6973	0423	4573	7500	0298	3852	6460	30

Продолжение табл. 72

m	Квантили t-распределения при P									m
	0,75	0,90	0,95	0,975	0,990	0,995	0,9975	0,999	0,9995	
32	0,6822	1,3086	1,6939	2,0369	2,4487	2,7385	3,0149	3,3653	3,6218	32
34	6818	3070	6909	0322	4411	7284	0020	3479	6007	34
36	6814	3055	6883	0281	4345	7195	2,9905	3326	5821	36
38	6810	3042	6860	0244	4286	7116	9803	3190	5657	38
40	6807	3031	6839	0211	4233	7045	9712	3069	5510	40
42	0,6804	1,3020	1,6820	2,0181	2,4185	2,6981	2,9630	3,2960	3,5377	42
44	6801	3011	6802	0154	4141	6923	9555	2861	5258	44
46	6799	3002	6787	0129	4102	6870	9488	2771	5150	46
48	6796	2994	6772	0106	4066	6822	9426	2689	5051	48
50	6794	2987	6759	0086	4033	6778	9370	2614	4960	50
55	0,6790	1,2971	1,6730	2,0040	2,3961	2,6682	2,9247	3,2561	3,4764	55
60	6786	2958	6706	0003	3901	6603	9146	2317	4602	60
65	6783	2947	6686	1,9971	3851	6536	9060	2204	4466	65
70	6780	2938	6669	9944	3808	6479	8987	2108	4350	70
80	6776	2922	6641	9901	3739	6387	8870	1953	4163	80
90	0,6772	1,2910	1,6620	1,9867	2,3685	2,6316	2,8779	3,1833	3,4019	90
100	6770	2901	6602	9840	3642	6259	8707	1737	3905	100
120	6765	2886	6577	9799	3578	6174	8599	1595	1735	120
150	0,6761	1,2872	1,6551	1,9759	2,3515	2,6090	2,8492	3,1455	3,3566	150
200	6757	2858	6525	9719	3451	6006	8385	1315	3398	200
250	0,6755	1,2849	1,6510	1,9695	2,3414	2,5956	2,8322	3,1232	**3,3299**	250
300	6753	2844	6499	9679	3388	5923	8279	1176	**3233**	300
400	6751	2837	6487	9659	3357	5882	8227	1107	**3150**	400
500	6750	2832	6479	9647	3338	5857	8195	1066	3101	500
∞	6745	2816	6449	**9600**	**3263**	5758	8070	0902	2905	∞

Значения $K_1(\gamma, q, m)$

m	$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}75$				$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}90$				$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}95$				$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}99$			
	Доверительная вероятность q															
	0,975	0,90	0,95	0,99	0,975	0,90	0,95	0,99	0,975	0,90	0,95	0,99	0,975	0,90	0,95	0,99
3	1,464	2,501	3,152	4,396	2,602	4,258	5,310	7,340	3,804	6,158	7,655	10,552				
4	1,256	2,134	2,680	3,726	1,972	3,187	3,957	5,437	2,619	4,163	5,145	7,042				
5	1,152	1,961	2,463	3,421	1,698	2,742	3,400	4,666	2,149	3,407	4,202	5,741				
6	1,087	1,860	2,336	3,243	1,540	2,494	3,091	4,242	1,895	3,006	3,707	5,062	2,849	4,408	5,409	7,334
7	1,043	1,791	2,250	3,126	1,435	2,333	2,894	3,972	1,732	2,755	3,399	4,641	2,490	3,856	4,730	6,411
8	1,010	1,740	2,192	3,042	1,360	2,219	2,755	3,783	1,617	2,582	3,188	4,353	2,252	3,496	4,287	5,811
9	0,984	1,702	2,141	2,977	1,302	2,133	2,649	3,641	1,532	2,454	3,031	4,143	2,085	3,242	3,971	5,389
10	0,964	1,671	2,103	2,927	1,257	2,065	2,568	3,532	1,465	2,355	2,911	3,981	1,954	3,048	3,739	5,075
11	0,947	1,646	2,073	2,885	1,219	2,012	2,503	3,444	1,411	2,275	2,815	3,852	1,854	2,897	3,557	4,828
12	0,933	1,624	2,048	2,851	1,188	1,966	2,448	3,371	1,366	2,210	2,736	3,747	1,771	2,773	3,410	4,633
13	0,919	1,606	2,026	2,822	1,162	1,928	2,403	3,310	1,329	2,155	2,670	3,659	1,702	2,677	3,290	4,472
14	0,909	1,591	2,007	2,796	1,139	1,895	2,363	3,257	1,296	2,108	2,614	3,585	1,645	2,592	3,189	4,336
15	0,899	1,577	1,991	2,776	1,119	1,866	2,329	3,212	1,268	2,068	2,566	3,520	1,596	2,521	3,102	4,224
16	0,891	1,566	1,977	2,756	1,101	1,842	2,299	3,172	1,242	2,032	2,523	3,463	1,553	2,458	3,028	4,124
17	0,883	1,554	1,964	2,739	1,085	1,820	2,272	3,136	1,220	2,001	2,486	3,415	1,514	2,405	2,962	4,038
18	0,876	1,544	1,951	2,723	1,071	1,800	2,249	3,106	1,200	1,974	2,453	3,370	1,481	2,357	2,905	3,961
19	0,870	1,536	1,942	2,710	1,058	1,781	2,228	3,078	1,183	1,949	2,423	3,331	1,450	2,315	2,855	3,893
20	0,865	1,528	1,933	2,697	1,046	1,765	2,208	3,052	1,167	1,926	3,396	3,295	1,424	2,275	2,807	3,832
21	0,859	1,520	1,923	2,686	1,035	1,750	2,190	3,028	1,152	1,905	2,371	3,262	1,397	2,241	2,768	3,776
22	0,854	1,514	1,916	2,675	1,025	1,736	2,174	3,007	1,138	1,887	2,350	3,233	1,376	2,208	2,729	3,727
23	0,849	1,508	1,907	2,665	1,016	1,724	2,159	2,987	1,126	1,869	2,329	3,206	1,355	2,179	2,693	3,680
24	0,845	1,502	1,901	2,656	1,007	1,712	2,145	2,969	1,114	1,853	2,309	3,181	1,336	2,154	2,663	3,638
25	0,842	1,496	1,895	2,647	0,999	1,702	2,132	2,952	1,103	1,838	2,292	3,158	1,319	2,129	2,632	3,601

Продолжение табл. 73

m	$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}75$				$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}90$				$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}95$				$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}99$			
	Доверительная вероятность q															
	0,975	0,90	0,95	0,99	0,975	0,90	0,95	0,99	0,975	0,90	0,95	0,99	0,975	0,90	0,95	0,99
30	0,825	1,475	1,869	2,613	0,966	1,657	2,080	2,884	1,059	1,778	2,220	3,064	1,249	2,029	2,516	3,446
35	0,812	1,458	1,849	2,588	0,942	1,623	2,041	2,833	1,025	1,732	2,166	2,994	1,195	1,957	2,431	3,334
40	0,803	1,445	1,834	2,568	0,923	1,598	2,010	2,793	0,999	1,697	2,126	2,941	1,154	1,902	2,365	3,250
45	0,795	1,435	1,821	2,552	0,908	1,577	1,986	2,762	0,978	1,669	2,092	2,897	1,122	1,857	2,313	3,181
50	0,788	1,426	1,811	2,538	0,894	1,560	1,965	2,735	0,961	1,646	2,065	2,863	1,096	1,821	2,296	3,124

Примечание. Для $m>50$ $K_1(\gamma, q, m)=U_{\gamma/100}+U_q\sqrt{\frac{1}{m}\left(1+0{,}5U^2_{\gamma/100}\right)}$.

Таблица 74

Значения функции $\lambda(z)$

z	$\lambda(z)$	z	$\lambda(z)$	z	$\lambda(z)$	z	$\lambda(z)$
—4,00	0,0001	—2,00	0,0552	0,00	0,7979	2,00	2,3732
—3,95	0,0002	—1,95	0,0612	0,05	0,8300	2,05	2,4176
—3,90	0,0002	—1,90	0,0676	0,10	0,8626	2,10	2,4621
—3,85	0,0002	—1,85	0,0745	0,15	0,8958	2,15	2,5067
—3,80	0,0003	—1,80	0,0819	0,20	0,9294	2,20	2,5515
—3,75	0,0004	—1,75	0,0899	0,25	0,9636	2,25	2,5964
—3,70	0,0004	—1,70	0,0984	0,30	0,9982	2,30	2,6414
—3,65	0,0005	—1,65	0,1076	0,35	1,0332	2,35	2,6866
—3,60	0,0006	—1,60	0,1174	0,40	1,0688	2,40	2,7319
—3,55	0,0007	—1,55	0,1277	0,45	1,1047	2,45	2,7773
—3,50	0,0009	—1,50	0,1388	0,50	1,1411	2,50	2,8227
—3,45	0,0010	—1,45	0,1505	0,55	1,1779	2,55	2,8684
—3,40	0,0012	—1,40	0,1629	0,60	1,2150	2,60	2,9141
—3,35	0,0015	—1,35	0,1760	0,65	1,2526	2,65	2,9598
—3,30	0,0017	—1,30	0,1897	0,70	1,2905	2,70	3,0058
—3,25	0,0020	—1,25	0,2042	0,75	1,3288	2,75	3,0519
—3,20	0,0024	—1,20	0,2194	0,80	1,3674	2,80	3,0977
—3,15	0,0028	—1,15	0,2354	0,85	1,4064	2,85	3,1441
—3,10	0,0033	—1,10	0,2520	0,90	1,4456	2,90	3,1906
—3,05	0,0038	—1,05	0,2694	0,95	1,4852	2,95	3,2366
—3,00	0,0044	—1,00	0,2876	1,00	1,5251	3,00	3,2832
—2,95	0,0052	—0,95	0,3065	1,05	1,5653	3,05	3,3311
—2,90	0,0060	—0,90	0,3261	1,10	1,6058	3,10	3,3764
—2,85	0,0069	—0,85	0,3465	1,15	1,6465	3,15	3,4244
—2,80	0,0079	—0,80	0,3676	1,20	1,6875	3,20	3,4694
—2,75	0,0091	—0,75	0,3894	1,25	1,7288	3,25	3,5180
—2,70	0,0105	—0,70	0,4119	1,30	1,7703	3,30	3,5642
—2,65	0,0120	—0,65	0,4352	1,35	1,8121	3,35	3,6121
—2,60	0,0136	—0,60	0,4591	1,40	1,8540	3,40	3,6565
—2,55	0,0155	—0,55	0,4838	1,45	1,8963	3,45	3,7069
—2,50	0,0176	—0,50	0,5092	1,50	1,9387	3,50	3,7527
—2,45	0,0200	—0,45	0,5352	1,55	1,9813	3,55	3,8002
—2,40	0,0226	—0,40	0,5619	1,60	2,0241	3,60	3,8464
—2,35	0,0255	—0,35	0,5892	1,65	2,0672	3,65	3,8964
—2,30	0,0286	—0,30	0,6172	1,70	2,1104	3,70	3,9425
—2,25	0,0321	—0,25	0,6458	1,75	2,1538	3,75	3,9924
—2,20	0,0360	—0,20	0,6751	1,80	2,1973	3,80	4,0360
—2,15	0,0402	—0,15	0,7049	1,85	2,2410	3,85	4,0891
—2,10	0,0448	—0,10	0,7353	1,90	2,2849	3,90	4,1376
—2,05	0,0498	—0,05	0,7663	1,95	2,3290	3,95	4,1842
						4,00	4,2310

Таблица 75

Значения коэффициента $K_2(N, m)$

N	m							
	2	3	4	5	6	7	8	9
4	3,428							
5	4,444							
6	5,454	4,864						
7	6,461	5,887						
8	7,466	6,904	6,303					
9	8,470	7,916	7,330					
10	9,473	8,925	8,351	7,744				
11	10,476	9,933	9,367	8,773				
12	11,478	10,939	10,380	9,797	9,185			
13	12,480	11,944	11,390	10,816	10,216			
14	13,481	12,948	12,399	11,831	11,242	10,626		
15	14,482	13,952	13,406	12,844	12,263	11,659		
16	15,483	14,955	14,413	13,856	13,281	12,686	12,068	
17	16,484	15,958	15,419	14,865	14,296	13,709	13,102	
18	17,485	16,960	16,424	15,874	15,310	14,729	14,130	13,510
19	18,486	17,962	17,428	16,881	16,321	15,747	15,155	14,544
20	19,487	18,964	18,432	17,888	17,332	16,762	16,177	15,574
21	20,487	19,966	19,435	18,894	18,341	17,775	17,195	16,600
22	21,488	20,968	20,438	19,899	19,349	18,787	18,212	17,623
23	22,488	21,969	21,441	20,904	20,356	19,798	19,227	18,643
24	23,489	22,970	22,444	21,908	21,363	20,808	20,241	19,662
25	24,489	23,972	23,446	22,912	22,369	21,817	21,253	20,678
	10	11	12	13	14	15	16	17
26	21,110	20,515	19,905	19,279				
27	22,128	21,537	20,934	20,315				
28	23,144	22,558	21,960	21,348	20,722			
29	24,159	23,577	22,984	22,378	21,758			
30	25,173	24,594	24,005	23,405	22,791	22,164		
31	26,185	25,610	25,025	24,429	23,821	23,201		
32	27,197	26,625	26,044	25,452	24,849	24,234	23,606	
33	28,208	27,639	27,061	26,473	25,875	25,265	24,643	
34	29,218	28,651	28,076	27,492	26,898	26,294	25,677	25,049
35	30,227	29,663	29,091	28,510	27,920	27,320	26,709	26,086
36	31,236	30,674	30,105	29,527	28,940	28,344	27,738	27,121
37	32,244	31,685	31,118	30,543	29,959	29,367	28,765	28,152
38	33,252	32,694	32,130	31,557	30,977	30,388	29,790	29,182
39	34,259	33,703	33,141	32,571	31,993	31,408	30,813	30,209
40	35,266	34,712	34,151	33,584	33,009	32,426	31,835	31,235
41	36,272	35,720	35,161	34,596	34,023	33,443	32,855	32,259
42	37,278	36,728	36,171	35,607	35,037	34,460	33,875	33,282
43	38,284	37,735	37,180	36,618	36,050	35,475	34,893	34,303
44	39,290	38,742	38,188	37,628	37,062	36,489	35,910	35,323
45	40,295	39,748	39,196	38,638	38,074	37,503	36,926	36,342
46	41,300	40,754	40,204	39,647	39,085	38,516	37,941	37,359
47	42,305	41,760	41,211	40,656	40,095	39,528	38,956	38,376
48	43,309	42,766	42,218	41,664	41,105	40,540	39,969	39,392
49	44,314	43,771	43,224	42,672	42,114	41,551	40,982	40,407
50	45,318	44,776	44,230	43,679	43,123	42,562	41,995	41,422

Продолжение табл. 75

N	m							
	2	3	4	5	6	7	8	9
26	25,490	24,973	24,448	23,916	23,375	22,,825	22,264	21,693
27	26,490	25,974	25,450	24,919	24,380	23,832	23,274	22,707
28	27,490	26,975	26,452	25,922	25,385	24,389	24,284	23,719
29	28,491	27,976	27,454	26,925	26,399	25,845	25,292	24,731
30	29,491	28,977	28,456	27,928	27,393	26,851	26,300	25,741
31	30,491	29,977	29,457	28,930	28,397	27,856	27,308	26,751
32	31,492	30,978	30,458	29,933	29,400	28,861	28,314	27,760
33	32,492	31,979	31,460	30,935	30,404	29,866	29,321	28,768
34	33,492	32,979	32,461	31,937	31,407	30,870	30,327	29,776
35	34,492	33,980	33,462	32,939	32,410	31,874	31,332	30,783
36	35,492	34,980	34,463	33,941	33,412	32,878	32,337	31,790
37	36,493	35,981	35,464	34,942	34,415	33,882	33,342	32,797
38	37,493	36,981	36,465	35,944	35,417	34,885	34,347	33,803
39	38,493	37,982	37,466	36,945	36,419	35,888	35,351	34,808
40	39,493	38,982	38,467	37,947	37,422	36,891	36,355	35,814
41	40,493	39,983	39,468	38,948	38,424	37,894	37,359	36,819
42	41,493	40,983	40,469	39,949	39,426	38,897	38,363	37,823
43	42,494	41,984	41,469	40,951	40,427	39,899	39,366	38,828
44	43,494	42,984	42,470	41,952	41,429	40,902	40,370	39,832
45	44,494	43,984	43,471	42,953	42,431	41,904	41,373	40,836
46	45,494	44,985	44,471	43,954	43,432	42,906	42,376	41,840
47	46,494	45,985	45,472	44,955	44,434	43,908	43,379	42,844
48	47,494	46,985	46,473	45,956	45,435	44,910	44,381	43,848
49	48,494	47,986	47,473	46,957	46,437	45,912	45,384	44,851
50	49,494	48,986	48,474	47,958	47,438	46,914	46,386	45,854

Примечание.

$$K_2(N,m)=m/\sum_{i=0}^{m-1}\frac{1}{N-i}$$ или

$$K_2(N,m)\cong\{[(N+1)/(N-m+1)]^{1/m}-1\}^{-1}$$

Таблица 76

Значения $z_1(v)$ и $z_2(v)$

v	$z_1(v)$	$z_2(v)$
0,10	0,957	11,65
0,15	0,941	7,92
0,20	0,927	6,00
0,25	0,913	4,50
0,30	0,903	3,68

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
Справочное

ПРИМЕРЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ИСПЫТАНИЙ И ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Пример 1. Для плана испытаний [NUN] определить число N объектов испытаний, чтобы с доверительной вероятностью $q=0{,}90$ предельная относительная ошибка ε в определении среднего ресурса не превышала 0,10. Предполагается, что ресурс распределен нормально с коэффициентом вариации $v=0{,}20$.

Решение. В соответствии с п. 1.1 приложения 4 по табл. 5 для $q=0{,}90$; $\varepsilon=0{,}10$; $v=0{,}20$ находим N=8.

По результатам испытаний 8 объектов получен коэффициент вариации $\hat{v}_1=0{,}25$.

В соответствии с п. 1.3 приложения 4 определяем дополнительное число объектов, которые необходимо поставить на испытание. Для $q=0{,}90$; $\varepsilon=0{,}10$; $v=0{,}25$ по табл. 5 находим N=12. Следовательно, на испытания необходимо дополнительно поставить 4 объекта.

По результатам испытаний 12 объектов получен коэффициент вариации $\hat{v}_2=0{,}23$. Так как $\hat{v}_2<0{,}25$, то перепланирование не требуется.

Пример 2. Для плана испытаний [NUN] определить число N объектов испытаний, чтобы с доверительной вероятностью $q=0{,}80$ предельная относительная ошибка ε в определении средней наработки до отказа для объема совокупности M, равного 40, не превышала 0,15. Предполагается, что наработка до отказа имеет распределение Вейбулла с коэффициентом вариации $v=0{,}5$.

Решение. В соответствии с п. 1.1 приложения 4 по табл. 17 ($M=40$) для $q=0{,}80$; $\varepsilon=0{,}15$; $v=0{,}5$ находим N=3.

По результатам испытаний 3 объектов получен коэффициент вариации $\hat{v}_1=0{,}4$ Перепланирование не требуется.

Пример 3. Для плана испытаний [NUr] определить число N объектов испытаний, чтобы с доверительной вероятностью $q=0{,}80$ предельная относительная ошибка ε в определении 90 %-ного ресурса не превышала 0,20. Предполагается, что распределение ресурса логарифмически нормальное с коэффициентом вариации $v=0{,}4$, относительная продолжительность испытаний $\varkappa=0{,}9$.

Решение. В соответствии с п. 2.3 приложения 4 по табл. 25 для

$$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}90;$$

$q=0{,}80$; $\varepsilon=0{,}20$ и $v=0{,}4$ находим число r предельных состояний, равное 8.

В соответствии с п. 2.4 приложения 4 находим объем выборки N из условия $\varkappa=0{,}9$; значение $\Phi_0(x)$ находим по табл. 60 приложения 9.

$$N=\left\{\frac{r}{\Phi_0[\ln\varkappa/\sqrt{\ln(v^2+1)}]}\right\}=\left\{\frac{8}{\Phi_0[\ln 0{,}9/\sqrt{\ln(0{,}16+1)}]}\right\}=25\ .$$

Пример 4. Для плана испытаний [NUT] определить число N объектов испытаний, чтобы с доверительной вероятностью $q=0{,}90$ предельная относительная ошибка ε в определении средней наработки до отказа не превышала 0,20. Предполагается, что распределение наработки до отказа нормальное с коэффициентом вариации, равным 0,20, относительная продолжительность испытаний $\varkappa=1$.

Решение. В соответствии с п. 3.1 приложения 4 по табл. 5 для $q=0{,}90$; $\varepsilon=0{,}20$; $v=0{,}20$ находим прогнозируемое число отказов r, равное 4. Для найденного значения r определяем объем выборки N по формуле п. 2.2 приложения 3 из условия $\varkappa=1$.

$$N=\left\{\frac{r}{\Phi_0\left(\frac{\varkappa-1}{v}\right)}\right\}=\left\{\frac{4}{\Phi_0\left(\frac{1-1}{0{,}2}\right)}\right\}=8.$$

Пример 5. Для плана испытаний [NUr] определить число N объектов испытаний, чтобы с доверительной вероятностью $q=0{,}80$ определить 90 %-ный ресурс объектов. Установленное число r предельных состояний равно 20.

Решение. В соответствии с п. 2.6 приложения 4 по табл. 26 для $q=0{,}80$;

$$\frac{\gamma\%}{100}=0{,}90$$

и $r=20$ находим $N=200$.

Пример 6. Для плана испытаний [NMT] определить число N объектов испытаний, чтобы с доверительной вероятностью $q=0{,}8$ предельная относительная ошибка ε в определении средней наработки на отказ не превышала 0,2. Предполагается, что наработка между отказами распределяется экспоненциально.

Решение. В соответствии с п. 4.3 приложения 4 по табл. 27 для $q=0{,}8$ и $\varepsilon=0{,}2$ определим прогнозируемое число отказов r, равное 29. Объем выборки N находим, полагая $\varkappa=2$:

$$N=\left\{\frac{r}{\varkappa}\right\}=\left\{\frac{29}{2}\right\}=14.$$

Для $\varkappa=0{,}5$ объем выборки N равен

$$N=\left\{\frac{r}{\varkappa}\right\}=\left\{\frac{29}{0{,}5}\right\}=58.$$

Пример 7. Для плана [NMr] определить число отказов, чтобы с доверительной вероятностью $q=0{,}8$ предельная относительная ошибка в определении коэффициента готовности не превышала 0,10. Коэффициент вариации наработки между отказами равен 0,4; коэффициент вариации времени восстановления равен 0,6.

Решение. В соответствии с п. 4.2 приложения 4 по табл. 33 находим $q=0{,}8$; $\varepsilon=0{,}1$; $v=0{,}4$; $v_в=0{,}6$ находим $r=40$.

Пример 8. Для плана [NUN] определить объем выборки N, чтобы с доверительной вероятностью $q=0{,}9$ предельная относительная ошибка в оценке средней наработки до отказа не превышала $\varepsilon=0{,}15$. Коэффициент вариации равен 0,6. Закон распределения наработки до отказа неизвестен.

Решение. В соответствии с п. 5 приложения 4 находим объем выборки N для случаев, когда распределения наработки до отказа являются Вейбулловски и логарифмически нормальным. В соответствии с п. 1.1 приложения 4 по табл. 6 и табл. 8 находим $N=32$ и $N=25$.

Таким образом, объем выборки N равен 32.

Пример 9. Определить объем выборки N при биноминальных испытаниях для оценки нижней доверительной границы вероятности безотказной работы $\underline{P}(T)$ за наработку T с доверительной вероятностью $q=0{,}80$ при допустимом числе отказавших изделий $d=5$. Ожидаемое значение $\underline{P}(T)=0{,}80$.

Решение. В соответствии с п. 3.5 приложения 4 объем выборки N определяют по табл. 28.

Для $\underline{P}(T)=0{,}80$; $q=0{,}80$ и $d=5$ объем выборки $N=38$.

Пример 10. По результатам испытаний по плану [NUz] получены следующие исходные данные для оценки показателей надежности:

10 выборочных значений наработки до отказа t (тыс. км): 25; 59; 61; 65; 79; 98; 109; 118; 153; 195;

10 выборочных значений наработки до цензурирования τ (10 изделий остались в работоспособном состоянии к моменту окончания испытаний): 36; 48; 71; 85; 88; 102; 129; 138; 156; 200.

Определить точечные оценки средней наработки до отказа $\hat{T}_{ср}$, вероятности безотказной работы за 72 ч $\hat{P}(72)$ и с доверительной вероятностью $q=0{,}8$ нижние доверительные границы $\underline{T}_{ср}$ и $\underline{P}(72)$.

Решение. В соответствии с п. 1.2 приложения 5 наработки до отказа и наработки до цензурирования выстраивают в общий вариационный ряд в порядке *неубывания наработок (наработки до цензурирования помечены *)*: 25; 36*; 48*; 52; 61; 65; 71*; 79; 85*; 88*; 98; 102*; 109; 118; 129*; 138*; 153; 156*; 195; 200*.

В соответствии с п. 1.2 приложения 5 вычисляют оценку функции распределения $\hat{F}(t)$:

$$\hat{F}(t_1)=\hat{F}(25)=1-\frac{N_1-1}{N_1}=1-\frac{20-1}{20}=0{,}050;$$

$$\hat{F}(t_2)=\hat{F}(52)=1-\frac{N_1-1}{N_1}\cdot\frac{N_2-1}{N_2}=1-\frac{20-1}{20}\cdot\frac{17-1}{17}=0{,}106;$$

$$\hat{F}(t_3)=\hat{F}(61)=1-\frac{N_1-1}{N_1}\cdot\frac{N_2-1}{N_2}\cdot\frac{N_3-1}{N_3}=1-\frac{20-1}{20}\cdot\frac{17-1}{17}\cdot\frac{16-1}{16}=0{,}162;$$

$$\hat{F}(t_4)=\hat{F}(65)=1-\frac{N_1-1}{N_1}\cdot\frac{N_2-1}{N_2}\cdot\frac{N_3-1}{N_3}\cdot\frac{N_4-1}{N_4}=1-$$

$$-\frac{(20-1)\cdot(17-1)\cdot(16-1)\cdot(15-1)}{20\cdot17\cdot16\cdot15}=0{,}218;$$

$$\hat{F}(t_5)=F(79)=1-\frac{N_1-1}{N_1}\cdot\frac{N_2-1}{N_2}\cdot\frac{N^3-1}{N_3}\cdot\frac{N_4-1}{N_4}\cdot\frac{N_5-1}{N_5}=1-$$

$$-\frac{(20-1)\cdot(17-1)\cdot(16-1)\cdot(15-1)\cdot(13-1)}{20\cdot17\cdot16\cdot15\cdot13}=0{,}278.$$

Аналогично подсчитывают:

$$F(t_6)=\hat{F}(98)=0{,}350;$$

$$\hat{F}(t_7)=\hat{F}(109)=0{,}431;$$

$$\hat{F}(t_8)=\hat{F}(118)=0{,}513;$$

$$\hat{F}(t_9)=\hat{F}(153)=0{,}634;$$

$$\hat{F}(t_{10})=\hat{F}(195)=0{,}817.$$

По формулам табл. 36 вычисляют точечные оценки $\hat{T}_{ср}$ и $\hat{P}(t)$:

$$\hat{T}_{ср}=\sum_{i=1}^{r}t_i[\hat{F}(t_i)-\hat{F}(t_{i-1})]+[1-\hat{F}(t_r)]\cdot z_{max};$$

Здесь

$$z_{max}=\max(195;\ 200)=200.$$

$$T_{ср}=25(0{,}050-0)+52(0{,}106-0{,}05)+61(0{,}162-0{,}106)+65(0{,}218-0{,}162)+$$
$$+79(0{,}278-0{,}218)+98(0{,}350-0{,}278)+109(0{,}431-0{,}350)+118(0{,}513-0{,}413)+$$
$$+153(0{,}634-0{,}513)+195(0{,}817-0{,}634)+200(1-0{,}817)=134\ \text{(тыс.км)}.$$

$$\widehat{P}(t)=\widehat{P}(72)=1-\widehat{F}(t_4)-d_2[\widehat{F}(t_5)-F(t_4)],$$

где $d_2=(72-65)/(79-65)=0{,}5;$

$$\widehat{P}(72)=1-0{,}218-0{,}5(0{,}278-0{,}218)=0{,}752.$$

По формулам табл. 37 вычисляют нижнюю доверительную границу для средней наработки до отказа:

$$\underline{T}_{ср}=T_{ср}-U_q\sqrt{\sum_{i=1}^{r}\frac{\Delta F(t_i)}{r}(t_i-T_{ср})^2}=134-0{,}85\sqrt{\frac{1}{10}[(25-134)^2\times}$$
$$\times 0{,}05+(52-134)^2\cdot 0{,}056+(61-134)^2\cdot 0{,}056+(65-134)^2\cdot 0{,}056+$$
$$+(79-134)^2\cdot 0{,}05+(98-134)^2\cdot 0{,}072+(109-134)^2\cdot 0{,}031+(118-134)^2\times$$
$$\times 0{,}1+(153-134)^2\cdot 0{,}121+(195-134)^2\cdot 0{,}183]=120\ \text{(тыс.км)}$$

По формулам табл. 37 вычисляют нижнюю доверительную границу для вероятности безотказной работы:

$$\underline{P}(72)=1-\overline{F}(t_4)-d_2[\overline{F}(t_5)-\overline{F}(t_4)];$$

$$\overline{F}(t_4)=\overline{F}(65)=\frac{\chi^2_{0,8}[2\cdot\{20\cdot 0{,}218\}+2]}{2\cdot 20-\{20\cdot 0{,}218\}+0{,}5\chi^2_{0,8}[2\cdot\{20\cdot 0{,}218\}+2]}=$$

$$=\frac{\chi^2_{0,8}(10)}{40-4+0{,}5\chi^2_{0,8}(10)}=\frac{13{,}447}{40-4+0{,}5\cdot 13{,}447}=0{,}315;$$

$$\overline{F}(t_5)=\overline{F}(79)=\frac{\chi^2_{0,8}[2\cdot\{20\cdot 0{,}278\}+2]}{2\cdot 20-\{20\cdot 0{,}278\}+0{,}5\chi^2_{0,8}[2\cdot\{20\cdot 0{,}278\}+2]}=$$

$$=\frac{\chi^2_{0,8}(13)}{40-5+0{,}5\chi^2_{0,8}(13)}=\frac{16{,}981}{40-5+0{,}5\cdot 16{,}981}=0{,}3901;$$

$$\underline{P}(72)=1-0{,}315-0{,}5(0{,}390-0{,}315)=0{,}647.$$

Пример 11. По результатам испытаний по плану [NUz] получены следующие исходные данные для оценки показателей надежности (основная экспериментальная информация): 5 выборочных значений наработки до отказа: 1,96; 2,92; 6,45; 8,84; 9,95 (час); 5 выборочных значений наработки до цензурирования: 1,78; 2,03; 9,21; 11,24; 16,9 (час).

Определить точечные и интервальные оценки средней наработки до отказа $T_{ср}$. Наработка до отказа подчиняется распределению Вейбулла.

Решение. Вычисления проводим в соответствии с п. 1 приложения 7.

Вычисляем точечные оценки параметров распределения в соответствии с приложением в следующей последовательности ($\varepsilon=0{,}01$):

Вычисляют коэффициент A:

$$A=\frac{\sum\limits_{i=1}^{r}\ln t_i}{r}=\frac{0{,}673+1{,}072+\ldots+2{,}2}{5}=1{,}617$$

вычисляют начальное приближение $\hat{b}_0$:

$$\hat{b}_0=\frac{r+1}{(A-\ln t_1)(0{,}23r+3{,}71)}=\frac{3}{(1{,}617-0{,}673)\cdot(0{,}23\cdot5+3{,}71)}\approx1{,}2;$$

вычисляют 1-е приближение $\hat{b}_1$:

$$\hat{b}_1=\frac{1}{\dfrac{\sum\limits_{i=1}^{r}\ln t_i\cdot t_i^{\hat{b}_0}+\sum\limits_{j=1}^{n}\ln\tau_j\tau_j^{\hat{b}_0}}{\sum\limits_{i=1}^{r}t_i^{\hat{b}_0}+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j^{\hat{b}_0}}-A}=1{,}49.$$

Аналогично вычисляют

$$\hat{b}_2=1{,}39;\ \hat{b}_3=1{,}44;\ \hat{b}_4=1{,}41;\ \hat{b}_5=1{,}42.$$

Так как $\left|\dfrac{\hat{b}_5-\hat{b}_4}{\hat{b}_4}\right|=0{,}007<0{,}01$, то в качестве оценки параметра $\hat{b}$ следует принять $\hat{b}_5=b=1{,}42$.

Вычисляют оценку параметра $\hat{a}$:

$$a=\left(\frac{\sum\limits_{i=1}^{r}t_i^{\hat{b}}+\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j^{\hat{b}}}{r}\right)^{1/\hat{b}}=(36{,}87)^{1/1{,}42}=12{,}68$$

Вычисляют точечную оценку средней наработки до отказа по формуле табл. 38 приложения 5

$$\hat{T}_{ср}=\hat{a}\Gamma(1+1/\hat{b})=12{,}68\cdot\Gamma(1+1/1{,}42)=11{,}53.$$

Вычисляют нижнюю одностороннюю границу средней наработки до отказа $T_{ср}$ по формуле табл. 48 приложения 5.

Значение V_q определяют по табл. 65 приложения 8 для

$$N=10 \text{ и } r=\{N\cdot[1-\hat{P}(t_5)]\}=\{10\cdot0{,}34\}=3.$$

$$V_q=V_{0,9}=0{,}66.$$

$$\underline{T}_{ср}=\hat{T}_{ср}\cdot exp\left(-\frac{V_q}{\hat{b}}\right)=11{,}53\cdot exp\left(-\frac{0{,}66}{1{,}42}\right)=7{,}24.$$

Пример 12. По результатам испытаний по плану [NUz] определить точечные и интервальные оценки с доверительной вероятностью $q=0{,}9$ средней наработки до отказа $T_{ср}$ и 90 %-ной наработки до отказа. Исходные данные — по примеру 11.

Наработка до отказа подчиняется нормальному распределению.

Решение. Вычисление проводим в соответствии с п. 2.2 приложения 5.

Вычисляем точечные оценки параметров в соответствии с приложением 7 в следующей последовательности. (Точность решения уравнений $\varepsilon_1=\varepsilon_2=0{,}05$).

Уравнения для вычисления оценок μ_0 и σ_0 имеют вид:

$$\hat{\sigma}_0=\frac{E-A\frac{D}{B}+\sqrt{\left(E-A\cdot\frac{D}{B}\right)+4r(C-A^2/B)}}{2r}=$$

$$=\frac{33-56{,}53\cdot 4/8{,}2+\sqrt{(33-56{,}53\cdot 4/8{,}2)^2+4\cdot 5(554{,}9-56{,}32^2/8{,}2}}{2\cdot 5}=6{,}31;$$

$$\hat{\mu}_0=\frac{A}{B}+\frac{D}{B}\hat{\sigma}_0=\frac{56{,}53}{8{,}2}+\frac{4}{8{,}2}\cdot 6{,}31=9{,}96.$$

Здесь $A=\sum\limits_{i=1}^{r} t_i+\lambda'(0)\sum\limits_{j=1}^{n}\tau_j=\sum\limits_{j=1}^{5} t_i+0{,}64\sum\limits_{j=1}^{5}\tau_j=$

$$=30{,}12+0{,}64\cdot 41{,}26=56{,}53;$$

$$B=r+\lambda'(0)\cdot n=5+0{,}64\cdot 5=8{,}2;$$

$$C=\sum_{i=1}^{r} t_i^2+0{,}64\sum_{j=1}^{n}\tau_j^2=\sum_{i=1}^{5} t_i^2+0{,}64\sum_{j=1}^{5}\tau_j^2=231{,}12+0{,}64\cdot 505{,}91=554{,}90;$$

$$D=\lambda(0)\cdot n=0{,}8\cdot n=0{,}8\cdot 5=4;$$

$$E=\lambda(0)\sum_{j=1}^{n}\tau_j=0{,}8\sum_{j=1}^{5}\tau_j=0{,}8\cdot 41{,}26=33{,}0.$$

Для вычисления первого приближения $\hat{\sigma}_1$ и $\hat{\mu}_1$ необходимо определить остаточный член Δ_1 линейного разложения $\lambda(x)$:

$$\Delta_1^1=\lambda\left(\frac{\tau_j-\hat{\mu}_0}{\hat{\sigma}_0}\right)-\lambda(0)-\lambda'(0)\cdot\frac{\tau_j-\hat{\mu}_0}{\hat{\sigma}_0}.$$

После подстановки значений $\hat{\mu}_0$, $\hat{\sigma}_0$ получаем (индекс τ при Δ опущен):

$$\Delta_1^1=\lambda\left(\frac{1{,}78-9{,}96}{6{,}31}\right)-0{,}8-0{,}64\cdot\frac{1{,}78-9{,}96}{6{,}31}=0{,}22$$

Аналогично вычисляем:

$$\Delta_2^1=\lambda\left(\frac{2{,}03-9{,}96}{6{,}31}\right)-0{,}8-0{,}64\cdot\frac{2{,}03-9{,}96}{6{,}31}=0{,}18;$$

$$\Delta_3^1=\lambda\left(\frac{9{,}31-9{,}96}{6{,}31}\right)-0{,}8-0{,}64\cdot\frac{9{,}31-9{,}96}{6{,}31}=0{,}00;$$

$$\Delta_4^1=\lambda\left(\frac{11{,}24-9{,}96}{6{,}31}\right)-0{,}8-0{,}64\cdot\frac{11{,}24-9{,}96}{6{,}31}=0{,}00;$$

$$\Delta_5^1=\lambda\left(\frac{16{,}9-9{,}96}{6{,}31}\right)-0{,}8-0{,}64\cdot\frac{16{,}9-9{,}96}{6{,}31}=0{,}07.$$

Вычисляем $\Delta_1 - \sum_{j=1}^{5} \Delta_j^1 = 0,47;$

$$F_1 = \sum_{j=1}^{5} \Delta_j^1 \tau_j = 0,22 \cdot 1,78 + 0,18 \cdot 2,03 + \ldots + 16,9 \cdot 0,07 = 1,94.$$

Подставляя полученные значения в уравнение относительно $\hat{\sigma}$, находим:

$$\hat{\sigma}_1 = \frac{\left(E - A\frac{D+\Delta_1}{B} + F_1\right) + \sqrt{\left(E - A\frac{D+\Delta_1}{B} + F_1\right)^2 + 4r\left(C - \frac{A^2}{B}\right)}}{2r} = 6,44;$$

$$\hat{\mu}_1 = \frac{A}{B} + \left(\frac{D+\Delta_1}{B}\right)\hat{\sigma}_1 = 10,4.$$

Проверяем достигнута ли требуемая точность

$$\left|\frac{\hat{\sigma}_1 - \hat{\sigma}_0}{\hat{\sigma}_1}\right| = \left|\frac{6,44 - 6,31}{6,44}\right| = 0,02 < 0,05;$$

$$\left|\frac{\hat{\mu}_1 - \hat{\mu}_0}{\hat{\mu}_1}\right| = \left|\frac{10,4 - 9,96}{10,4}\right| = 0,04 < 0,05.$$

Следовательно, точечные оценки $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$ равны: $\hat{\mu} = 10,4$; $\hat{\sigma} = 6,44$.

Необходимо подчеркнуть, что истинные (смоделированные) значения параметров были равны $\mu = 10$; $\sigma = 6,78$.

Вычисляют точечную и интервальную (нижнюю доверительную границу) оценки средней наработки до отказа $\hat{T}_{ср}$ и $\underline{T}_{ср}$ по формулам из табл. 38, 51:

$$\hat{T}_{ср} = \hat{\mu} = 10,4 \text{ (ч)};$$

$$\underline{T}_{ср} = \hat{\mu} - t_q(r-1)\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{r}} = 10,4 - t_{0,9}(5-1)\cdot\frac{6,44}{\sqrt{5}} =$$

$$= 10,4 - 1,5332 \cdot \frac{6,44}{\sqrt{5}} = 5,98 \text{ (ч)}.$$

Квантиль распределения Стьюдента t_q $(r-1)$ определяют по табл. 72.

Вычисляют точечную и интервальную (нижнюю доверительную границу) 90 % наработки до отказа $\hat{T}_{90\%}$ и $\underline{T}_{90\%}$ по формулам из табл. 38, 51:

$$\hat{T}_{90\%} = \hat{\mu} - U_\gamma \hat{\sigma} = 10,4 - U_{0,9} \cdot 6,44 = 10,4 - 1,282 \cdot 6,44 = 2,14 \text{ (ч)};$$

$$\underline{T}_{90\%} = \hat{T}_{ср} - K_1(\gamma, q, r)\hat{\sigma} = 10,4 - 2,742 \cdot 6,44 < 0.$$

Следовательно, $\underline{T}_{90\%} = 0$.

Значение U_γ определяют из табл. 66.

Значение $K_1(\gamma, q, r)$ определяют по табл. 73.

Пример 13. По результатам испытаний 10 восстанавливаемых изделий вычислить оценку средней наработки на отказ $\widehat{T}_0$. Испытания проводились по плану [NMT] в течение T=1000 ч, при этом было зафиксировано 6 отказов. Распределение наработки между отказами неизвестно.

Решение. В соответствии с п. 1.3 приложения 5 определяют суммарную наработку 10 изделий за время испытаний:

$$S=N\cdot T=10\cdot 1000=10000 \text{ (ч)}.$$

Вычисляют точечную оценку средней наработки на отказ:

$$\widehat{T}_0=\frac{S}{r}=\frac{10000}{6}=1667 \text{ (ч)}.$$

Вычисляют нижнюю доверительную границу средней наработки на отказ при доверительной вероятности $q=0{,}8$ по формулам табл. 46, 47

$$\underline{T}_0=\widehat{T}_0\,\frac{2r}{\chi^2_q(2r)}=1667\,\frac{2\cdot 6}{\chi^2_{0,8}(2\cdot 6)}=1667\,\frac{12}{\chi^2_{0,8}(12)}=$$

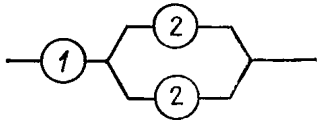
$$=1667\,\frac{12}{20{,}461}=978 \text{ (ч)}.$$

Пример 14. По результатам примера 13 вычислить оценку средней наработки на отказ, если за время испытаний отказов не наблюдалось.

Решение. Вычисляют нижнюю доверительную границу наработки на отказ по формулам табл. 46 и 47, значение r_0 определяют по табл. 66

$$\underline{T}_0=\frac{S}{r_0}=\frac{10000}{1{,}61}\approx 6200 \text{ (ч)}.$$

Пример 15. Определить точечную оценку и нижнюю доверительную границу вероятности безотказной работы технического объекта за 100 (ч). Структурная схема надежности объекта представлена на черт. 10. Доверительная вероятность $q=0{,}8$.



Черт. 10

Одинаковыми цифрами обозначены однотипные составные части.

Испытания объекта проводились по плану [NUT], N=3, T=300 ч.

Закон распределения наработок до отказа элементов объекта — экспоненциальный. Результаты испытаний объекта представлены в табл. 77.

Таблица 77

Результаты испытаний объекта

Номер объекта	Наработки до отказа в часах		
	элемента первого типа	элемента второго типа	объекта в целом
1	250	—	250
2	—	150, 280	280
3	—	250, 300	300

В качестве дополнительной информации о надежности элементов первого типа используют результаты автономных испытаний элемента в ужесточенном режиме.

За время испытаний произошло 3 отказа. Наработки отказавших элементов составили 100, 350, 200 (ч).

Отношение средних наработок до отказа в автономных и системных испытаниях элемента первого типа имеет вид:

$$K_2 = \frac{a_2}{a_1} = \frac{1}{2}.$$

В качестве дополнительной информации о надежности элементов второго типа используются результаты автономных испытаний элемента-прототипа. Испытания проводились по плану [NUT], N=8, T=400. Заведомо известно, что надежность прототипа не превосходит надежности элемента второго типа.

Решение. Объединенные (с использованием дополнительной информации) оценки показателей надежности элемента первого типа получают по формулам приложения 7 в условиях ТС-2*:

$$\hat{a}^0_{11} = \frac{830+2\cdot 2150}{1+3} = 1282{,}5; \quad \sqrt{D\left\{\hat{a}^0_{11}\right\}} = \sqrt{\frac{(1282{,}5)^2}{4}} = 641{,}25;$$

$$\hat{P}^0_{11}(100) = exp\left\{-\frac{100}{1282{,}5}\right\} = 0{,}93;$$

$$\underline{a}^0_{11} 1282{,}5 - 0{,}842 \cdot 641{,}25 = 742{,}57;$$

$$P^0_{\underline{1}1}(100) = exp\left\{-\frac{100}{742{,}57}\right\} = 0{,}87.$$

Объединенные оценки показателей надежности элементы второго типа получают по формулам приложения 7 в условиях ТС-4. При этом вначале получают точечные оценки средней наработки до отказа по основным и дополнительным данным:

$$\hat{a}_{21} = \frac{1480}{4} = 370;$$

$$\hat{a}_{22} = \frac{2400}{5} = 480.$$

Поскольку $\hat{a}_{22} > \hat{a}_{21}$, объединенная точечная оценка средней наработки до отказа вычисляется следующим образом

$$\hat{a}^0_{21} = \frac{1480+2400}{4+5} = 431{,}11.$$

Тогда

$$\hat{P}^0_{21}(100) = exp\left\{-\frac{100}{431{,}11}\right\} = 0{,}79$$

В соответствии с методами приложения 7 в условиях ТС-4 для определения нижней доверительной границы элемента второго типа, соответствующей доверительной вероятности $q=0{,}8$ определяют нижние доверительные границы по

* Здесь и далее первый индекс соответствует типу элемента.

основной и дополнительной информации отдельно с доверительной вероятностью

$$\sqrt{q} \approx 0{,}9.$$

В соответствии с приложением 5 вычисляют нижние доверительные границы для вероятности безотказной работы для экспоненциального распределения

$$\underline{P}_{21}(100)=0{,}58 \quad \underline{P}_{22}(100)=0{,}68.$$

Таким образом, объединенная интервальная оценка вероятности безотказной работы элемента второго типа, соответствующая доверительной вероятности 0,80, равна

$$\underline{P}^{0}_{21}(100)=0{,}68.$$

В соответствии со структурной схемой надежности функция связи вероятности безотказной работы объекта с вероятностями безотказной работы элементов имеет вид:

$$P_1=P_{11}[1-(1-P_{21})^2],$$

поэтому объединенная точечная оценка вероятности безотказной работы объекта имеет вид:

$$\widehat{P}^{0}_{1}=0{,}93[1-(1-0{,}79)^2]=0{,}89.$$

Интервальная оценка вероятности безотказной работы объекта определяется в соответствии с приложением 5 методом подстановки:

$$P^{0}_{1}=0{,}87[1-(1-0{,}68)^2]=0{,}78.$$

Пример 16. Определить нижнюю доверительную границу вероятности безотказной работы $\underline{P}(T)$ за наработку T с доверительной вероятностью $q=0{,}90$. При биноминальных испытаниях (по плану [NUT]) N=20 изделий зафиксировано 2 отказа.

Решение. В соответствии с п. 2.1 приложения 8 нижняя доверительная граница $\underline{P}(T)$ вероятности безотказной работы за наработку T равна:

$$\underline{P}(T)=exp[-\chi^2_q\ (2d+2)/2K_2(N,d+1)]=exp[-\chi^2_{0,9}(2\cdot 2+2)/2K_2(20;3)]=$$
$$=exp[-10{,}645/2\cdot 18{,}965]=0{,}755.$$

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН** Государственным комитетом СССР по стандартам

   ИСПОЛНИТЕЛИ:

   А. И. Кубарев, канд. техн. наук; **И. З. Аронов**, канд. техн. наук; **О. И. Тескин**, д-р техн. наук; **М. В. Журцев**, канд. техн. наук; **В. Ю. Мордвинов**, канд. техн. наук; **З. Г. Баталова**, канд. техн. наук; **Б. Ф. Кригер**; **И. Ю. Курский**; **Л. А. Лейфер**, канд. техн. наук; **И. В. Гоноскова**, канд. техн. наук; **И. В. Львова**; **В. П. Стрельников**, канд. техн. наук; **Э. К. Шахбазов**, канд. техн. наук; **И. В. Корольков**, д-р техн. наук; **Л. И. Королькова**; **А. С. Агапов**, канд. техн. наук; **В. М. Скрипник**, д-р техн. наук; **Ю. Г. Приходько**; **Н. О. Демидович**, канд. техн. наук; **А. Ф. Федухин**; **В. П. Чаган**; **Ф. И. Фишбейн**, канд. техн. наук; **С. Г. Бабаев**, д-р техн. наук

2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30.10.89 № 3259
3. Срок проверки — 1994 г.
4. **ВЗАМЕН** ГОСТ 27.201—81; ГОСТ 27.502—83; ГОСТ 27.503—81; ГОСТ 27.504—84

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Надежность в технике

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

РД 50—690—98

Редактор *Р. С. Федорова*
Технический редактор *М. И. Максимова*
Корректор *И. Л. Асауленко*

Сдано в наб. 05.12.89 Подп. в печ. 24.08.90 Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая 8,5 усл. п. л. 8,63 усл. кр.-отт. 8,78 уч.-изд. л. Тираж 33000 Цена 1 р. 80 к. Изд. № 450/4

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП Новопресненский пер., 3.
ская типография стандартов, ул. Московская, 256 Зак. 2330

gost.e-ecolog.ru