ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

# НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ. ИНТЕРВАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## РД 50–476–84

Цена 20 коп.

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1985

gost.e-ecolog.ru

**РАЗРАБОТАНЫ** Государственным комитетом СССР по стандартам
Министерством высшего и среднего специального образования СССР
Академией наук СССР
Министерством электротехнической промышленности
Министерством монтажных и специальных строительных работ СССР

**ИСПОЛНИТЕЛИ**

**Н. Н. Шереметьевский**, акад. АН СССР; **Н. Н. Моисеев**, акад. АН СССР; **К. С. Колесников**, член-кор. АН СССР; **Г. А. Лукашенко**; **Л. А. Лейфер**, канд. техн. наук; **С. В. Беличков**; **И. В. Львова**; **С. Д. Золотова**; **Т. В. Мурачева**; **Н. Я. Акимычева**; **Н. М. Туркина**; **Л. Б. Гройсберг**; **Р. С. Судаков**, д-р техн. наук, проф.; **О. И. Тескин**, д-р техн. наук. проф.; **Н. Алымов**; **И. В. Павлов**, канд. физ-мат. наук; **И. А. Кроль**, канд. техн. наук

**ВНЕСЕНЫ** Министерством высшего и среднего специального образования СССР

Зам. начальника главного управления вузами **А. А. Малюк**

**УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 22 июня 1984 г. № 2053

УДК 62—19:620.1

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

# Надежность в технике. Интервальная оценка надежности технического объекта по результатам испытаний составных частей. Общие положения

**РД 50—476—84**

**Введены впервые**

**Утвержден Постановлением Госстандарта, от 22 июня 1984 г. № 2053, срок введения установлен с 1 июля 1985 г.**

Настоящие методические указания распространяются на технические объекты (далее — объекты), оценка надежности которых проводится по результатам испытаний их составных частей (далее элементов), за исключением объектов, оценка надежности которых по результатам испытаний элементов не регламентирована нормативно-технической документацией (НТД)*

Методические указания устанавливают правила обработки результатов испытаний элементов для определения интервальных оценок показателей надежности объекта

Методические указания предназначены для специалистов служб надежности промышленных предприятий, проектно-конструкторских и научно исследовательских организаций, занимающихся испытаниями и оценкой надежности технических объектов

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1 1 Оценка надежности объекта проводится путем определения интервальных оценок показателей надежности (ПН) объекта по результатам испытаний его элементов. Элементы объекта испытываются в процессе системных или автономных испытаний. Результаты ситемных испытаний элемента используются для оценки надежности объекта только в том случае, если события отказов элемента в процессе системных испытаний не зависят от отказов других элементов объекта Условия работы элемента в процессе автономных или системных испытаний должны совпадать с условиями его работы в объекте Испытания элементов объекта проводят-

* Определения терминов, применяемых в методических указаниях, даны в справочном приложении 1, перечень обозначений — в справочном приложении 2

© Издательство стандартов, 1985

ся по планам, предусмотренным ГОСТ 27.002—83, кроме планов с восстановлением работоспособного состояния элементов в случае их отказа.

1.2. В качестве ПН объекта используются ПН первой, второй и третьей групп, приведенные в табл. 1. В качестве ПН элементов— ПН первой и второй групп.

Таблица 1

**Группа показателей надежности**

| Номер группы | Наименование показателя надежности | Условные обозначения ПН | |
|---|---|---|---|
| | | элемента | объекта |
| I | Вероятность безотказной работы | $p(\tau)$ | $P(\tau)$ |
| | Средняя наработка до отказа | $t_{ср}$ | $T_{ср}$ |
| | Средняя наработка на отказ | $t_0$ | $T_0$ |
| | Гамма-процентная наработка до отказа | $t_\gamma$ | $T_\gamma$ |
| II | Интенсивность отказов | $\lambda$ | $\Lambda$ |
| | Параметр потока отказов | | |
| III | Коэффициент готовности | — | $K_г$ |
| | Коэффициент сохранения эффективности | — | $K_{эф}$ |

1.3. Методы оценки и контроля надежности распространяются на объекты, для которых структурная схема надежности (ССН) представляет собой последовательное, параллельное и всевозможные сочетания последовательного и параллельного соединения элементов, а также на объекты, в том числе и многофункциональные, с монотонной структурой.

Характеристика наиболее типичных ССН приведена в табл. 2.

1.4. Определение интервальной оценки показателей надежности объекта сводится к построению односторонних доверительных границ.

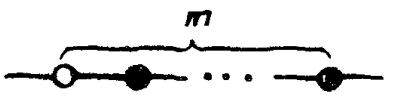
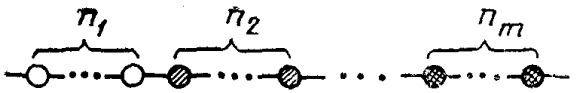
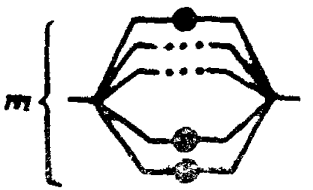
Нижняя доверительная граница строится для ПН объекта первой и третьей групп, верхняя доверительная граница — для ПН объекта второй группы.

1.5. Настоящие методические указания содержат методы определения интервальной оценки ПН объекта по результатам безотказных испытаний элементов и по результатам испытаний элементов с отказами.

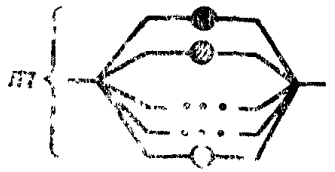
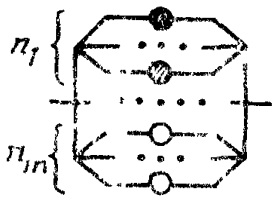
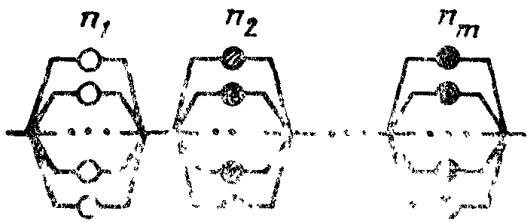
В случае безотказных испытаний элементов интервальная оценка ПН объекта определяется в соответствии с разд. 2.

Таблица 2

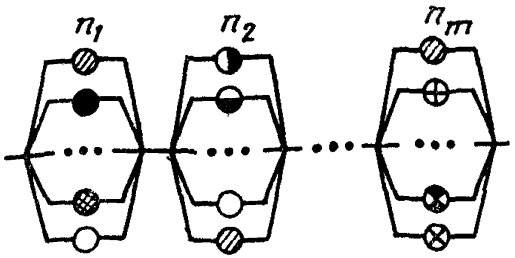
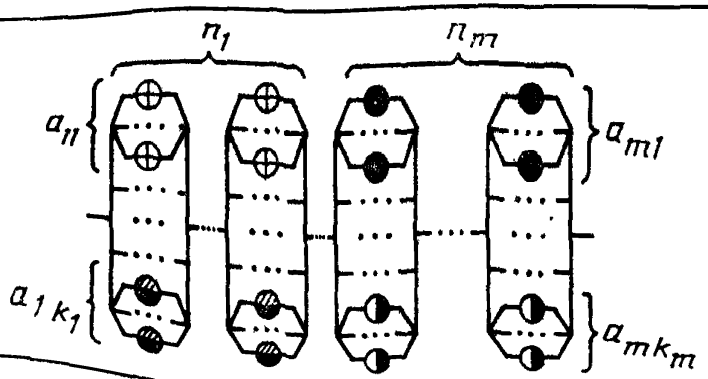
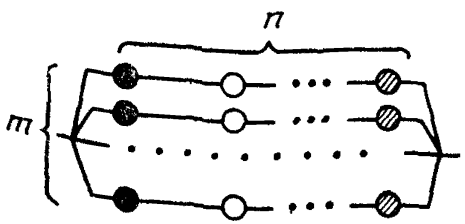
**Характеристика наиболее типичных ССН объектов**

| Шифр ССН | Название ССН | Характеристика ССН объекта | Графическое изображение ССН | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 01 | Последовательная из разнотипных элементов | Объект состоит из $m$ последовательно соединенных разнотипных элементов. Отказ объекта наступает при отказе любого элемента |   | |
| 02 | Последовательная при наличии однотипных элементов | Объект состоит из последовательно соединенных элементов $m$ типов по $n_1$, $n_2$, . . , $n_m$ элементов каждого типа Отказ объекта наступает при отказе любого элемента |   | Обобщение ССН 01 |
| 03 | Параллельная из однотипных элементов | Объект состоит из параллельно соединенных однотипных элементов Отказ объекта наступает в результате отказа всех элементов |   | |

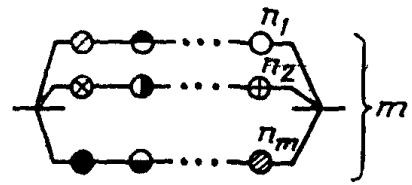
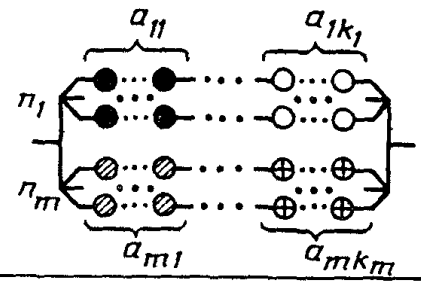
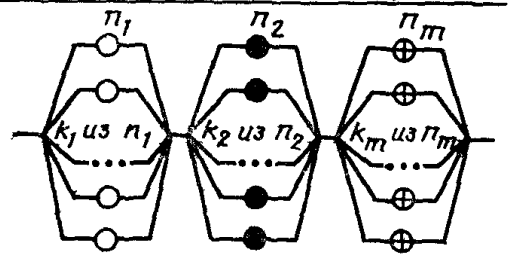
*Продолжение табл 2*

| Шифр ССН | Название ССН | Характеристика ССН объекта | Графическое изображение ССН | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 04 | Параллельная из разнотипных элементов | Объект состоит из параллельно соединенных разнотипных элементов. Отказ объекта наступает в результате отказа всех элементов |  | Обобщение ССН 03 |
| 05 | Параллельная при наличии однотипных элементов | Объект состоит из параллельно соединенных элементов $m$ типов по $n_1$, $n_2, \ldots, n_m$ элементов каждого типа. Отказ объекта наступает при отказе всех элементов |  | Обобщение ССН 03, 04 |
| 06 | Последовательно-параллельная (параллельное соединение однотипных элементов) | Объект состоит из $m$ последовательно соединенных подсистем, $i$-я подсистема состоит из $n_i$ параллельно соединенных однотипных элементов. Отказ объекта наступает при отказе любой подсистемы |  | |

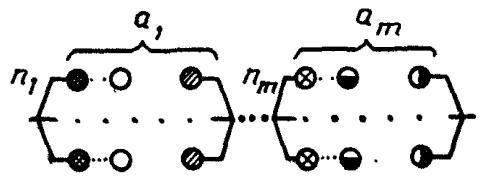
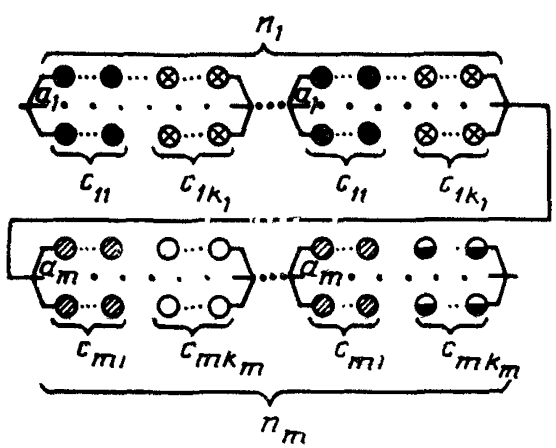
*Продолжение табл. 2*

| Шифр ССН | Название ССН | Характеристика ССН объекта | Графическое изображение ССН | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 07 | Последовательно-параллельная (параллельное соединение различных элементов) | Объект состоит из $m$ последовательно соединенных подсистем, $i$-я подсистема состоит из $n_i$ разнотипных параллельно соединенных элементов. Отказ объекта наступает при отказе любой подсистемы |   | Обобщение ССН 06 |
| 08 | Последовательно-параллельная (параллельное соединение при наличии однотипных элементов, последовательное соединение при наличии однотипных подсистем) | Объект состоит из $m$ типов последовательно соединенных подсистем по $n_i$ подсистем $i$-го типа. Подсистема $i$-го типа представляет собой параллельное соединение элементов $k_i$ типов по $a_{ij}$ элементов $j$-го типа. Отказ объекта наступает при отказе любой подсистемы |   | Обобщение ССН 06, 07 |
| 09 | Параллельно-последовательная (параллельное соединение однотипных подсистем) | Объект состоит из $m$ параллельно соединенных однотипных подсистем, состоящих из $n$ последовательно соединенных разнотипных элементов. Отказ объекта наступает при отказе всех составляющих его подсистем |   | Обобщение ССН 03 |

*Продолжение табл. 2*

| Шифр ССН | Название ССН | Характеристика ССН объекта | Графическое изображение ССН | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | Параллельно-последовательная (параллельное соединение различных подсистем) | Объект состоит из $m$ параллельно соединенных подсистем, $i$-я подсистема состоит из $n_i$ последовательно соединенных разнотипных элементов. Отказ объекта наступает при отказе всех составляющих его подсистем |   | Обобщение ССН 04 |
| 11 | Параллельно-последовательная (параллельное соединение при наличии однотипных подсистем) | Объект состоит из $m$ типов параллельно соединенных подсистем по $n_i$ подсистем $i$-го типа. Подсистема $i$-го типа состоит из последовательно соединенных элементов $k_i$ типов по $a_{ij}$ элементов $j$-го типа |   | Обобщение ССН 05, 09, 10 |
| 12 | Последовательное соединение подсистем типа $k$ из $n$ | Объект состоит из $m$ последовательно соединенных подсистем, $i$-я подсистема представляет собой параллельное соединение $n_i$ однотипных элементов. Отказ $i$-й подсистемы наступает при отказе $k_i$ или более ее элементов |   | Обобщение последовательных и последовательно-параллельных ССН |

*Продолжение табл. 2*

| Шифр ССН | Название ССН | Характеристика ССН объекта | Графическое изображение ССН | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13 | Последовательно-параллельно-последовательная (последовательное соединение разнотипных подсистем и элементов) | Объект состоит из $m$ последовательно соединенных разнотипных подсистем, $i$-я подсистема составлена из $n_i$ параллельно соединенных одинаковых подсистем, каждая из которых включает в себя $a_i$ последовательно соединенных разнотипных элементов |  | Обобщение ССН 06, 09 |
| 14 | Последовательно-параллельно-последовательная (последовательное соединение подсистем и элементов при наличии однотипных) | Объект состоит из последовательно соединенных подсистем $m$ типов, по $n_i$ подсистем $i$-го типа. Подсистема $i$-го типа состоит из $a_i$ параллельно соединенных однотипных подсистем, каждая из которых состоит из последовательно соединенных элементов $k_i$ типов по $c_{ij}$ элементов $j$-го типа |  | Обобщение ССН 06, 09, 13 |

*Продолжение табл. 2*

| Шифр ССН | Название ССН | Характеристика ССН объекта | Графическое изображение ССН | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15 | *П* — структура | Объект представляет собой последовательное или параллельное соединение подсистем, каждая из которых является последовательной или параллельной ССН, составленной из подсистем, представляющих собой различные сочетания последовательного и параллельного соединения элементов | — | Обобщение всех параллельно-последовательных и последовательно-параллельных ССН (01—14) |
| 16 | Монотонная структура | Объект представляет собой соединение элементов, при котором ПН объекта является монотонной функцией от ПН элементов | — | Частным случаем монотонной структуры является П-структура |

Для определения интервальной оценки надежности объекта по результатам испытаний его элементов с отказами могут быть использованы следующие методы:

метод эквивалентного биномиального плана;

метод подстановки;

комбинированный метод;

метод эквивалентного слабейшего звена.

Общая характеристика методов интервального оценивания ПН объекта приведена в табл. 3. Теоретическое обоснование методов дано в справочном приложении 3, примеры применения методов — в справочном приложении 4.

1.6. При выборе метода определения интервальной оценки ПН объекта следует учитывать: цель испытаний, ССН объекта и имеющуюся исходную информацию.

В тех случаях, когда исходная информация не соответствует ситуациям, перечисленным в графе 2 табл. 2, а именно: испытания элементов проводились по различным планам; результаты испытаний по элементам каждого типа представлены в виде точечной оценки ВБР элемента и количества элементов каждого типа, поставленных на испытания; результаты испытаний по элементам каждого типа представлены в виде точечной и интервальной оценок ВБР элемента — необходимо провести ее предварительную обработку.

Методы предварительной обработки исходной информации приведены в обязательном приложении 5.

Предварительная обработка исходной информации позволяет представить ее в виде результатов испытаний элементов по биномиальному плану.

1.7. Для определения интервальной оценки ПН объекта методом подстановки, комбинированным методом и методом эквивалентного слабейшего звена используется функция, связывающая ПН объекта с ПН элементов:

$$\theta=\varphi(\theta_1,\ldots,\theta_k).$$

Примечание. Функция, характеризующая связь ВБР объекта с ВБР элементов для различных ССН, приведена в табл. 4.

Функция связи ВБР объекта с ПН элементов в случае экспоненциального распределения наработки до отказа (наработки на отказ) элементов приведена в рекомендуемом приложении 6.

Таблица 3

**Характеристика методов интервальной оценки ПН объекта**

| Название метода | Исходная информация для определения интервальной оценки ПН объекта | Преимущества метода | Недостатки и ограничения метода | Рекомендации |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Метод эквивалентного биномиального плана | Результаты испытаний элементов по биномиальному плану | Простота вычислений, высокая эффективность оценки | Применяется только для последовательных ССН при биномиальном плане испытаний элементов и для планов, сводимых к биномиальному | Рекомендуется для ССН 01, 02 |
| Метод подстановки | Интервальные оценки ПН элементов | Простота вычислений. Универсальность применения | Невысокая эффективность оценки | Рекомендуется для ССН 01—16 при отсутствии конкретных данных о результатах испытаний элементов |
| Комбинированный метод | Результаты испытаний элементов по биномиальному плану | Универсальность применения, высокая эффективность оценки | Применяется для испытаний элементов по биномиальному плану и по планам, сводимым к биномиальному | Рекомендуется для ССН 09—11; 13—16 |
| Метод эквивалентного слабейшего звена | Результаты испытаний элементов по биномиальному плану | Универсальность применения. Высокая эффективность оценки | Применяется для испытаний элементов по биномиальному плану и по планам, сводимым к биномиальному | Рекомендуется для ССН 01—03, 06, 09, 12, 13 |

Примечание. В случае простейшего потока отказов элементов их испытания независимо от выбранного плана могут быть интерпретированы как биномиальные, когда количество условно испытываемых элементов за счет произвольного уменьшения длительности испытаний может быть большим, а число отказов остается фиксированным.

Таблица 4

**Функция, характеризующая связь ВБР объекта с ВБР элементов для ССН 01—14**

| Шифр ССН | ВБР объекта $P(\tau)=\varphi(p_1(\tau),\ldots,p_k(\tau))$ | Примечание |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 01 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m} p_i(\tau)$ | Индекс $i$ соответствует $i$-му элементу |
| 02 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m} p_i^{n_i}(\tau)$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-го типа |
| 03 | $P(\tau)=1-(1-p(\tau))^m$ | — |
| 04 | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}(1-p_i(\tau))$ | Индекс $i$ соответствует $i$-му элементу |
| 05 | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}(1-p_i(\tau))^{n_i}$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-го типа |
| 06 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}[1-(1-p_i(\tau))^{n_i}]$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-й подсистемы |
| 07 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}[1-\prod_{j=1}^{n_i}(1-p_{ij}(\tau))]$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют $j$-му элементу внутри $i$-й подсистемы |
| 08 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}[1-\prod_{j=1}^{k_i}(1-p_{ij}(\tau))^{a_{ij}}]^{n_i}$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют элементу $j$-го типа внутри подсистемы $i$-го типа |
| 09 | $P(\tau)=1-(1-\prod_{i=1}^{n}p_i(\tau))^m$ | Индекс $i$ соответствует $i$-му элементу подсистемы |
| 10 | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}[1-\prod_{j=1}^{n_i}p_{ij}(\tau)]$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют $j$-му элементу внутри $i$-й подсистемы |
| 11 | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}[1-\prod_{j=1}^{k_i}p_{ij}^{a_{ij}}(\tau)]^{n_i}$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют элементу $j$-го типа внутри подсистемы $i$-го типа |

*Продолжение табл. 4*

| Шифр ССН | ВБР объекта $P(\tau)=\varphi(p_1(\tau),\ldots,p_k(\tau))$ | Примечание |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 12 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[\sum_{j=0}^{k_i-1} C_{n_i}^{j}(1-p_i(\tau))^{j} p_i^{n_i-j}(\tau)\right]$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-й подсистемы |
| 13 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}[1-(1-\prod_{j=1}^{a_i} p_{ij}(\tau))^{n_i}]$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют $j$-му элементу внутри $i$-й подсистемы |
| 14 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}[1-(1-\prod_{j=1}^{k_i} p_{ij}^{C_{ij}}(\tau))^{a_i}]^{n_i}$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют элементу $j$-го типа внутри подсистемы $i$-го типа |

Примечание.

$$C_n^m=\frac{n!}{m!(n-m)!}$$

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТА В СЛУЧАЕ БЕЗОТКАЗНЫХ ИСПЫТАНИЙ

2.1. Приведенные в разделе расчетные формулы применимы для $П$-структур любого вида (ССН 01—15).

2.2. В качестве исходной информации используются данные по безотказным испытаниям элементов, проводимым в течение одного и того же времени $\tau$ (количество испытываемых элементов по каждому типу элементов).

2.3. Нижние доверительные границы ВБР объекта, соответствующие доверительной вероятности $(1-\beta)$, определяются в соответствии с табл. 5.

2.4. Интервальные оценки других показателей надежности объекта определяются на основе зависимостей $\theta=\psi[P(\tau)]$ оцениваемых ПН объекта от ВБР объекта путем подстановки в эту зависимость нижней доверительной границы ВБР. Зависимость $\theta=\psi[P(\tau)]$ определяется в соответствии с функцией распределения наработки до отказа (наработки на отказ) объекта. Примеры зависимостей $\theta=\psi[P(\tau)]$ для экспоненциального распределения наработки до отказа (наработки на отказ) объекта приведены в приложении 8.

Примечание. Изложенные в настоящем разделе методы являются дополнением к методам, приведенным в разд. 3—7, и позволяют в случае безотказных испытаний получить наилучшую интервальную оценку для ПН объекта.

Таблица 5

**Формулы для определения нижней доверительной границы ВБР объекта за время τ по результатам безотказных испытаний элементов**

| Шифр ССН | Нижняя доверительная граница ВБР объекта $\underline{P}(\tau)$ | Примечание |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 01 | $P(\tau)=\beta^{\frac{1}{z}}$, $z=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\{N_i\}$ | $N_i$ — количество испытываемых элементов $i$-го типа |
| 02 | $P(\tau)=\beta^{\frac{1}{z}}$, $z=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\left\{\frac{N_i}{n_i}\right\}$ | $N_i$ — количество испытываемых элементов $i$-го типа |
| 03 | $\underline{P}(\tau)=1-(1-\beta^{\frac{1}{N}})^m$ | $N$ — количество испытываемых элементов |
| 04 | $\underline{P}(\tau)=1-\prod\limits_{i=1}^{m}\frac{x}{x+N_i}$, $x$ — решение уравнения $\sum\limits_{i=1}^{m}N_i\ln\left(1+\frac{x}{N_i}\right)=-\ln\beta$ | $N_i$ — количество испытываемых элементов $i$-го типа |
| 05 | $\underline{P}(\tau)=1-\prod\limits_{i=1}^{m}\left(\frac{n_i x}{n_i x+N_i}\right)^{n_i}$, $x$ — решение уравнения $\sum\limits_{i=1}^{m}N_i\ln\left(1+\frac{n_i x}{N_i}\right)=-\ln\beta$ | $N_i$ — количество испытываемых элементов $i$-го типа |

*Продолжение табл. 5*

| Шифр ССН | Нижняя доверительная граница ВБР объекта $\underline{P}(\tau)$ | Примечание |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 06 | $\underline{P}(\tau)=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\{1-(1-\beta^{\frac{1}{N_i}})^{n_i}\}$ | $N_i$ — количество испытываемых элементов $i$-го типа |
| 07 | $\underline{P}(\tau)=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\left\{1-\prod\limits_{j=1}^{n_i}\frac{x_i}{x_i+N_{ij}}\right\}$<br>$x_i$ $(1\leqslant i\leqslant m)$ — решение уравнения<br>$\sum\limits_{j=1}^{n_i} N_{ij}\ln\left(1+\frac{x_i}{N_{ij}}\right)=-\ln\beta$ | $N_{ij}$ — количество испытываемых элементов $j$-го типа в $i$-й подсистеме |
| 08 | $\underline{P}(\tau)=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\left\{\left[1-\prod\limits_{j=1}^{k_i}\left(\frac{a_{ij}x_i}{a_{ij}x_i+N_{ij}}\right)^{a_{ij}}\right]^{n_i}\right\}$<br>$x_i$ $(1\leqslant i\leqslant m)$ — решение уравнения<br>$\sum\limits_{j=1}^{k_i} N_{ij}\ln\left(1+\frac{a_{ij}x_i}{N_{ij}}\right)=-\ln\beta$ | $N_{ij}$ — количество испытываемых элементов $j$-го типа в подсистеме $i$-го типа |
| 09 | $\underline{P}(\tau)=1-(1-\beta^{\frac{1}{z}})^m,\ z=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\{N_i\}$ | $N_i$ — количество испытываемых элементов $i$-го типа в последовательной подсистеме |

*Продолжение табл. 5*

| Шифр ССН | Нижняя доверительная граница ВБР объекта $\underline{P}(\tau)$ | Примечание |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 10 | $\underline{P}(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}\frac{x}{x+z_i}$, $z_i=\min\limits_{1\leqslant j\leqslant n_i}\{N_{ij}\}$, $(i=\overline{1,m})$<br>$x$ — решение уравнения<br>$\sum_{i=1}^{m} z_i \ln\left(1+\frac{x}{z_i}\right)=-\ln\beta$ | $N_{ij}$ — количество испытываемых элементов $j$-го типа в $i$-й подсистеме |
| 11 | $\underline{P}(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}\left(\frac{n_i x}{n_i x+z_i}\right)^{n_i}$, $z_i=\min\limits_{1\leqslant j\leqslant k_i}\left\{\frac{N_{ij}}{a_{ij}}\right\}$, $(i=\overline{1,m})$<br>$x$ — решение уравнения<br>$\sum_{i=1}^{m} z_i \ln\left(1+\frac{n_i x}{z_i}\right)=-\ln\beta$ | $N_{ij}$ — количество испытываемых элементов $j$-го типа в подсистеме $i$-го типа |
| 12 | $\underline{P}(\tau)=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\sum_{j=0}^{k_i-1} C_{n_i}^{j}\,(1-\beta^{\frac{1}{N_i}})^j\beta^{\frac{n_i-j}{N_i}}$ | $N_i$ — количество испытываемых элементов $i$-го типа |
| 13 | $\underline{P}(\tau)=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\{1-(1-\beta^{\frac{1}{z_i}})^{n_i}\}$<br>$z_i=\min\limits_{1\leqslant j\leqslant a_i}\{N_{ij}\}$, $(i=\overline{1,m})$ | $N_{ij}$ — количество испытываемых элементов $j$-го типа в $i$-й подсистеме |

*Продолжение табл 5*

| Шифр ССН | Нижняя доверительная граница ВБР объекта $\underline{P}(\tau)$ | Примечание |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 14 | $\underline{P}(\tau)=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\{[1-(1-3^{-\frac{1}{z_i}})^{a_i}]^{n_i}\}, z_i=\min\limits_{1\leqslant j\leqslant k_i}\left\{\frac{N_{ij}}{C_{ij}}\right\}, \ (i=\overline{1,m})$ | $N_{ij}$ — количество испытываемых элементов $j$-го типа в подсистеме $i$-го типа |

Примечания:

1. $C_n^m=\dfrac{n!}{m!(n-m)!}$.

2 При решении уравнений для ССН 04, 05, 07, 08, 10, 11 рекомендуется использовать стандартные программы *RTMI, RTNI* из пакета научных программ на языке ФОРТРАН—IV для машин типа ЕС При отсутствии стандартных программ может быть использован метод половинного деления. Блок-схема метода, соответствующая программа и ее описание приведены в справочном приложении 7 Для ССН 04, 05, 10, 11 может быть использована приближенная формула для вычисления $\underline{P}(\tau)$, приведенная в справочном приложении 7. Формула справедлива также при наличии отказов.

## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТА МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНОГО БИНОМИАЛЬНОГО ПЛАНА

3.1. Метод эквивалентного биномиального плана применяется для последовательных ССН (01, 02).

3.2. В качестве исходной информации для определения интервальной оценки ПН объекта используются результаты испытаний элементов, проводимых по биномиальному плану.

Примечание. В случае экспоненциального распределения наработок до отказа (наработок на отказ) элементов метод эквивалентного биномиального плана применяется для следующих планов испытаний элементов: [*NUT*], [*NUr*], [*NRT*], [*NRr*]. Вариант метода эквивалентного биномиального плана для данной ситуации приведен в рекомендуемом приложении 9

3.3. По результатам испытаний элементов определяются величины $N$ и $D$:

$$N = \min_{1 \le i \le m} \left\{ \frac{N_i}{n_i} \right\},$$

$$D = N\left[ 1 - \prod_{i=1}^{m} \left( 1 - \frac{d_i}{N_i} \right)^{n_i} \right],$$

где $n_i$ $(i=\overline{1, m})$ — количество элементов $i$-го типа, входящих в состав объекта;

$m$ — количество типов элементов, входящих в состав объекта;

$d_i$ $(i=\overline{1, m})$ — количество отказов элементов $i$-го типа.

3.4. Нижняя доверительная граница $\underline{P}(\tau)$, соответствующая доверительной вероятности $(1-\beta)$, определяется по табл. 1—3 справочного приложения 11 для $n=N$, $q=D/N$ с интерполяцией при необходимости или по приближенной формуле при $D \leqslant \frac{1}{2}(N-1)$;

$$\underline{P}(\tau) = 1 - \frac{\chi^2_{1-\beta}(2D-2)}{2N-D+\frac{1}{2}\chi^2_{1-\beta}(2D+2)}.$$

Значения $\chi^2_{1-\beta}(2D+2)$ определяются по табл. 4 справочного приложения 11 для $\nu=1-\beta$, $L=2D+2$ с интерполяцией при необходимости.

3.5. Интервальная оценка других ПН объекта определяется в соответствии с п. 2.4 на основании нижней доверительной границы ВБР.

## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТА МЕТОДОМ ПОДСТАНОВКИ

4.1. Метод подстановки применяется для ССН 01—16 и позволяет определять интервальные оценки ПН объекта с доверительной вероятностью $(1-\beta) \geqslant 0{,}777$.

4.2. В качестве исходной информации при построении интервальной оценки ПН объекта используются интервальные оценки

ПН элементов, соответствующие доверительной вероятности $(1-\beta)$ и распределениям с неубывающей интенсивностью отказов.

4.3. Нижняя или верхняя границы односторонних доверительных интервалов ПН объекта, соответствующие доверительной вероятности $(1-\beta)$, определяются по следующим формулам:

$$\underline{\theta}=\begin{cases}\varphi(\underline{\theta}_1,\ldots,\underline{\theta}_k), & \text{если } \theta_1,\ldots,\theta_k\text{—ПН первой и третьей групп;}\\ \varphi(\overline{\theta}_1,\ldots,\overline{\theta}_k), & \text{если } \theta_1,\ldots,\theta_k\text{—ПН второй группы.}\end{cases}$$

$$\overline{\theta}=\begin{cases}\varphi(\underline{\theta}_1,\ldots,\underline{\theta}_k), & \text{если } \theta_1,\ldots,\theta_k\text{—ПН первой и третьей групп;}\\ \varphi(\overline{\theta}_1,\ldots,\overline{\theta}_k), & \text{если } \theta_1,\ldots,\theta_k\text{—ПН второй группы.}\end{cases}$$

Здесь $\underline{\theta}_i$, $\overline{\theta}_i$, $(i=\overline{1,k})$ — нижняя и верхняя границы одностороннего доверительного интервала показателя надежности $i$-го элемента объекта, соответствующие доверительной вероятности $(1-\beta)$. Значения $\underline{\theta}_i$ $(\overline{\theta}_i)$ $(i=\overline{1,k})$ определяются в соответствии с ГОСТ 27.503—81 (рекомендуемое приложение 2).

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТА КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ

5.1. Комбинированный метод основан на совместном использовании метода эквивалентного биномиального плана и метода подстановки.

5.2. Комбинированный метод применяется для ССН 01—16 и позволяет определять интервальные оценки ПН обеъкта с доверительной вероятностью $(1-\beta)\geqslant 0{,}777$.

5.3. В качестве исходной информации для построения интервальной оценки ПН объекта используются результаты испытаний элементов по биномиальному плану.

Примечание В случае экспоненциального распределения наработок до отказа (наработка на отказ) элементов комбинированный метод применяется для следующих планов испытаний элементов. [*NUT*], [*NUr*], [*NRT*], [*NRr*].

Вариант комбинированного метода для данной ситуации приведен в рекомендуемом приложении 10

5.4. Применение комбинированного метода предусматривает формирование структурных элементов исследуемого объекта. Структурный элемент представляет собой группу последовательно соединенных элементов объекта. ПН объекта в этом случае представляется как функция ПН структурных элементов:

$$\theta=\varphi(\theta_1,\ldots,\theta_m)$$

($m$ — количество структурных элементов в объекте).

Примечание В тех случаях, когда ССН объекта не содержит групп последовательно соединенных элементов, комбинированный метод совпадает с методом подстановки. Для объектов, ССН которых представляет собой последовательное соединение элементов (01, 02), комбинированный метод совпадает с методом эквивалентного биномиального плана

5.5. Доверительная граница ПН объекта $\theta$ (или $\theta$) определяется на основе доверительных границ ПН структурных элементов $\underline{\theta}_1, \ldots, \underline{\theta}_m$ (или $\overline{\theta}_1, \ldots, \overline{\theta}_m$) по формуле:

$$\underline{\theta} = \begin{cases} \varphi(\underline{\theta}_1, \ldots, \underline{\theta}_m), & \text{если } \theta_1, \ldots, \theta_m \text{ — ПН первой и третьей групп;} \\ \varphi(\overline{\theta}_1, \ldots, \overline{\theta}_m), & \text{если } \theta_1, \ldots, \theta_m \text{ — ПН второй группы;} \end{cases}$$

$$\overline{\theta} = \begin{cases} \varphi(\underline{\theta}_1, \ldots, \underline{\theta}_m), & \text{если } \theta_1, \ldots, \theta_m \text{ — ПН первой и третьей групп;} \\ \varphi(\overline{\theta}_1, \ldots, \overline{\theta}_m), & \text{если } \theta_1, \ldots, \theta_m \text{ — ПН второй группы.} \end{cases}$$

Здесь $\underline{\theta}_i$, $\overline{\theta}_i$ $(i = \overline{1, m})$ — нижняя, верхняя границы одностороннего доверительного интервала ПН $i$-го структурного элемента. Значения $\underline{\theta}_1, \ldots, \underline{\theta}_m$ ($\overline{\theta}_1, \ldots, \overline{\theta}_m$) определяются с помощью метода эквивалентного биномиального плана в соответствии с пп. 3.3—3.5.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТА МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛАБЕЙШЕГО ЗВЕНА

6.1. Метод эквивалентного слабейшего звена применяется для ССН 01—14.

6.2. В качестве исходной информации при определении интервальной оценки ПН объекта используются результаты испытаний элементов, проводимых по биномиальному плану, а в случае экспоненциального распределения наработок до отказа (наработок на отказ) элементов — по планам [*NUT*], [*NUr*], [*NRT*], [*NRr*].

6.3. Определение нижней доверительной границы ВБР объекта $\underline{P}(\tau)$.

6.3.1. Для определения интервальной оценки ВБР объекта используется функция связи ВБР объекта с ВБР элементов

$$P(\tau) = \varphi[p_1(\tau), \ldots, p_k(\tau)].$$

Для ССН 04, 05, 07, 08, 11 необходимо пользоваться функцией связи, приведенной в табл. 6; для ССН 01—03, 06, 09, 10, 12—14 необходимо пользоваться функцией связи, приведенной в табл 4.

6.3.2. В соответствии с результатами испытаний элементов и ССН определяется точечная оценка ВБР объекта $\hat{P}(\tau)$ путем подстановки точечных оценок ВБР элементов за время $\tau(\hat{p}_1(\tau), \ldots, \hat{p}_k(\tau))$ в функцию связи:

$$\hat{P}(\tau) = \varphi[\hat{p}_1(\tau), \ldots, \hat{p}_k(\tau)].$$

Точечные оценки ВБР элементов определяются в соответствии с ГОСТ 27.503—81.

Таблица 6

**Функция $\varphi[p_1(\tau),\ldots,p_k(\tau)]$ для расчета надежности методом эквивалентного слабейшего звена**

| Шифр ССН | Расчетная функция $P(\tau)=\varphi[p_1(\tau),\ldots,p_k(\tau)]$ | Примечание |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 04 | $P(\tau)=1-\left[\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}(1-p_i(\tau))\right]^m$ | Индекс $i$ соответствует $i$-му элементу |
| 05 | $P(\tau)=1-\left[\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}(1-p_i(\tau))^{n_i}\right]^m$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-го типа |
| 07 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\left(\frac{1}{n_i}\sum_{j=1}^{n_i}(1-p_{ij}(\tau))\right)^{n_i}\right]$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют $j$-му элементу внутри $i$-й подсистемы |
| 08 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\left(\frac{1}{k_i}\sum_{j=1}^{k_i}(1-p_{ij}(\tau))^{a_{ij}}\right)^{k_i}\right]^{n_i}$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют элементу $j$-го типа внутри подсистемы $i$-го типа |
| 11 | $P(\tau)=1-\left[\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left(1-\prod_{j=1}^{k_i}p_{ij}^{a_{ij}}(\tau)\right)^{n_i}\right]^m$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют элементу $j$-го типа внутри подсистемы $i$-го типа |

6.3.3. Для элементов каждого $i$-го типа определяется эквивалентная точечная оценка ВБР $p_i^*(\tau)$ $(i=\overline{1,k})$. Значение $p_i^*(\tau)$ выбирается таким образом, чтобы при

$$\hat{p}_1(\tau)=\hat{p}_2(\tau)=\ldots=\hat{p}_{i-1}(\tau)=\hat{p}_{i+1}(\tau)=\ldots=\hat{p}_k(\tau)=1 \quad \text{и} \quad \hat{p}_i(\tau)=p_i(\tau)$$

точечная оценка ВБР объекта совпадала с полученным значением $\hat{P}(\tau)$:

$$\hat{P}(\tau)=\varphi(1,\ldots,1,p_i^*(\tau),1,\ldots,1).$$

6.3.4. Для каждого значения $p_i^*(\tau)$ определяется эквивалентное число отказов $D_i$. Значение $D_i$ выбирается таким образом, чтобы точечная оценка ВБР элемента для числа отказов $D_i$ при сохранении других данных об испытаниях элемента (количества испытываемых элементов, суммарной наработки элементов) равнялось $p_i^*(\tau)$. Для биномиального плана испытаний элементов $D_i$ определяется по следующей формуле:

$$D_i=N_i(1-p_i^*(\tau)), \qquad (i=\overline{1,k}).$$

6.3.5. В соответствии с полученным значением $D_i$ $(i=\overline{1, k})$ при сохранении других данных об испытаниях элементов, для элементов каждого типа определяется эквивалентная нижняя доверительная граница ВБР $\underline{p}_i^{\tau}$ $(\tau)$ $(i=\overline{1, k})$. Значение $\underline{p}_i^{*}$ $(\tau)$ определяется в соответствии с ГОСТ 27.503—81 (рекомендуемое приложение 2).

Значение $p_i^{\tau}$ $(\tau)$ может также определяться и непосредственно $p_i^{*}$ $(\tau)$ с учетом реально проводимых планов испытаний. Для биномиального плана испытаний $\underline{p}_i$ $(\tau)$ можно найти по известным значениям $p_i^{*}$ $(\tau)$ и $N_i$ по табл. 1, 2, 3 приложения 11 или по формуле п 3.4 (для $N_i > 50$).

6.3.6. Нижняя доверительная граница ВБР объекта $\underline{P}$ $(\tau)$, соответствующая доверительной вероятности $(1-\beta)$, определяется по формуле

$$\underline{P}(\tau)=\min_{1 \le i \le k}\{\underline{P}_i\},$$

где

$$\underline{P}_1=\varphi(\underline{p}_1^{*}(\tau),1,\ldots,1),$$

$$\underline{P}_2=\varphi(1,\underline{p}_2^{*}(\tau),1,\ldots,1),$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\underline{P}_k=\varphi(1,1,\ldots,1,\underline{p}_k^{*}(\tau)).$$

6.4. Интервальная оценка других ПН объекта определяется в соответствии с п. 2.4.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Справочное*

## ТЕРМИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

| Термин | Определение |
|---|---|
| Технический объект | В соответствии с ГОСТ 27.002—83 |
| Элемент | Составная часть объекта или комплектующее изделие, которые при оценке ПН рассматриваются как единое целое |
| Автономные испытания элементов | Самостоятельные испытания элементов в условиях, соответствующих условиям их работы в объекте |
| Системные испытания элемента | Испытания элемента в составе объекта или части объекта, ССН которой является подсистемой ССН объекта |
| Нижняя (верхняя) граница одностороннего доверительного интервала ПН | Величина $\underline{\theta}(\overline{\theta})$, для которой вероятность события $\underline{\theta} \leqslant \theta (\overline{\theta} \geqslant \theta)$ не меньше назначенной доверительной вероятности $(1-\beta)$ |
| Результаты испытаний | Значения фиксируемых в процессе испытаний величин (количество отказавших объектов, количество восстанавливаемых объектов, наработки до отказов испытываемых элементов, суммарные наработки и т. д.) |
| Объект с монотонной структурой | Объект, надежность которого не улучшается при ухудшении надежности его элементов |
| Биномиальный план испытаний | План испытаний $[NUT]$, при проведении которых не фиксируются моменты отказов, а определяется лишь количество отказавших за время испытаний объектов |

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Справочное*

## ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ

| Обозначение | Наименование |
|---|---|
| 1 | 2 |
| $\theta$ | Истинное значение показателя надежности объекта |
| $\overline{\theta}$, $\underline{\theta}$ | Верхняя и нижняя границы односторонних доверительных интервалов показателя надежности объекта |
| $1-\beta$ | Доверительная вероятность, соответствующая интервальной оценке показателя надежности объекта |
| $\theta_1, \ldots, \theta_k$ | Показатели надежности элементов |
| $\varphi(\theta_1, \ldots, \theta_k)$ | Функция, определяющая связь показателя надежности объекта с показателями надежности элементов |
| $\frac{\gamma}{100}$ | Регламентированная вероятность |

*ПРИЛОЖЕНИЕ 3*
*Справочное*

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПН ОБЪЕКТА

1. В разд. 2 методических указаний изложены методы определения наилучшей односторонней интервальной оценки ПН объекта по результатам безотказных испытаний элементов. В основу методов положена процедура определения наилучшей нижней доверительной границы ВБР объекта по результатам безотказных испытаний элементов [1]—[3], [7] Эта процедура распространена на другие ПН объекта в случае, когда известна связь ПН объекта с ВБР объекта. Функция связи может быть легко найдена для однопараметрических законов распределения наработки до отказа (на отказ)

2. Изложенный в разд 3 метод эквивалентного биномиального плана следует результатам работы [4] и [5] и имеет несколько распространенных названий: «Метод Ллойда—Липова», «Метод Линдстрома—Мадена», «Эвристический».

В основе метода лежит принцип определения эквивалентного числа отказов для биномиального плана испытаний при минимальном количестве испытываемых элементов, входящих в ССН объекта. Теоретическое обоснование метода проведено в работе [5]. Интерпретация метода для других планов испытаний в случае простейшего потока отказов выполнена в работе [6]

3. В разд 4 изложен метод подстановки [7] Метод применим при следующих предположениях

функция $\varphi(\theta_1, \quad, \theta_k)$ монотонна по каждому из параметров $\theta_1, \ldots, \theta_k$,

функция $\varphi(\theta_1, \quad, \theta_k)$ квазивыпукла (или квазивогнута);

доверительные границы ПН элементов определяются через квантили стареющих распределений

Исследование функции $\varphi(\theta_1, \ldots, \theta_k)$ для рассматриваемых ССН и используемых на практике методов определения интервальных оценок ПН элементов показывают, что упомянутые условия выполняются Поэтому при изложении метода эти требования не приведены

4 Комбинированный метод [6], [8], приведенный в разд. 5, объединяет метод эквивалентного биномиального плана и метод подстановки Методы применяются последовательно. На первом этапе в ССН объекта выделяются структурные элементы (группы последовательно соединенных элементов), к которым применяется метод эквивалентного биномиального плана На втором этапе для объекта, состоящего из структурных элементов, применяется метод подстановки.

5 Научной основой метода эквивалентного слабейшего звена является метод доверительных множеств Беляева—Большева [9]. Согласно методу эквивалентного слабейшего звена $\underline{P}(\tau)$ для последовательно-параллельно-последовательных ССН равна минимуму нижних доверительных границ для ВБР однотипных подсистем, если последние определены в предположении равенства точечных оценок ВБР однотипных подсистем оценке ВБР объекта при реальных объемах испытаний и реальных структурах подсистем Метод изложен в соответствии с работами [10]—[12].

Метод обобщает случай безотказных испытаний и «Метод Ллойда Липова» Обоснование метода проведено в двух случаях: в случае высокой надежности и ограниченных объемов испытаний (эквивалентное число отказов подсистем не слишком превосходит число резервных каналов); в специальном асимптотическом случае, когда оценка ПН имеет нормальное распределение (число последовательных подсистем велико, объем испытаний не слишком мал).

6 Приведенные в приложении числовые таблицы для определения нижних доверительных границ и квантилей $\chi^2$-распределения построены на основе табл II из [13] и табл. 4 из [14]

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Мирный Р. А., Соловьев А. Д. Оценка надежности системы по результатам испытаний ее компонент. — В кн.: Кибернетику — на службу коммунизму. Т. 2. — М.: Энергия, 1964.
2. Тескин О. И. Точные доверительные границы для надежности резервированных систем при безотказных испытаниях их элементов. — Изв. АН СССР, Техническая кибернетика, 1979, № 4.
3. Судаков Р. С. Видоизменение результата Мирного и Соловьева для случая резервированных систем. — В кн.: Точность и надежность кибернетических систем. Вып. 3. — Киев: Наукова думка, 1975.
4. Ллойд Д., Липов М. Надежность. Организация исследования, методы, математический аппарат. — М.: Советское радио, 1964.
5. Судаков Р. С. К вопросу об интервальном оценивании показателя надежности последовательной системы. — Изв. АН СССР. — Техническая кибернетика, 1974, № 3.
6. Гройсберг Л. Б. О расчетно-экспериментальном подтверждении надежности сложных систем. — В кн.: Надежность в технике. Совершенствование порядка регламентации методов контроля надежности в НТД. — Горький, Гф ВНИИНМАШ, 1983
7. Павлов И. В. Статистические методы оценки надежности сложных систем по результатам испытаний. — М.: Радио и связь, 1982.
8. Гройсберг Л. Б. О повышении эффективности доверительной оценки надежности системы. — Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, 1981, № 2
9. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. — М.: Наука, 1965.
10. Кроль И. А. Об использовании метода доверительных множеств для интервальной оценки критериев надежности. — Изв. АН СССР. — Техническая кибернетика, 1974, № 1.
11. Кроль И. А. Инженерные методы экспериментальной оценки надежности высоконадежных систем. — М.: Знание, 1982.
12. Кроль И. А. Интервальная оценка надежности при параметрических и внезапных отказах. — Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, 1979, № 5.
13. Статистические задачи отработки систем и таблицы для числовых расчетов показателей надежности/Под ред. проф. Р. С. Судакова. — М.: Высшая школа, 1975.
14. Мюллер П., Нойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике. — М.: Финансы и статистика, 1982.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 4*
*Справочное*

## ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТА

1. Определить нижнюю доверительную границу ВБР объекта с последовательной ССН, состоящей из пяти элементов, за время $\tau=5000$ ч для $(1-\beta)=0{,}8$. Испытания элементов проводились по биномиальному плану. Время испытаний 5000 ч.

Результаты испытаний элементов представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Исходные данные**

| Номер элемента | Количество испытываемых элементов $N_i$ | Число отказов $d_i$ |
|---|---|---|
| 1 | 30 | 1 |
| 2 | 16 | 0 |
| 3 | 25 | 1 |
| 4 | 18 | 0 |
| 5 | 24 | 0 |

Для построения интервальной оценки допускается использовать метод эквивалентного биномиального плана.

В соответствии с п. 3.3.

$$N=\min\{30,16,25,18,24\}=16,$$

$$D=16\left[1-\left(1-\frac{1}{30}\right)\left(1-\frac{1}{25}\right)\right]=1{,}152.$$

В соответствии с п. 3.5, учитывая, что $D<\frac{1}{2}(N-1)$,

находим $\underline{P}(\tau)$:

$$\underline{P}(\tau)=\frac{\chi^2_{0,8}(2\cdot 1{,}152+2)}{2\cdot 16-1{,}152+\frac{1}{2}\chi^2_{0,8}(2\cdot 1{,}152+2)}=0{,}812.$$

2. Определить нижнюю доверительную границу ВБР объекта за время $\tau=100$ ч, если его ССН представляет собой параллельное соединение трех различных элементов. Известны интервальные оценки интенсивности отказов элементов, соответствующие доверительной вероятности 0,9:

$$\overline{\lambda_1}=0{,}00031\ ;\ \overline{\lambda_2}=0{,}00015\ ;\ \overline{\lambda_3}=0{,}0002.$$

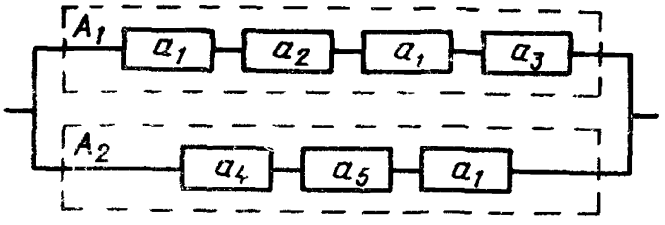
Наработки до отказа элементов подчиняются экспоненциальному распределению.

Для определения интервальной оценки ВБР может быть использован метод подстановки. В соответствии с п. 4.3 и таблицей справочного приложения 6 нижняя доверительная граница ВБР объекта определяется по формуле

$$\underline{P}(\tau)=1-\prod_{i=1}^{3}\left(1-e^{-\overline{\lambda_i}\tau}\right)=0{,}99999.$$

Полученная оценка соответствует доверительной вероятности $(1-\beta)=0{,}9$

3. Определить комбинированным методом нижнюю доверительную границу $\underline{P}(\tau)$ для $(1-\beta)=0{,}9$ вероятности безотказной работы объекта с ССН параллельно-последовательного типа (ССН 10), представленной на рисунке.




Индексы элементов $a_i$ $(i=\overline{1,5})$ соответствуют их типам Испытания проводились по биномиальному плану в течение времени $\tau$ Результаты испытаний приведены в табл 2

Таблица 2

**Исходные данные**

| Номер элемента | Количество испытываемых элементов | Число отказов |
|---|---|---|
| 1 | 600 | 2 |
| 2 | 100 | 1 |
| 3 | 50 | 0 |
| 4 | 300 | 0 |
| 5 | 200 | 0 |

Формирование структурных элементов $A_1$, $A_2$ сводится к объединению элементов, составляющих каждую из параллельных подсистем. Зависимость показателя надежности системы $P(\tau)$ от ВБР структурных элементов $p_1(\tau)$ и $p_2(\tau)$ в соответствии с табл. 4 для ССН 04 имеет вид

$$P(\tau)=1-(1-p_1(\tau))(1-p_2(\tau))$$

Условия применимости комбинированного метода выполнены. В соответствии с п. 5.5 определяются нижние доверительные границы ВБР структурных элементов $A_1$, $A_2$ методом эквивалентного биномиального плана по правилам пп 3.3, 3.4. Для первого структурного элемента

$$N_1=\min\left\{\frac{600}{2},100,50\right\}=50,\ D_1=0{,}333,\ \underline{p}_1=0{,}944.$$

Для второго структурного элемента

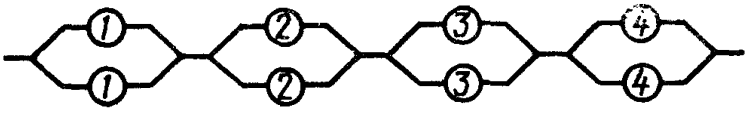
$$N_2=\min\{300,200,600\}=200,\ D_2=1{,}331,\ \underline{p}_2=0{,}978.$$

Интервальная оценка ВБР объекта определяется методом подстановки по формуле п. 5.5.

$$\underline{P}(\tau)=1-(1-\underline{p}_1(\tau))(1-\underline{p}_2(\tau)).$$

Таким образом, $\underline{P}(\tau)=0{,}9988$ и соответствует доверительной вероятности $(1-\beta)=0{,}9$.

4. Определить нижнюю доверительную границу ВБР источника питания за время $\tau=1500$ ч. Структурная схема надежности $[NUT]$ источника питания приведена на рисунке и соответствует ССН 06 с $m=4$, $n_1=n_2=n_3=n_4=2$.



Наработка до отказа каждого элемента подчиняется экспоненциальному распределению. Испытания элементов проводились по плану $[NUT]$ объекта оценивается методом эквивалентного слабейшего звена. Суммарная наработка и количество отказов элементов источника питания в процессе испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты испытаний элементов**

| Номер элемента | Суммарная наработка элементов в процессе испытаний $S_i$ | Количество отказов элементов в процессе испытаний $d_i$ |
|---|---|---|
| 1 | 30000 | 2 |
| 2 | 15000 | 0 |
| 3 | 30000 | 0 |
| 4 | 15000 | 0 |

В соответствии с п 6 3 1 и табл 4 определяется точечная оценка ВБР источника питания

$$\hat{P}(\tau) = \prod_{i=1}^{4} [1-(1-p_i(\tau))^2] .$$

В соответствии с ГОСТ 27.503—81 находим:

$$\hat{p}_i(\tau) = \exp\left\{ - \frac{d_i \tau}{S_i} \right\} , \qquad (i=\overline{1,4})$$

$$\hat{p}_1(\tau)=0,9, \quad \hat{p}_2(\tau)=\hat{p}_3(\tau)=\hat{p}_4(\tau)=1 .$$

Таким образом, $\hat{P}(\tau)=0,99$.

В соответствии с п. 6.3.3 значения $p_i^*(\tau)$, $(i=\overline{1,4})$ определяются из уравнений:

$$1-(1-p_i^*(\tau))^2=0,99, \qquad (i=\overline{1,4})$$

Очевидно, что

$$p_1^*(\tau)=p_2^*(\tau)=p_3^*(\tau)=p_4^*(\tau)=0,9 .$$

Эквивалентное число отказов $D_i$ $(i=\overline{1,4})$ в соответствии с п. 6.3 4 и ГОСТ 27.503—81 определяется из уравнений:

$$\exp\left\{ - \frac{D_i \tau}{S_i} \right\}=0,9, \qquad (i=\overline{1,4}).$$

Таким образом,

$$D_1=2, \ D_2=1, \ D_3=2, \ D_4=1 .$$

Согласно п. 6.3.5 нижняя доверительная граница ВБР каждого элемента $\underline{p}_i^*(\tau)$ определяется в соответствии с рекомендуемым приложением 2 ГОСТ 27.503—81 для доверительной вероятности $1-\beta=0,8$, плана испытаний $[NUT]$, суммарной наработки элемента $S_i$ и числа отказов $D_i$ $(i=\overline{1,4})$. Таким образом:

$$\underline{p}_1^*=0,807, \ \underline{p}_2^*=0,741, \underline{p}_3^*=0,807, \underline{p}_4^*=0,741 .$$

В соответствии с п. 6.3.6 нижняя доверительная граница ВБР источника питания, соответствующая доверительной вероятности $1-\beta=0,8$, определяется по формуле

$$P(\tau)=\min\{\underline{P}_1, \underline{P}_2, \underline{P}_3, \underline{P}_4\},$$

где

$$\underline{P}_1=[1-(1-\underline{p}_1^*(\tau))^2]\cdot 1\cdot 1\cdot 1=0{,}963\ ;$$

$$\underline{P}_2=1\cdot[1-(1-\underline{p}_2^*(\tau))^2]\cdot 1\cdot 1=0{,}933;$$

$$\underline{P}_3=1\cdot 1[1-(1-\underline{p}_3^*(\tau))^2]\cdot 1=0{,}963;$$

$$\underline{P}_4=1\cdot 1\cdot 1[1-(1-\underline{p}_4^*(\tau))]=0{,}933.$$

Таким образом, $\underline{P}(\tau)=0{,}933$.

5. Определить нижнюю доверительную границу ВБР объекта, ССН которого представляет собой параллельное соединение трех разнотипных элементов (ССН 03), за время $\tau=200$ ч.

Наработки до отказа элемента первого типа подчиняются нормальному распределению. Испытания элемента проводились по плану [*NUN*], выборочное среднее и выборочная дисперсия шести наблюдений составили 321 ч и 2767,7 ч$^2$. Наработки до отказа второго элемента подчиняются экспоненциальному распределению. Испытания проводились по плану [*NUT*]. Суммарная наработка испытываемых элементов составила 8000 ч, за время испытаний обнаружен один отказ. Элемент третьего типа испытывался по биномиальному плану в течение времени $\tau=200$ ч. Испытывалось 30 элементов, отказы не обнаружены.

В соответствии с обязательным приложением 5 имеющиеся исходные данные могут быть представлены как результаты испытаний, проводимых по биномиальному плану

В соответствии с п. 3.1 обязательного приложения 5 и ГОСТ 27.503—81 определяются точечные оценки и нижние доверительные границы ВБР элементов за $\tau=200$ ч с доверительной вероятностью $(1-\beta)=0{,}9$:

$$\widehat{p}_1(\tau)=0{,}988;\qquad \underline{p}_1(\tau)=0{,}888\ ;$$

$$\widehat{p}_2(\tau)=0{,}975\ ;\ \underline{p}_2(\tau)=0{,}907\ ;$$

$$\widehat{p}_3(\tau)=1,\ \underline{p}_3(\tau)=0{,}926.$$

Используя табл. 2 справочного приложения 11 согласно пп. 3.2, 3.3 обязательного приложения 5, находим:

$$N_1\approx 23,\ d_1=(1-0{,}990)\cdot 23=0{,}23,$$

$$N_2\approx 41,\ d_2=(1-0{,}975)\cdot 41=1{,}025,$$

$$N_3=30,\ d_3=0.$$

Для определения нижней доверительной границы ВБР используется метод эквивалентного слабейшего звена.

В соответствии с п. 6.3.1 и табл. 6 определяется точечная оценка ВБР объекта за $\tau=200$ ч:

$$\widehat{P}(\tau)=1-\left\{\frac{1}{3}\left[(1-\widehat{p}_1(\tau)+(1-\widehat{p}_2(\tau))+(1-\widehat{p}_3(\tau))\right]\right\}^3=$$

$$=1-\left\{\frac{1}{3}[(1-0{,}988)+(1-0{,}975)+(1-1)]\right\}^3=0{,}999998.$$

Значения $p_i^*$ определяются согласно п. 6.3.3 из уравнения

$$0{,}999998=1-\left[\frac{1}{3}\left(1-p_i^*\right)\right]^3,\qquad (i=\overline{1,3}).$$

Таким образом

$$p_1^*=p_2^*=p_3^*=0{,}962.$$

Эквивалентные числа отказов $D_1$, $D_2$, $D_3$ определяются по формуле п. 6.3.4:

$$D_1=0{,}871;\ D_2=1{,}558;\ D_3=1{,}140.$$

В соответствии с пп. 6.3.5 по табл. 2 справочного приложения 11 или по формулам п. 3 4 $\underline{p}_1^*(\tau)=0{,}846$; $\underline{p}_2^*(\tau)=0{,}887$; $\underline{p}_3^*(\tau)=0{,}867$.

Нижняя доверительная граница ВБР объекта за $\tau=200$ ч определяется в соответствии с п 6 3 6

$$\underline{P}(\tau)\quad \min\{\underline{P}_1,\underline{P}_2,\underline{P}_3\}=0{,}99987$$

где $\underline{P}_1=1-\left[\frac{1}{3}\ (1-\underline{p}_1^*(\tau))\right]^3=0{,}99987;$

$$\underline{P}_2=1-\left[\frac{1}{3}\ (1-\underline{p}_2^*(\tau))\right]^3=0{,}99995;$$

$$\underline{P}_3=1-\left[\frac{1}{3}\ (1-\underline{p}_3^*(\tau))\right]^3=0{,}99991.$$

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*
*Обязательное*

## МЕТОДЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

1. Предварительная обработка исходной информации проводится в тех случаях, когда исходная информация представлена в одном из следующих трех видов:

Вид А — результаты испытаний элементов, проводимых по различным планам;

Вид Б — точечные оценки ВБР элементов и количество испытываемых элементов каждого типа ($\underline{p}_i$, $N_i$);

Вид В — точечные и интервальные оценки ВБР элементов каждого типа ($\hat{p}_i(\tau)$, $\underline{p}(\tau)$).

2. Предварительная обработка исходной информации позволяет представить ее в виде результатов испытаний элементов по биномиальному плану и сводится к определению величин $N_i$, $d_i$ для элементов каждого типа.

3 Предварительная обработка исходной информации вида А

3.1. По результатам испытаний элементов каждого типа в соответствии с ГОСТ 27.503—81 определяются точечная и интервальная оценки ВБР элемента

$$\hat{p}_i(\tau),\ \underline{p}_i(\tau),\ (i=\overline{1,k})$$

3.2. Для элементов каждого типа на основе полученных значений $\hat{p}_i(\tau)$, $\underline{p}_i(\tau)$ и доверительной вероятности, соответствующей интервальной оценке, определяется $N_i$ по табл. 1—3 справочного приложения 11. В качестве $N_i$ выбирается такое значение $n$, при котором для $q=1-\hat{p}_i(\tau)$ приведенное в таблице значение нижней доверительной границы совпадает со значением $\underline{p}_i(\tau)$ с интерполяцией при необходимости.

3.3 Для элементов каждого типа значение $d_i$ определяется по формуле

$$d_i=[1-\hat{p}_i(\tau)]N_i,\ (i=\overline{1,k}).$$

4. Предварительная обработка исходной информации вида Б проводится в соответствии с п. 3.3 настоящего приложения.

5. Предварительная обработка исходной информации вида В проводится в соответствии с пп. 3.2, 3.3 настоящего приложения

*ПРИЛОЖЕНИЕ 6*
*Рекомендуемое*

**ФУНКЦИЯ**
**характеризующая связь ВБР объекта с ПН элементов для ССН 01—14 в случае экспоненциального распределения наработки до отказа (наработки на отказ) элементов $P(\tau)=\varphi(\theta_1,\ldots,\theta_k)$**

| Шифр ССН | Показатели надежности | | Примечание |
|---|---|---|---|
| | Средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ | Интенсивность отказов, параметр потока отказов | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 01 | $P(\tau)=\exp\left\{-\tau\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{1}{t_i}\right\}$ | $P(\tau)=\exp\left\{-\tau\sum\limits_{i=1}^{m}\lambda_i\right\}$ | Индекс $i$ соответствует $i$-му элементу |
| 02 | $P(\tau)=\exp\left\{-\tau\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{n_i}{t_i}\right\}$ | $P(\tau)=\exp\left\{-\tau\sum\limits_{i=1}^{m}n_i\lambda_i\right\}$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-го типа |
| 03 | $P(\tau)=1-\left(1-\exp\left\{-\frac{\tau}{t}\right\}\right)^m$ | $P(\tau)=1-(1-e^{-\lambda\tau})^m$ | — |
| 04 | $P(\tau)=1-\prod\limits_{i=1}^{m}\left(1-\exp\left\{-\frac{\tau}{t_i}\right\}\right)$ | $P(\tau)=1-\prod\limits_{i=1}^{m}(1-e^{-\lambda_i\tau})$ | Индекс $i$ соответствует $i$-му элементу |

*Продолжение*

| Шифр ССН | Показатели надежности | | Примечание |
|---|---|---|---|
| | Средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ | Интенсивность отказов, параметр потока отказов | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 05 | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}\left(1-\exp\left\{-\frac{\tau}{t_i}\right\}\right)^{n_i}$ | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}\left(1-e^{-\lambda_i\tau}\right)^{n_i}$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-го типа |
| 06 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\left(1-\exp\left\{-\frac{\tau}{t_i}\right\}\right)^{n_i}\right]$ | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\left(1-e^{-\lambda_i\tau}\right)^{n_i}\right]$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-й подсистемы |
| 07 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\prod_{j=1}^{n_i}\left(1-\exp\left\{-\frac{\tau}{t_{ij}}\right\}\right)\right]$ | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\prod_{j=1}^{n_i}\left(1-e^{-\lambda_{ij}\tau}\right)\right]$ | Индексы $i$, $j$ соответствуют $j$-му элементу внутри $i$-й подсистемы |
| 08 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\prod_{j=1}^{k_i}\left(1-\exp\left\{-\frac{\tau}{t_{ij}}\right\}\right)^{a_{ij}}\right]^{n_i}$ | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\prod_{j=1}^{k_i}\left(1-\exp\left\{-\tau\lambda_{ij}\right\}\right)^{a_{ij}}\right]^{n_i}$ | Индексы $i$, $j$ соответствуют элементу $j$-го типа внутри подсистемы $i$-го типа |
| 09 | $P(\tau)=1-\left(1-\exp\left\{-\tau\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{t_i}\right\}\right)^{m}$ | $P(\tau)=1-\left(1-\exp\left\{-\tau\sum_{i=1}^{n}\lambda_i\right\}\right)^{m}$ | Индекс $i$ соответствует $i$-му элементу подсистемы |
| 10 | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}\left[1-\exp\left\{-\tau\sum_{j=1}^{n_i}\frac{1}{t_{ij}}\right\}\right]$ | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}\left[1-\exp\left\{-\tau\sum_{j=1}^{n_i}\lambda_{ij}\right\}\right]$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют $j$-му элементу внутри $i$-й подсистемы |

*Продолжение*

| Шифр ССН | Показатели надежности | | Примечание |
|---|---|---|---|
| | Средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ | Интенсивность отказов, параметр потока отказов | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11 | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}\left[1-\exp\left\{-\tau\sum_{j=1}^{k_i}\frac{a_{ij}}{t_{ij}}\right\}\right]^{n_i}$ | $P(\tau)=1-\prod_{i=1}^{m}\left[1-\exp\left\{-\tau\sum_{j=1}^{k_i}a_{ij}\lambda_{ij}\right\}\right]^{n_i}$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют элементу $j$-го типа внутри подсистемы $i$-го типа |
| 12 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[\sum_{j=0}^{k_i-1}C_{n_i}^{j}\left(1-\exp\left\{-\frac{\tau}{t_i}\right\}\right)^{j}\exp\left\{-\frac{\tau(n_i-j)}{t_i}\right\}\right]$ | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[\sum_{j=0}^{k_i-1}C_{n_i}^{j}(1-\exp\{-\tau\lambda_i\})^{j}\exp\{-\tau\lambda_i(n_i-j)\}\right]$ | Индекс $i$ соответствует элементам $i$-й подсистемы |
| 13 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\left(1-\exp\left\{-\tau b_i\right\}\right)^{n_i}\right]$, $b_i=\sum_{j=1}^{a_i}\frac{1}{t_{ij}}$ | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}[1-(1-\exp\{-\tau b_i\})^{n_i}]$, $b_i=\sum_{j=1}^{a_i}\lambda_{ij}$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют $j$-му элементу внутри $i$-й подсистемы |
| 14 | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}\left[1-\left(1-b_i\right)^{a_i}\right]^{n_i}$, $b_i=\exp\left\{-\tau\sum_{j=1}^{k_i}\frac{C_{ij}}{t_{ij}}\right\}$ | $P(\tau)=\prod_{i=1}^{m}[1-(1-b_i)^{a_i}]^{n_i}$, $b_i=\exp\left\{-\tau\sum_{j=1}^{k_i}C_{ij}\lambda_{ij}\right\}$ | Индексы $j$, $i$ соответствуют элементу $j$-го типа внутри подсистемы $i$-го типа |

Примечания:

1. $C_n^m=\frac{n!}{m!(n-m)!}$.

2. Принятые в графе 2 таблицы обозначения $t_i$, $t_{ij}$ в зависимости от используемого ПН элементов имеют смысл $t_{cpi}$, $t_{cpij}$ или $t_{oi}$, $t_{oij}$.

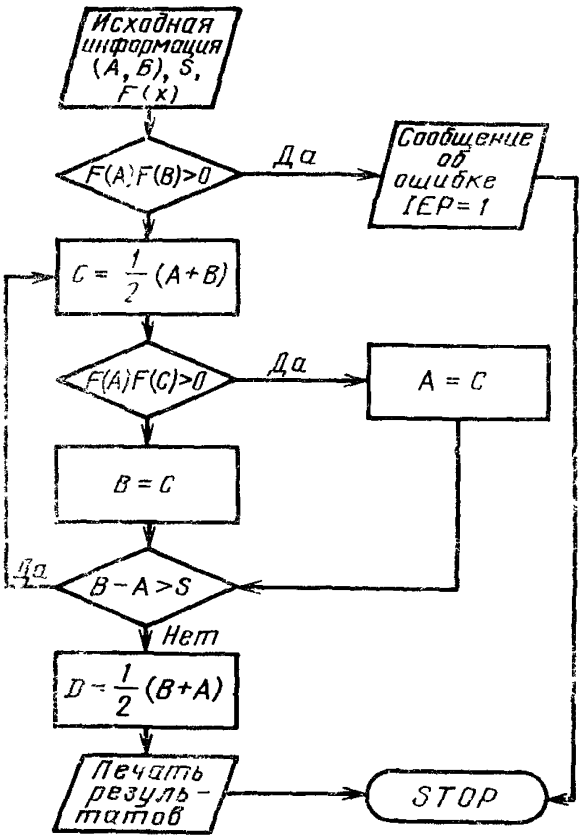
*ПРИЛОЖЕНИЕ 7*
*Справочное*

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ $P(\tau)$ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БЕЗОТКАЗНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ТАБЛИЦЕ 5

1. Метод половинного деления

Метод половинного деления используется для поиска корней трансцендентного уравнения вида $F(x)=0$ в интервале $(a, b)$.

Блок-схема программы метода половинного деления приведена на рисунке




В соответствии с блок-схемой программы метода половинного деления на языке ФОРТРАН-IV разработана программа *POLD*. Обращение к программе осуществляется оператором:

*CALL POLD (A, B, D, S, FCT, IEP),*

*A* — значение левой границы интервала, содержащего корень;

*B* — значение правой границы интервала, содержащего корень;

*D* — вычисленный корень уравнения;

*S* — погрешность вычисления корня;

*FCT* — имя используемой внешней программы функции. Параметр *FCT* должен быть описан оператором *EXTERNAL;*

*IEP* — идентификатор ошибки

$$IEP=\begin{cases}0, \text{ нет ошибки}\\ 1, \text{ интервал } (a, b) \text{ не содержит}\\ \text{корня, } F(a)\cdot F(b)>0.\end{cases}$$

Программа *POLD:*

```
SUBROUTINE POLD (A, B, D, S, FCT, IEP)
IEP=0
FA=FCT (A)
FB=FCT (B)
   IF (FA*FB.GT.Ø) GO TO 4Ø
1Ø CONTINUE
   C=(A+B)/2
   FC=FCT (C)
   IE (FA*FC.GT.Ø) GO TO 2Ø
   B=C
   FB=FC
   GO TO 3Ø
2Ø CONTINUE
   A=C
   FA=FC
3Ø CONTINUE
   IF (A.LE.1.) EPS=ABS (B-A)
   IF (A.GT.1) EPS=ABS ((B—A)/A)
   IF (EPS.GT.S) GO TO 1Ø
   D=(A+B)/2
   RETURN
4Ø IEP=1
   RETURN
   END
```

2. Приближенный метод определения $\underline{P}(\tau)$.

При определении нижней доверительной границы ВБР объекта по табл. 5 для ССН 04, 05, 10, 11 может быть использована формула, дающая приближение снизу:

$$\underline{P}(\tau)=1-(1-\underline{R}^{\frac{1}{k}})^k,$$

где $k$ — число параллельно соединенных элементов (подсистем);

$\underline{R}$ — нижняя доверительная граница для ВБР последовательной системы, составленной из всех элементов объекта.

Величина $\underline{R}$ определяется в соответствии с разд. 3.

## ЗАВИСИМОСТЬ $\theta=\Psi[P(\tau)]$ ДЛЯ ПН ОБЪЕКТА В СЛУЧАЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТКИ ДО ОТКАЗА (НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ) ОБЪЕКТА

| Оцениваемый ПН объекта (группа) | $\theta=\psi[P(\tau)]$ | Доверительная граница одностороннего доверительного интервала |
|---|---|---|
| I | $T_{ср}=-\frac{\tau}{\ln P(\tau)}$ | $\underline{T}_{ср}=-\frac{\tau}{\ln \underline{P}(\tau)}$ |
| | $T_0=-\frac{\tau}{\ln P(\tau)}$ | $\underline{T}_0=-\frac{\tau}{\ln \underline{P}(\tau)}$ |
| | $T_\gamma=\frac{\tau\cdot\ln(\gamma/100)}{\ln P(\tau)}$ | $\underline{T}_\gamma=\frac{\tau\cdot\ln(\gamma/100)}{\ln \underline{P}(\tau)}$ |
| II | $\Lambda=-\frac{1}{\tau}\ln P(\tau)$ | $\overline{\Lambda}=-\frac{1}{\tau}\ln \underline{P}(\tau)$ |
| III | $K_г=\frac{\tau}{\tau-T_в\ln P(\tau)}$ | $\underline{K}_г=\frac{\tau}{\tau-T_в\ln \underline{P}(\tau)}$ |

*ПРИЛОЖЕНИЕ 9*
*Рекомендуемое*

## МЕТОД ЭКВИВАЛЕНТНОГО БИНОМИАЛЬНОГО ПЛАНА В СЛУЧАЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТОК ДО ОТКАЗА (НАРАБОТОК НА ОТКАЗ) ЭЛЕМЕНТОВ

1. Метод применяется для последовательных ССН (01, 02), элементы которых испытываются по следующим планам:
[*NUT*], [*NUr*], [*NRT*], [*NRr*].

2. В качестве исходной информации для определения интервальной оценки ПН объекта используются величины:

$S_1, \ldots, S_m$ — суммарные наработки элементов каждого типа за время испытаний;

$d_1, \ldots d_m$ — количество отказов элементов каждого типа за время испытаний.

3. Интервальные оценки ПН объекта, соответствующие доверительной вероятности $(1-\beta)$, определяются по следующим формулам:

$$\underline{P}(\tau)=\exp\left\{-\frac{\tau}{\underline{T}}\right\};$$

$$\overline{\Lambda}=\frac{1}{\underline{T}};$$

$$\underline{T}=\frac{2S}{\chi^2_{1-\beta}(2D+2)};$$

$$S=\min_{1\leqslant i\leqslant m}\left\{\frac{S_i}{n_i}\right\};$$

$$D=S\sum_{i=1}^{m}\frac{d_i^* n_i}{S_i};$$

$$d_i^*=\begin{cases} d_i \text{ при планах испытаний элементов } [NUT],\ [NRT]; \\ d_i-1 \text{ при планах испытаний элементов } [NUr],\ [NRr]. \end{cases}$$

Значения $\chi^2_{1-\beta}(2D+2)$ определяются по табл. 4 справочного приложения 11 для $\nu=1-\beta$, $L=2D+2$ с интерполяцией при нецелых значениях $L$.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 10*
*Рекомендуемое*

## КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД В СЛУЧАЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТОК ДО ОТКАЗА (НАРАБОТОК НА ОТКАЗ ЭЛЕМЕНТОВ)

1 Метод применяется для ССН 01—16, элементы которых испытываются по следующим планам:

[*NUT*], [*NUr*], [*NR*T], [*NRr*].

Метод позволяет определить интервальные оценки ПН объекта с доверительной вероятностью $(1-\beta)\geqslant 0{,}777$.

2. В качестве исходной информации для определения интервальной оценки ПН объекта используются суммарные наработки и количество отказов элементов каждого типа за время испытаний.

3. Применение комбинированного метода предусматривает формирование структурных элементов исследуемого объекта. Структурный элемент представляет собой группу последовательно соединенных элементов объекта. ПН объекта в этом случае представляется как функция интенсивностей отказов (параметров потока отказов) структурных элементов

$$\theta=\varphi(\lambda_1,\ldots,\lambda_k).$$

4 По результатам испытаний элементов определяют верхние доверительные границы интенсивностей отказов (параметров потока отказов) структурных элементов:

$$\overline{\lambda}_i=\frac{\chi^2_{1-\beta}(2D_i+2)}{2s_i},\qquad (i=\overline{1,k}),$$

$$s_i=\min_{1\leqslant j\leqslant k_i}\left\{\frac{S_i}{n_{ij}}\right\};$$

$$D_i=s_i\sum_{j=1}^{k_i}\frac{d_{ij}n_{ij}}{S_{ij}},$$

$$d_{ij}-\begin{cases} d_{ij} \text{ при планах испытаний элементов } [NUT],\ [NRT];\\ d_{ij}-1 \text{ при планах испытаний элементов } [NUr],\ [N_iRr],\end{cases}$$

где $s_{ij}$ — суммарная наработка элементов $j$-го типа $i$-го структурного элемента за время испытаний;

$d_{ij}$ — количество отказов элементов $j$-го типа $i$-го структурного элемента за время испытаний;

$n_{ij}$ — количество элементов $j$-го типа в $i$-м структурном элементе;

$k_i$ — количество различных типов элементов в $i$-м структурном элементе.

Значения $\chi^2_{1-\beta}(2D+2)$ определяются по табл. 4 справочного приложения 11 для $\nu=1-\beta$, $L=2D+2$ с интерполяцией при нецелых $L$.

5. Интервальная оценка ПН объекта определяется на основе зависимости $\theta=\varphi(\lambda_1,\ \ldots,\ \lambda_k)$:

$$\overline{\Lambda}=\varphi_1(\overline{\lambda}_1\ \ldots,\overline{\lambda}_k);$$

$$\underline{T}=\varphi_2(\overline{\lambda}_1,\ldots,\overline{\lambda}_k);$$

$$\underline{P}(\tau)=\varphi_3(\overline{\lambda}_1,\ldots,\overline{\lambda}_k).$$

**Приведенные в таблицах значения нижних доверительных границ**

**Нижние доверительные границы ВБР**

| $q$ | $n$ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 00 | 5848 | 6687 | 7248 | 7647 | 7946 | 8178 | 8363 | 8513 | 8639 | 8745 | 8836 |
| 01 | 5745 | 6575 | 7129 | 7524 | 7820 | 8049 | 8232 | 8382 | 8505 | 8611 | 8701 |
| 02 | 5643 | 6463 | 7012 | 7403 | 7696 | 7923 | 8105 | 8253 | 8376 | 8481 | 8570 |
| 03 | 5542 | 6353 | 6896 | 7284 | 7574 | 7799 | 7979 | 8127 | 8249 | 8353 | 8442 |
| 04 | 5442 | 6244 | 6782 | 7166 | 7454 | 7677 | 7856 | 8002 | 8124 | 8227 | 8316 |
| 05 | 5343 | 6137 | 6669 | 7049 | 7335 | 7557 | 7734 | 7880 | 8001 | 8104 | 8192 |
| 06 | 5245 | 6030 | 6557 | 6934 | 7218 | 7438 | 7614 | 7759 | 7880 | 7982 | 8070 |
| 07 | 5147 | 5925 | 6447 | 6821 | 7102 | 7321 | 7496 | 7640 | 7760 | 7862 | 7949 |
| 08 | 5051 | 5820 | 6337 | 6708 | 6987 | 7204 | 7379 | 7522 | 7642 | 7743 | 7830 |
| 09 | 4956 | 5717 | 6229 | 6597 | 6873 | 7090 | 7263 | 7405 | 7525 | 7626 | 7713 |
| 10 | 4861 | 5614 | 6122 | 6486 | 6761 | 6976 | 7148 | 7290 | 7409 | 7510 | 7597 |
| 11 | 4768 | 5512 | 6015 | 6377 | 6650 | 6863 | 7035 | 7176 | 7294 | 7395 | 7482 |
| 12 | 4675 | 5412 | 5910 | 6269 | 6540 | 6752 | 6922 | 7063 | 7181 | 7281 | 7367 |
| 13 | 4583 | 5312 | 5805 | 6161 | 6430 | 6641 | 6811 | 6951 | 7068 | 7168 | 7254 |
| 14 | 4492 | 5213 | 5702 | 6055 | 6322 | 6532 | 6700 | 6840 | 6957 | 7056 | 7142 |
| 15 | 4401 | 5115 | 5599 | 5949 | 6215 | 6423 | 6591 | 6729 | 6846 | 6945 | 7031 |
| 16 | 4311 | 5017 | 5497 | 5845 | 6108 | 6315 | 6482 | 6620 | 6736 | 6835 | 6921 |
| 17 | 4222 | 4921 | 5396 | 5741 | 6003 | 6208 | 6374 | 6512 | 6627 | 6726 | 6811 |
| 18 | 4134 | 4825 | 5296 | 5638 | 5898 | 6102 | 6267 | 6404 | 6519 | 6617 | 6702 |
| 19 | 4047 | 4730 | 5197 | 5536 | 5794 | 5997 | 6161 | 6297 | 6411 | 6509 | 6594 |
| 20 | 3960 | 4636 | 5098 | 5434 | 5690 | 5892 | 6055 | 6191 | 6305 | 6402 | 6487 |
| 21 | 3874 | 4542 | 5000 | 5333 | 5588 | 5788 | 5950 | 6085 | 6199 | 6296 | 6380 |
| 22 | 3789 | 4450 | 4903 | 5233 | 5485 | 5685 | 5846 | 5980 | 6093 | 6190 | 6274 |
| 23 | 3704 | 4357 | 4805 | 5134 | 5384 | 5582 | 5743 | 5876 | 5989 | 6085 | 6169 |
| 24 | 3621 | 4266 | 4711 | 5036 | 5281 | 5480 | 5640 | 5772 | 5884 | 5980 | 6064 |
| 25 | 3538 | 4175 | 4616 | 4938 | 5184 | 5379 | 5538 | 5669 | 5781 | 5876 | 5960 |
| 26 | 3455 | 4085 | 4521 | 4840 | 5085 | 5278 | 5436 | 5567 | 5678 | 5773 | 5856 |
| 27 | 3373 | 3996 | 4427 | 4744 | 4985 | 5178 | 5335 | 5465 | 5576 | 5670 | 5753 |
| 28 | 3292 | 3908 | 4334 | 4648 | 4888 | 5079 | 5235 | 5364 | 5474 | 5568 | 5650 |
| 29 | 3212 | 3820 | 4242 | 4552 | 4791 | 4980 | 5135 | 5263 | 5373 | 5466 | 5548 |
| 30 | 3132 | 3732 | 4150 | 4457 | 4694 | 4882 | 5036 | 5163 | 5272 | 5365 | 5446 |

**НИЖНИХ ДОВЕРИТЕЛЬНЫХ ГРАНИЦ ВБР**
**умножены на $10^4$, значения $q$ умножены на $10^2$**

Таблица 1

**для доверительной вероятности $1-\beta = 0{,}8$**

| $n$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 8914 | 8983 | 9043 | 9097 | 9145 | 9188 | 9227 | 9262 | 9295 | 9324 | 9351 | 9377 | 9400 |
| 8773 | 8847 | 8907 | 8960 | 9008 | 9051 | 9089 | 9124 | 9157 | 9186 | 9213 | 9238 | 9261 |
| 8647 | 8715 | 8775 | 8828 | 8875 | 8918 | 8956 | 8991 | 9023 | 9053 | 9080 | 9105 | 9128 |
| 8519 | 8586 | 8645 | 8698 | 8745 | 8788 | 8827 | 8862 | 8894 | 8923 | 8950 | 8975 | 8999 |
| 8392 | 8459 | 8519 | 8572 | 8619 | 8661 | 8700 | 8735 | 8767 | 8797 | 8824 | 8849 | 8872 |
| 8268 | 8335 | 8394 | 8447 | 8494 | 8537 | 8576 | 8611 | 8643 | 8673 | 8700 | 8725 | 8749 |
| 8146 | 8213 | 8272 | 8325 | 8372 | 8415 | 8453 | 8489 | 8521 | 8551 | 8578 | 8604 | 8627 |
| 8025 | 8092 | 8151 | 8204 | 8251 | 8294 | 8333 | 8368 | 8401 | 8431 | 8458 | 8484 | 8507 |
| 7906 | 7973 | 8032 | 8085 | 8132 | 8175 | 8214 | 8249 | 8282 | 8312 | 8340 | 8365 | 8389 |
| 7789 | 7853 | 7914 | 7967 | 8015 | 8057 | 8096 | 8132 | 8165 | 8195 | 8222 | 8248 | 8272 |
| 7672 | 7739 | 7798 | 7851 | 7898 | 7941 | 7980 | 8016 | 8048 | 8079 | 8106 | 8132 | 8156 |
| 7557 | 7624 | 7683 | 7735 | 7783 | 7826 | 7865 | 7901 | 7933 | 7964 | 7992 | 8018 | 8042 |
| 7443 | 7509 | 7568 | 7621 | 7669 | 7712 | 7751 | 7786 | 7819 | 7850 | 7878 | 7904 | 7928 |
| 7330 | 7396 | 7455 | 7508 | 7555 | 7598 | 7637 | 7673 | 7706 | 7737 | 7765 | 7791 | 7815 |
| 7217 | 7284 | 7343 | 7395 | 7443 | 7486 | 7525 | 7561 | 7594 | 7625 | 7653 | 7679 | 7703 |
| 7106 | 7172 | 7231 | 7284 | 7331 | 7374 | 7414 | 7450 | 7483 | 7513 | 7541 | 7568 | 7592 |
| 6996 | 7062 | 7120 | 7173 | 7221 | 7264 | 7303 | 7339 | 7372 | 7403 | 7431 | 7457 | 7482 |
| 6886 | 6952 | 7010 | 7063 | 7111 | 7154 | 7193 | 7229 | 7262 | 7293 | 7321 | 7347 | 7372 |
| 6777 | 6843 | 6901 | 6954 | 7001 | 7044 | 7084 | 7120 | 7153 | 7183 | 7212 | 7238 | 7263 |
| 6669 | 6734 | 6793 | 6845 | 6893 | 6935 | 6975 | 7011 | 7044 | 7075 | 7103 | 7130 | 7155 |
| 6561 | 6627 | 6685 | 6737 | 6785 | 6828 | 6867 | 6903 | 6936 | 6967 | 6995 | 7022 | 7047 |
| 6454 | 6519 | 6578 | 6630 | 6677 | 6720 | 6760 | 6796 | 6829 | 6859 | 6888 | 6914 | 6939 |
| 6348 | 6413 | 6471 | 6523 | 6571 | 6614 | 6653 | 6689 | 6722 | 6753 | 6781 | 6808 | 6832 |
| 6242 | 6307 | 6365 | 6417 | 6464 | 6507 | 6546 | 6582 | 6616 | 6646 | 6675 | 6701 | 6725 |
| 6137 | 6202 | 6260 | 6312 | 6359 | 6402 | 6441 | 6477 | 6510 | 6540 | 6569 | 6595 | 6620 |
| 6032 | 6097 | 6155 | 6207 | 6254 | 6296 | 6335 | 6371 | 6404 | 6435 | 6463 | 6490 | 6515 |
| 5928 | 5993 | 6050 | 6102 | 6149 | 6192 | 6231 | 6266 | 6300 | 6330 | 6359 | 6385 | 6410 |
| 5825 | 5889 | 5947 | 5998 | 6045 | 6087 | 6126 | 6162 | 6195 | 6226 | 6254 | 6281 | 6305 |
| 5722 | 5785 | 5843 | 5895 | 5941 | 5984 | 6023 | 6058 | 6091 | 6122 | 6150 | 6177 | 6201 |
| 5620 | 5683 | 5740 | 5792 | 5838 | 5880 | 5919 | 5955 | 5988 | 6018 | 6046 | 6073 | 6098 |
| 5518 | 5581 | 5638 | 5689 | 5735 | 5778 | 5816 | 5852 | 5885 | 5915 | 5943 | 5970 | 5994 |

| $q$ | $n$ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| 00 | 9421 | 9441 | 9460 | 9478 | 9494 | 9509 | 9524 | 9537 | 9551 | 9562 | 9574 |
| 01 | 9283 | 9303 | 9321 | 9339 | 9355 | 9370 | 9385 | 9399 | 9411 | 9424 | 9435 |
| 02 | 9149 | 9169 | 9188 | 9206 | 9222 | 9237 | 9252 | 9266 | 9279 | 9291 | 9303 |
| 03 | 9020 | 9040 | 9059 | 9077 | 9093 | 9109 | 9123 | 9137 | 9150 | 9163 | 9175 |
| 04 | 8894 | 8914 | 8933 | 8951 | 8968 | 8983 | 8998 | 9012 | 9025 | 9038 | 9050 |
| 05 | 8771 | 8791 | 8810 | 8828 | 8845 | 8861 | 8875 | 8890 | 8903 | 8916 | 8928 |
| 06 | 8649 | 8670 | 8689 | 8707 | 8724 | 8740 | 8755 | 8769 | 8783 | 8795 | 8808 |
| 07 | 8529 | 8550 | 8569 | 8588 | 8605 | 8621 | 8636 | 8650 | 8664 | 8677 | 8689 |
| 08 | 8411 | 8432 | 8451 | 8470 | 8487 | 8503 | 8519 | 8533 | 8547 | 8560 | 8572 |
| 09 | 8294 | 8315 | 8335 | 8373 | 8371 | 8387 | 8402 | 8417 | 8431 | 8444 | 8457 |
| 10 | 8179 | 8200 | 8219 | 8238 | 8255 | 8272 | 8287 | 8302 | 8316 | 8330 | 8342 |
| 11 | 8064 | 8085 | 8105 | 8124 | 8141 | 8158 | 8174 | 8188 | 8203 | 8216 | 8229 |
| 12 | 7951 | 7972 | 7992 | 8011 | 8028 | 8045 | 8061 | 8076 | 8090 | 8103 | 8116 |
| 13 | 7838 | 7859 | 7879 | 7898 | 7916 | 7933 | 7949 | 7964 | 7978 | 7991 | 8004 |
| 14 | 7726 | 7748 | 7768 | 7787 | 7804 | 7821 | 7837 | 7852 | 7867 | 7880 | 7893 |
| 15 | 7615 | 7637 | 7657 | 7676 | 7694 | 7711 | 7727 | 7742 | 7756 | 7770 | 7783 |
| 16 | 7505 | 7526 | 7547 | 7566 | 7584 | 7601 | 7617 | 7632 | 7646 | 7660 | 7673 |
| 17 | 7395 | 7417 | 7437 | 7456 | 7474 | 7491 | 7507 | 7523 | 7537 | 7551 | 7564 |
| 18 | 7286 | 7308 | 7328 | 7347 | 7365 | 7382 | 7399 | 7414 | 7429 | 7443 | 7456 |
| 19 | 7178 | 7199 | 7220 | 7239 | 7257 | 7274 | 7290 | 7306 | 7321 | 7335 | 7348 |
| 20 | 7070 | 7091 | 7112 | 7131 | 7149 | 7167 | 7183 | 7198 | 7213 | 7227 | 7240 |
| 21 | 6962 | 6984 | 7005 | 7024 | 7042 | 7059 | 7076 | 7091 | 7106 | 7120 | 7133 |
| 22 | 6856 | 6877 | 6898 | 6917 | 6935 | 6953 | 6969 | 6985 | 6999 | 7013 | 7027 |
| 23 | 6749 | 6771 | 6792 | 6811 | 6829 | 6846 | 6863 | 6878 | 6893 | 6907 | 6921 |
| 24 | 6643 | 6665 | 6686 | 6705 | 6723 | 6741 | 6757 | 6773 | 6788 | 6802 | 6815 |
| 25 | 6538 | 6560 | 6580 | 6600 | 6618 | 6635 | 6652 | 6667 | 6682 | 6696 | 6710 |
| 26 | 6433 | 6455 | 6475 | 6495 | 6513 | 6530 | 6547 | 6563 | 6577 | 6592 | 6605 |
| 27 | 6329 | 6350 | 6371 | 6390 | 6409 | 6426 | 6442 | 6458 | 6473 | 6487 | 6501 |
| 28 | 6224 | 6246 | 6267 | 6286 | 6304 | 6322 | 6338 | 6354 | 6369 | 6383 | 6397 |
| 29 | 6121 | 6142 | 6163 | 6182 | 6201 | 6218 | 6234 | 6250 | 6265 | 6279 | 6293 |
| 30 | 6017 | 6039 | 6060 | 6079 | 6097 | 6115 | 6131 | 6147 | 6162 | 6176 | 6189 |

*Продолжение табл. 1*

| $n$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| 9585 | 9596 | 9606 | 9615 | 9624 | 9633 | 9641 | 9649 | 9656 | 9663 | 9670 | 9677 | 9683 |
| 9446 | 9457 | 9466 | 9476 | 9485 | 9493 | 9502 | 9510 | 9517 | 9524 | 9531 | 9538 | 9544 |
| 9314 | 9324 | 9334 | 9344 | 9353 | 9361 | 9370 | 9378 | 9385 | 9393 | 9400 | 9406 | 9413 |
| 9186 | 9196 | 9206 | 9216 | 9225 | 9234 | 9243 | 9251 | 9258 | 9266 | 9273 | 9280 | 9287 |
| 9061 | 9072 | 9082 | 9092 | 9101 | 9110 | 9119 | 9127 | 9135 | 9143 | 9150 | 9157 | 9164 |
| 8939 | 8950 | 8960 | 8970 | 8980 | 8989 | 8998 | 9006 | 9014 | 9022 | 9029 | 9036 | 9043 |
| 8819 | 8830 | 8841 | 8851 | 8860 | 8870 | 8878 | 8887 | 8895 | 8903 | 8910 | 8918 | 8925 |
| 8701 | 8712 | 8723 | 8733 | 8743 | 8752 | 8761 | 8770 | 8778 | 8786 | 8793 | 8801 | 8808 |
| 8584 | 8595 | 8606 | 8616 | 8626 | 8636 | 8645 | 8654 | 8662 | 8670 | 8678 | 8685 | 8692 |
| 8469 | 8480 | 8491 | 8501 | 8511 | 8521 | 8530 | 8539 | 8547 | 8555 | 8563 | 8571 | 8578 |
| 8354 | 8366 | 8377 | 8387 | 8397 | 8407 | 8416 | 8425 | 8434 | 8442 | 8450 | 8457 | 8465 |
| 8241 | 8252 | 8264 | 8274 | 8284 | 8294 | 8303 | 8312 | 8321 | 8329 | 8337 | 8345 | 8352 |
| 8128 | 8140 | 8151 | 8162 | 8172 | 8181 | 8191 | 8200 | 8209 | 8218 | 8226 | 8233 | 8241 |
| 8017 | 8028 | 8040 | 8050 | 8061 | 8071 | 8080 | 8089 | 8098 | 8107 | 8115 | 8123 | 8130 |
| 7906 | 7918 | 7929 | 7940 | 7950 | 7960 | 7970 | 7979 | 7988 | 7996 | 8005 | 8012 | 8020 |
| 7795 | 7807 | 7819 | 7830 | 7840 | 7850 | 7860 | 7869 | 7878 | 7887 | 7896 | 7903 | 7911 |
| 7686 | 7698 | 7709 | 7720 | 7731 | 7741 | 7751 | 7760 | 7769 | 7778 | 7786 | 7794 | 7802 |
| 7577 | 7589 | 7600 | 7612 | 7622 | 7632 | 7642 | 7651 | 7660 | 7669 | 7678 | 7686 | 7694 |
| 7468 | 7481 | 7492 | 7503 | 7514 | 7524 | 7534 | 7543 | 7552 | 7561 | 7570 | 7578 | 7586 |
| 7361 | 7373 | 7384 | 7396 | 7406 | 7416 | 7426 | 7486 | 7445 | 7454 | 7462 | 7470 | 7478 |
| 7253 | 7265 | 7277 | 7288 | 7299 | 7309 | 7319 | 7329 | 7338 | 7347 | 7355 | 7364 | 7371 |
| 7146 | 7158 | 7170 | 7181 | 7192 | 7203 | 7213 | 7222 | 7231 | 7240 | 7249 | 7257 | 7265 |
| 7040 | 7052 | 7064 | 7075 | 7086 | 7096 | 7106 | 7116 | 7125 | 7134 | 7143 | 7151 | 7159 |
| 6934 | 6946 | 6958 | 6969 | 6980 | 6990 | 7000 | 7010 | 7019 | 7028 | 7037 | 7045 | 7053 |
| 6828 | 6840 | 6852 | 6864 | 6874 | 6885 | 6895 | 6905 | 6914 | 6923 | 6932 | 6940 | 6948 |
| 6723 | 6735 | 6747 | 6758 | 6769 | 6780 | 6790 | 6800 | 6809 | 6818 | 6827 | 6835 | 6843 |
| 6618 | 6630 | 6642 | 6654 | 6665 | 6156 | 6685 | 6695 | 6704 | 6713 | 6722 | 6730 | 6738 |
| 6514 | 6526 | 6538 | 6549 | 6560 | 6054 | 6581 | 6590 | 6600 | 6609 | 6618 | 6626 | 6634 |
| 6409 | 6422 | 6434 | 6445 | 6456 | 5951 | 6477 | 6486 | 6496 | 6505 | 6514 | 6522 | 6530 |
| 6303 | 6318 | 6330 | 6341 | 6352 | 5849 | 6373 | 6383 | 6392 | 6401 | 6410 | 6418 | 6427 |
| 6202 | 6215 | 6227 | 6238 | 6249 | 5747 | 6270 | 6279 | 6289 | 6298 | 6307 | 6315 | 6323 |

## Нижние доверительные границы ВБР

| q | n | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 00 | 4642 | 5623 | 6310 | 6813 | 7197 | 7499 | 7743 | 7943 | 8111 | 8254 | 8379 |
| 01 | 4542 | 5509 | 6186 | 6682 | 7061 | 7359 | 7600 | 7798 | 7964 | 8105 | 8227 |
| 02 | 4444 | 5397 | 6064 | 6554 | 6929 | 7223 | 7464 | 7657 | 7822 | 7961 | 8082 |
| 03 | 4347 | 5287 | 5945 | 6429 | 6799 | 7090 | 7326 | 7520 | 7683 | 7821 | 7941 |
| 04 | 4252 | 5178 | 5828 | 6306 | 6671 | 6960 | 7193 | 7385 | 7547 | 7685 | 7804 |
| 05 | 4158 | 5071 | 5712 | 6185 | 6547 | 6832 | 7063 | 7254 | 7415 | 7552 | 7670 |
| 06 | 4065 | 4965 | 5599 | 6066 | 6424 | 6707 | 6936 | 7126 | 7285 | 7421 | 7538 |
| 07 | 3974 | 4862 | 5487 | 5949 | 6303 | 6583 | 6811 | 6999 | 7157 | 7293 | 7409 |
| 08 | 3884 | 4759 | 5377 | 5833 | 6184 | 6462 | 6688 | 6875 | 7032 | 7167 | 7283 |
| 09 | 3795 | 4658 | 5268 | 5720 | 6067 | 6343 | 6567 | 6752 | 6909 | 7043 | 7158 |
| 10 | 3708 | 4558 | 5161 | 5608 | 5952 | 6225 | 6447 | 6632 | 6787 | 6920 | 7036 |
| 11 | 3622 | 4460 | 5055 | 5497 | 5838 | 6109 | 6329 | 6513 | 6667 | 6800 | 6915 |
| 12 | 3536 | 4363 | 4951 | 5388 | 5726 | 5994 | 6213 | 6395 | 6549 | 6681 | 6796 |
| 13 | 3452 | 4267 | 4848 | 5281 | 5615 | 5881 | 6098 | 6279 | 6432 | 6564 | 6678 |
| 14 | 3369 | 4173 | 4746 | 5174 | 5505 | 5769 | 5985 | 6165 | 6317 | 6448 | 6561 |
| 15 | 3287 | 4079 | 4646 | 5069 | 5397 | 5659 | 5873 | 6052 | 6203 | 6333 | 6446 |
| 16 | 3206 | 3987 | 4547 | 4965 | 5290 | 5550 | 5762 | 5940 | 6090 | 6220 | 6332 |
| 17 | 3126 | 3896 | 4449 | 4863 | 5185 | 5442 | 5653 | 5829 | 5979 | 6108 | 6220 |
| 18 | 3048 | 3806 | 4352 | 4761 | 5080 | 5335 | 5545 | 5720 | 5868 | 5996 | 6108 |
| 19 | 2970 | 3717 | 4256 | 4661 | 4977 | 5230 | 5437 | 5611 | 5759 | 5887 | 5998 |
| 20 | 2893 | 3629 | 4161 | 4562 | 4874 | 5125 | 5331 | 5504 | 5651 | 5778 | 5888 |
| 21 | 2817 | 3542 | 4067 | 4464 | 4773 | 5022 | 5226 | 5398 | 5544 | 5670 | 5780 |
| 22 | 2742 | 3456 | 3975 | 4366 | 4673 | 4919 | 5122 | 5292 | 5437 | 5563 | 5672 |
| 23 | 2668 | 3371 | 3883 | 4270 | 4574 | 4818 | 5019 | 5188 | 5332 | 5457 | 5566 |
| 24 | 2595 | 3288 | 3792 | 4175 | 4474 | 4717 | 4917 | 5085 | 5228 | 5352 | 5460 |
| 25 | 2523 | 3205 | 3703 | 4081 | 4378 | 4618 | 4816 | 4982 | 5124 | 5247 | 5355 |
| 26 | 2452 | 3123 | 3614 | 3988 | 4282 | 4519 | 4715 | 4881 | 5022 | 5144 | 5251 |
| 27 | 2382 | 3042 | 3526 | 3896 | 4186 | 4422 | 4616 | 4780 | 4920 | 5041 | 5148 |
| 28 | 2312 | 2962 | 3439 | 3804 | 4092 | 4325 | 4517 | 4680 | 4819 | 4940 | 5045 |
| 29 | 2244 | 2882 | 3353 | 3714 | 3998 | 4229 | 4420 | 4581 | 4719 | 4839 | 4944 |
| 30 | 2176 | 2804 | 3268 | 3624 | 3905 | 4134 | 4323 | 4483 | 4620 | 4739 | 4843 |

Таблица 2

для доверительной вероятности $1-\beta=0{,}9$

| $n$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 8483 | 8577 | 8660 | 8733 | 8799 | 8859 | 8913 | 8962 | 9006 | 9047 | 9085 | 9120 | 9152 |
| 8332 | 8425 | 8506 | 8579 | 8645 | 8704 | 8757 | 8805 | 8850 | 8891 | 8928 | 8963 | 8995 |
| 8186 | 8278 | 8359 | 8432 | 8496 | 8555 | 8608 | 8656 | 8701 | 8741 | 8779 | 8813 | 8845 |
| 8045 | 8136 | 8217 | 8289 | 8353 | 8412 | 8465 | 8513 | 8557 | 8598 | 8635 | 8670 | 8702 |
| 7907 | 7998 | 8078 | 8150 | 8215 | 8273 | 8326 | 8374 | 8418 | 8459 | 8497 | 8531 | 8564 |
| 7772 | 7863 | 7943 | 8015 | 8079 | 8137 | 8190 | 8239 | 8283 | 8324 | 8361 | 8396 | 8429 |
| 7641 | 7731 | 7811 | 7832 | 7947 | 8005 | 8058 | 8106 | 8151 | 8192 | 8230 | 8265 | 8297 |
| 7512 | 7601 | 7681 | 7753 | 7817 | 7875 | 7928 | 7977 | 8021 | 8062 | 8100 | 8135 | 8168 |
| 7385 | 7474 | 7554 | 7625 | 7690 | 7748 | 7801 | 7850 | 7894 | 7935 | 7973 | 8009 | 8042 |
| 7260 | 7349 | 7429 | 7500 | 7564 | 7623 | 7676 | 7724 | 7769 | 7810 | 7848 | 7884 | 7917 |
| 7137 | 7226 | 7305 | 7377 | 7441 | 7499 | 7552 | 7601 | 7646 | 7687 | 7725 | 7761 | 7794 |
| 7016 | 7105 | 7184 | 7255 | 7319 | 7377 | 7431 | 7479 | 7524 | 7566 | 7604 | 7640 | 7673 |
| 6896 | 6985 | 7064 | 7135 | 7199 | 7257 | 7310 | 7359 | 7404 | 7446 | 7484 | 7520 | 7553 |
| 6778 | 6866 | 6945 | 7016 | 7080 | 7139 | 7192 | 7241 | 7285 | 7327 | 7366 | 7401 | 7435 |
| 6661 | 6749 | 6828 | 6899 | 6963 | 7021 | 7047 | 7123 | 7168 | 7210 | 7248 | 7284 | 7318 |
| 6546 | 6634 | 6712 | 6783 | 6847 | 6905 | 6958 | 7007 | 7052 | 7094 | 7132 | 7168 | 7202 |
| 6431 | 6519 | 6597 | 6668 | 6732 | 6790 | 6843 | 6892 | 6937 | 6979 | 7017 | 7053 | 7088 |
| 6318 | 6406 | 6484 | 6554 | 6618 | 6670 | 6729 | 6778 | 6823 | 6865 | 6903 | 6939 | 6773 |
| 6206 | 6293 | 6371 | 6442 | 6505 | 6563 | 6616 | 6665 | 6710 | 6752 | 6790 | 6827 | 6860 |
| 6095 | 6182 | 6260 | 6330 | 6394 | 6451 | 6504 | 6553 | 6598 | 6640 | 6678 | 6715 | 6748 |
| 5986 | 9072 | 6150 | 6219 | 6283 | 6340 | 6393 | 6442 | 6487 | 6529 | 6567 | 6603 | 6637 |
| 5877 | 5963 | 6040 | 6110 | 6173 | 6230 | 6283 | 6332 | 6377 | 6418 | 6457 | 6493 | 6527 |
| 5769 | 5855 | 5931 | 6001 | 6064 | 6121 | 6174 | 6223 | 6267 | 6309 | 6348 | 6384 | 6417 |
| 5662 | 5747 | 5824 | 5893 | 5956 | 6013 | 6066 | 6114 | 6159 | 6200 | 6239 | 6275 | 6309 |
| 5555 | 5640 | 5717 | 5786 | 5848 | 5906 | 5958 | 6006 | 6051 | 6092 | 6131 | 6167 | 6201 |
| 5450 | 5535 | 5611 | 5679 | 5742 | 5799 | 5851 | 5899 | 5944 | 5985 | 6024 | 6060 | 6093 |
| 5345 | 5430 | 5505 | 5574 | 5636 | 5693 | 5745 | 5793 | 5837 | 5879 | 5917 | 5953 | 5987 |
| 5242 | 5326 | 5401 | 5469 | 5531 | 5588 | 5640 | 5687 | 5732 | 5773 | 5811 | 5847 | 5881 |
| 5139 | 5222 | 5297 | 5365 | 5427 | 5483 | 5535 | 5583 | 5627 | 5668 | 5706 | 5742 | 5775 |
| 5037 | 5120 | 5194 | 5262 | 5323 | 5379 | 5431 | 5408 | 5522 | 5563 | 5601 | 5637 | 5670 |
| 4935 | 5018 | 5092 | 5159 | 5220 | 5276 | 5327 | 5375 | 5419 | 5459 | 5497 | 5533 | 5566 |

| $q$ | $n$ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| 00 | 9183 | 9211 | 9237 | 9261 | 9284 | 9306 | 9326 | 9345 | 9363 | 9380 | 9397 |
| 01 | 9025 | 9053 | 9079 | 9103 | 9126 | 9147 | 9167 | 9185 | 9204 | 9222 | 9238 |
| 02 | 8875 | 8903 | 8929 | 8954 | 8976 | 8998 | 9018 | 9038 | 9056 | 9073 | 9089 |
| 03 | 8732 | 8760 | 8786 | 8811 | 8834 | 8856 | 8878 | 8895 | 8914 | 8931 | 8947 |
| 04 | 8594 | 8622 | 8648 | 8673 | 8696 | 8718 | 8739 | 8758 | 8776 | 8794 | 8811 |
| 05 | 8459 | 8487 | 8514 | 8539 | 8562 | 8584 | 8605 | 8625 | 8643 | 8661 | 8678 |
| 06 | 8328 | 8356 | 8383 | 8408 | 8431 | 8453 | 8474 | 8494 | 8513 | 8531 | 8548 |
| 07 | 8199 | 8227 | 8254 | 8279 | 8303 | 8326 | 8343 | 8367 | 8386 | 8404 | 8421 |
| 08 | 8072 | 8101 | 8128 | 8153 | 8177 | 8200 | 8221 | 8241 | 8261 | 8279 | 8296 |
| 09 | 7948 | 7977 | 8004 | 8029 | 8053 | 8076 | 8091 | 8118 | 8137 | 8156 | 8173 |
| 10 | 7825 | 7854 | 7881 | 7907 | 7931 | 7954 | 7976 | 7996 | 8016 | 8034 | 8052 |
| 11 | 7704 | 7733 | 7761 | 7786 | 7811 | 7834 | 7855 | 7876 | 7896 | 7914 | 7932 |
| 12 | 7584 | 7614 | 7641 | 7667 | 7692 | 7715 | 7737 | 7757 | 7777 | 7796 | 7814 |
| 13 | 7466 | 7496 | 7523 | 7549 | 7574 | 7597 | 7619 | 7640 | 7660 | 7679 | 7697 |
| 14 | 7349 | 7379 | 7406 | 7432 | 7457 | 7480 | 7502 | 7523 | 7543 | 7562 | 7581 |
| 15 | 7233 | 7264 | 7291 | 7317 | 7342 | 7365 | 7388 | 7408 | 7428 | 7447 | 7466 |
| 16 | 7118 | 7148 | 7176 | 7202 | 7227 | 7251 | 7273 | 7294 | 7314 | 7333 | 7352 |
| 17 | 7005 | 7034 | 7062 | 7089 | 7113 | 7137 | 7159 | 7181 | 7201 | 7220 | 7238 |
| 18 | 6892 | 6922 | 6950 | 6976 | 7001 | 7024 | 7047 | 7068 | 7088 | 7108 | 7126 |
| 19 | 6780 | 6810 | 6838 | 6864 | 6889 | 6913 | 6935 | 6957 | 6977 | 6995 | 7015 |
| 20 | 6669 | 6699 | 6727 | 6753 | 6778 | 6802 | 6824 | 6846 | 6866 | 6885 | 6904 |
| 21 | 6559 | 6588 | 6616 | 6643 | 6668 | 6692 | 6714 | 6736 | 6756 | 6776 | 6794 |
| 22 | 6449 | 6479 | 6507 | 6533 | 6559 | 6582 | 6605 | 6626 | 6647 | 6666 | 6685 |
| 23 | 6340 | 6370 | 6398 | 6425 | 6450 | 6474 | 6496 | 6518 | 6538 | 6558 | 6576 |
| 24 | 6232 | 6262 | 6290 | 6317 | 6342 | 6365 | 6388 | 6410 | 6430 | 6450 | 6468 |
| 25 | 6125 | 6155 | 6183 | 6209 | 6234 | 6258 | 6281 | 6302 | 6323 | 6342 | 6361 |
| 26 | 6018 | 6048 | 6076 | 6102 | 6128 | 6151 | 6174 | 6195 | 6216 | 6235 | 6254 |
| 27 | 5912 | 5942 | 5970 | 5996 | 6021 | 6045 | 6068 | 6089 | 6110 | 6129 | 6148 |
| 28 | 5807 | 5836 | 5864 | 5891 | 5916 | 5940 | 5962 | 5984 | 6004 | 6024 | 6042 |
| 29 | 5702 | 5731 | 5759 | 5786 | 5811 | 5834 | 5857 | 5878 | 5899 | 5918 | 5937 |
| 30 | 5598 | 5627 | 5655 | 5681 | 5706 | 5730 | 5752 | 5774 | 5794 | 5814 | 5833 |

| $n$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| 9412 | 9427 | 9441 | 9454 | 9467 | 9478 | 9490 | 9501 | 9512 | 9522 | 9532 | 9541 | 9550 |
| 9253 | 9268 | 9282 | 9295 | 9307 | 9320 | 9331 | 9342 | 9353 | 9363 | 9373 | 9382 | 9391 |
| 9105 | 9119 | 9133 | 9147 | 9160 | 9172 | 9183 | 9195 | 9205 | 9216 | 9276 | 9235 | 9244 |
| 8963 | 8978 | 8992 | 9006 | 9019 | 9031 | 9043 | 9054 | 9065 | 9076 | 9086 | 9095 | 9105 |
| 8827 | 8842 | 8856 | 8870 | 8883 | 8895 | 8907 | 8919 | 8930 | 8941 | 8951 | 8961 | 8970 |
| 8694 | 8709 | 8724 | 8738 | 8751 | 8764 | 8776 | 8788 | 8799 | 8810 | 8820 | 8830 | 8840 |
| 8564 | 8580 | 8595 | 8609 | 8622 | 8635 | 8647 | 8659 | 8671 | 8682 | 8692 | 8703 | 8712 |
| 8437 | 8453 | 8468 | 8482 | 8496 | 8509 | 8522 | 8534 | 8545 | 8556 | 8567 | 8577 | 8587 |
| 8313 | 8328 | 8344 | 8358 | 8372 | 8385 | 8398 | 8410 | 8422 | 8433 | 8444 | 8454 | 8465 |
| 8190 | 8206 | 8221 | 8236 | 8250 | 8264 | 8276 | 8288 | 8300 | 8312 | 8323 | 8333 | 8343 |
| 8069 | 8085 | 8100 | 8115 | 8129 | 8143 | 8156 | 8168 | 8180 | 8192 | 8203 | 8213 | 8224 |
| 7949 | 7965 | 7981 | 7996 | 8010 | 8024 | 8037 | 8049 | 8061 | 8073 | 8084 | 8095 | 8106 |
| 7831 | 7847 | 7863 | 7878 | 7892 | 7906 | 7919 | 7932 | 7944 | 7956 | 7967 | 7978 | 7989 |
| 7714 | 7730 | 7746 | 7761 | 7775 | 7789 | 7803 | 7815 | 7828 | 7840 | 7851 | 7862 | 7873 |
| 7598 | 7614 | 7630 | 7645 | 7660 | 7674 | 7687 | 7700 | 7713 | 7725 | 7736 | 7747 | 7758 |
| 7483 | 7500 | 7515 | 7531 | 7545 | 7559 | 7573 | 7586 | 7598 | 7611 | 7622 | 7633 | 7644 |
| 7369 | 7386 | 7402 | 7417 | 7432 | 7446 | 7459 | 7473 | 7485 | 7497 | 7509 | 7520 | 7531 |
| 7256 | 7273 | 7289 | 7304 | 7319 | 7333 | 7347 | 7360 | 7373 | 7385 | 7397 | 7408 | 7419 |
| 7144 | 7161 | 7170 | 7192 | 7207 | 7221 | 7235 | 7248 | 7261 | 7273 | 7285 | 7297 | 7308 |
| 7032 | 7049 | 7066 | 7081 | 7096 | 7110 | 7124 | 7137 | 7150 | 7163 | 7174 | 7186 | 7197 |
| 6922 | 6939 | 6955 | 6971 | 6986 | 7000 | 7014 | 7028 | 7040 | 7052 | 7064 | 7076 | 7087 |
| 6812 | 6829 | 6845 | 6861 | 6876 | 6890 | 6904 | 6918 | 6930 | 6943 | 6955 | 6966 | 6978 |
| 6703 | 6720 | 6736 | 6752 | 6767 | 6781 | 6795 | 6809 | 6822 | 6834 | 6846 | 6858 | 6869 |
| 6594 | 6611 | 6628 | 6643 | 6658 | 6673 | 6687 | 6700 | 6713 | 6726 | 6738 | 6749 | 6761 |
| 6486 | 6503 | 6520 | 6535 | 6551 | 6565 | 6579 | 6593 | 6606 | 6618 | 6630 | 6642 | 6653 |
| 6379 | 6396 | 6412 | 6428 | 6443 | 6458 | 6472 | 6485 | 6498 | 6511 | 6523 | 6535 | 6546 |
| 6272 | 6289 | 6306 | 6321 | 6337 | 6351 | 6365 | 6379 | 6392 | 6404 | 6416 | 6428 | 6440 |
| 6166 | 6183 | 6199 | 6215 | 6230 | 6245 | 6259 | 6273 | 6286 | 6298 | 6310 | 6322 | 6334 |
| 6060 | 6077 | 6094 | 6110 | 6125 | 6139 | 6153 | 6167 | 6180 | 6193 | 6205 | 6217 | 6228 |
| 5955 | 5972 | 5989 | 6004 | 6020 | 6034 | 6048 | 6062 | 6075 | 6087 | 6100 | 6111 | 6123 |
| 5850 | 5868 | 5884 | 5900 | 5915 | 5930 | 5944 | 5957 | 5970 | 5983 | 5995 | 6007 | 6018 |

**Нижние доверительные границы ВБР для**

| $q$ | $n$ = 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 3684 | 4729 | 5493 | 6070 | 6518 | 6877 | 7139 | 7411 | 7615 | 7791 | 7942 |
| 01 | 3593 | 4619 | 5370 | 5938 | 6379 | 6732 | 7020 | 7259 | 7462 | 7633 | 7782 |
| 02 | 3503 | 4511 | 5250 | 5809 | 6244 | 6592 | 6876 | 7112 | 7311 | 7481 | 7629 |
| 03 | 3415 | 4406 | 5133 | 5683 | 6112 | 6455 | 6735 | 6969 | 7166 | 7335 | 7480 |
| 05 | 3329 | 4302 | 5018 | 5560 | 5983 | 6322 | 6599 | 6830 | 7025 | 7192 | 7337 |
| 06 | 3244 | 4200 | 4905 | 5440 | 5857 | 6192 | 6466 | 6694 | 6888 | 7053 | 7197 |
| 06 | 3161 | 4101 | 4794 | 5321 | 5734 | 6065 | 6336 | 6562 | 6754 | 6918 | 7061 |
| 07 | 3079 | 4003 | 4686 | 5206 | 5613 | 5940 | 6208 | 6432 | 6622 | 6786 | 6927 |
| 08 | 2998 | 3906 | 4579 | 5092 | 5494 | 5818 | 6083 | 6305 | 6494 | 6656 | 6797 |
| 09 | 2919 | 3812 | 4475 | 4980 | 5378 | 5698 | 5961 | 6181 | 6368 | 6529 | 6669 |
| 10 | 2841 | 3719 | 4372 | 4871 | 5263 | 5580 | 5840 | 6058 | 6244 | 6404 | 6543 |
| 11 | 2765 | 3627 | 4270 | 4763 | 5151 | 5464 | 5722 | 5938 | 6122 | 6281 | 6419 |
| 12 | 2690 | 3537 | 4171 | 4657 | 5040 | 5350 | 5605 | 5820 | 6002 | 6160 | 6298 |
| 13 | 2616 | 3449 | 4073 | 4552 | 4931 | 5237 | 5490 | 5703 | 5884 | 6041 | 6178 |
| 14 | 2543 | 3362 | 3976 | 4449 | 4823 | 5127 | 5377 | 5588 | 5768 | 5924 | 6060 |
| 15 | 2472 | 3276 | 3881 | 4348 | 4718 | 5018 | 5266 | 3475 | 5654 | 5808 | 5943 |
| 16 | 2402 | 3191 | 3787 | 4248 | 4613 | 4910 | 5156 | 5363 | 5541 | 5694 | 5828 |
| 17 | 2332 | 3108 | 3695 | 4149 | 4510 | 4804 | 5048 | 5253 | 5429 | 5582 | 5715 |
| 18 | 2264 | 3026 | 3604 | 4052 | 4409 | 4699 | 4941 | 5144 | 5319 | 5769 | 5603 |
| 19 | 2198 | 2946 | 3514 | 3956 | 4309 | 4596 | 4835 | 5037 | 5210 | 5658 | 5492 |
| 20 | 2132 | 2866 | 3426 | 3862 | 4210 | 4494 | 7331 | 4931 | 5103 | 5549 | 5383 |
| 21 | 2067 | 2788 | 3339 | 3769 | 4113 | 4394 | 4628 | 4826 | 4997 | 5442 | 5275 |
| 22 | 2003 | 2711 | 3253 | 3677 | 4016 | 4294 | 4523 | 4723 | 4891 | 5335 | 5168 |
| 23 | 1941 | 2635 | 3168 | 3586 | 3921 | 4196 | 4425 | 4620 | 4788 | 5229 | 5062 |
| 24 | 1879 | 2560 | 3084 | 3496 | 3827 | 4099 | 4326 | 4519 | 4685 | 5124 | 4957 |
| 25 | 1819 | 2486 | 3002 | 3408 | 3735 | 4003 | 4228 | 4419 | 4583 | 5020 | 4853 |
| 26 | 1759 | 2413 | 2921 | 3321 | 3643 | 3908 | 4131 | 4320 | 4483 | 4918 | 5275 |
| 27 | 1701 | 2342 | 2841 | 3235 | 3553 | 3815 | 4034 | 4222 | 4383 | 4816 | 5168 |
| 28 | 1643 | 2271 | 2761 | 3149 | 3463 | 3722 | 3939 | 4125 | 4285 | 4715 | 5062 |
| 29 | 1587 | 2202 | 2683 | 3065 | 3375 | 3631 | 3845 | 4029 | 4187 | 4614 | 4957 |
| 30 | 1531 | 2133 | 2606 | 2982 | 3288 | 3540 | 3752 | 3934 | 4091 | 4515 | 4853 |

Таблица 3

**доверительной вероятности $1-\beta=0{,}95$**

| | $n$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| | 8074 | 8190 | 8293 | 8384 | 8467 | 8541 | 8609 | 8671 | 8727 | 8779 | 8827 | 8871 | 8912 |
| | 7912 | 8027 | 8128 | 8219 | 8300 | 8374 | 8441 | 8502 | 8558 | 8609 | 8656 | 8700 | 8741 |
| | 7757 | 7871 | 7971 | 8016 | 8142 | 8215 | 8282 | 8342 | 8398 | 8449 | 8496 | 8539 | 8580 |
| | 7608 | 7720 | 7820 | 7910 | 7990 | 8063 | 8129 | 8189 | 8245 | 8296 | 8343 | 8386 | 8427 |
| | 7463 | 7575 | 7674 | 7763 | 7843 | 7916 | 7982 | 8042 | 8097 | 8148 | 8195 | 8239 | 8279 |
| | 7323 | 7434 | 7533 | 7621 | 7701 | 7773 | 7839 | 7899 | 7954 | 8005 | 8052 | 8096 | 8137 |
| | 7186 | 7296 | 7394 | 7483 | 7562 | 7634 | 7700 | 7760 | 7815 | 7866 | 7914 | 7957 | 7998 |
| | 7052 | 7162 | 7260 | 7347 | 7427 | 7499 | 7564 | 7625 | 7680 | 7731 | 7778 | 7822 | 7863 |
| | 6920 | 7030 | 7127 | 7215 | 7294 | 7366 | 7432 | 7492 | 7547 | 7598 | 7646 | 7690 | 7731 |
| | 6792 | 6901 | 6998 | 7085 | 7164 | 7236 | 7302 | 7362 | 7417 | 7468 | 7516 | 7560 | 7601 |
| | 6665 | 6774 | 6871 | 6958 | 7037 | 7108 | 7174 | 7234 | 7289 | 7340 | 7388 | 7432 | 7473 |
| | 6541 | 6649 | 6746 | 6833 | 6911 | 6983 | 7048 | 7108 | 7164 | 7215 | 7262 | 7306 | 7348 |
| | 6419 | 6526 | 6623 | 6709 | 6788 | 6859 | 6924 | 6984 | 7040 | 7091 | 7138 | 7183 | 7224 |
| | 6298 | 6405 | 6501 | 6588 | 6666 | 6737 | 6802 | 6862 | 6918 | 6969 | 7016 | 7061 | 7102 |
| | 6180 | 6286 | 6382 | 6468 | 6546 | 6617 | 6682 | 6742 | 6797 | 6848 | 6896 | 6940 | 6982 |
| | 6063 | 6169 | 6264 | 6350 | 6427 | 6498 | 6563 | 6623 | 6678 | 6730 | 6777 | 6821 | 6863 |
| | 6541 | 6053 | 6147 | 6233 | 6310 | 6381 | 6446 | 6506 | 6561 | 6612 | 6660 | 6704 | 6745 |
| | 6419 | 5938 | 6032 | 6118 | 6195 | 6265 | 6330 | 6390 | 6445 | 6496 | 6543 | 6588 | 6629 |
| | 6298 | 5825 | 5919 | 6003 | 6081 | 6151 | 6215 | 6275 | 6630 | 6381 | 6428 | 6473 | 6514 |
| | 6180 | 5713 | 5806 | 5991 | 5968 | 6038 | 6102 | 6161 | 6216 | 6267 | 6314 | 6359 | 6400 |
| | 6063 | 5602 | 5695 | 5779 | 5856 | 5926 | 5990 | 6049 | 6104 | 6154 | 6202 | 6246 | 6287 |
| | 5947 | 5493 | 5585 | 5669 | 5745 | 5815 | 5879 | 5938 | 5992 | 6043 | 6090 | 6134 | 6176 |
| | 5833 | 5384 | 5476 | 5560 | 5635 | 5705 | 5768 | 5827 | 5882 | 5932 | 5979 | 6023 | 6065 |
| | 5720 | 5277 | 5368 | 5451 | 5527 | 5596 | 5659 | 5718 | 5772 | 5823 | 5870 | 5914 | 5955 |
| | 5609 | 5171 | 5262 | 5344 | 5419 | 5488 | 5551 | 5610 | 5664 | 5714 | 5761 | 5805 | 5846 |
| | 5499 | 5066 | 5156 | 5238 | 5313 | 5381 | 5444 | 5502 | 5556 | 5606 | 5653 | 5697 | 5738 |
| | 5390 | 4961 | 5051 | 5133 | 5207 | 5275 | 5338 | 5396 | 5450 | 5499 | 5546 | 5590 | 5631 |
| | 5282 | 4858 | 4948 | 5029 | 5103 | 5170 | 5233 | 5290 | 5344 | 5394 | 5440 | 5483 | 5524 |
| | 5175 | 4756 | 4845 | 4925 | 4999 | 5066 | 5128 | 5186 | 5239 | 5288 | 5335 | 5378 | 5419 |
| | 5070 | 4655 | 4743 | 4823 | 4896 | 4963 | 5025 | 5082 | 5135 | 5184 | 5230 | 5273 | 5314 |
| | 4965 | 4554 | 4642 | 4721 | 4794 | 4860 | 4922 | 4979 | 5031 | 5080 | 5126 | 5169 | 5210 |

| q | n | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| 00 | 8950 | 8985 | 9019 | 9050 | 9079 | 9106 | 9132 | 9157 | 9180 | 9202 | 9222 |
| 01 | 8778 | 8814 | 8846 | 8877 | 8906 | 8934 | 8959 | 8984 | 9006 | 9028 | 9049 |
| 02 | 8617 | 8653 | 8686 | 8716 | 8745 | 8773 | 8798 | 8823 | 8846 | 8868 | 8888 |
| 03 | 8464 | 8500 | 8533 | 8564 | 8593 | 8620 | 8646 | 8670 | 8694 | 8716 | 8737 |
| 04 | 8317 | 8353 | 8386 | 8417 | 8446 | 8474 | 8500 | 8524 | 8548 | 8570 | 8591 |
| 05 | 8175 | 8210 | 8244 | 8275 | 8304 | 8332 | 8358 | 8383 | 8407 | 8429 | 8450 |
| 06 | 8036 | 8072 | 8105 | 8137 | 8166 | 8194 | 8221 | 8246 | 8270 | 8292 | 8314 |
| 07 | 7901 | 7937 | 7981 | 8002 | 8032 | 8060 | 8087 | 8112 | 8136 | 8159 | 8180 |
| 08 | 7769 | 7805 | 7839 | 7870 | 7900 | 7929 | 7995 | 7981 | 8005 | 8028 | 8050 |
| 09 | 7639 | 7675 | 7709 | 7741 | 7771 | 7800 | 7827 | 7852 | 7876 | 7899 | 7921 |
| 10 | 7512 | 7548 | 7582 | 7614 | 7644 | 7673 | 7700 | 7726 | 7750 | 7773 | 7795 |
| 11 | 7386 | 7423 | 7457 | 7489 | 7519 | 7548 | 7575 | 7601 | 7626 | 7649 | 7671 |
| 12 | 7263 | 7299 | 7333 | 7366 | 7396 | 7425 | 7452 | 7478 | 7503 | 7526 | 7549 |
| 13 | 7141 | 7177 | 7212 | 7244 | 7275 | 7304 | 7331 | 7357 | 7382 | 7405 | 7428 |
| 14 | 7021 | 7057 | 7092 | 7124 | 7155 | 7184 | 7211 | 7237 | 7262 | 7286 | 7308 |
| 15 | 6902 | 6938 | 6973 | 7005 | 7036 | 7065 | 7093 | 7119 | 7144 | 7168 | 7190 |
| 16 | 6784 | 6821 | 6855 | 6888 | 6919 | 6948 | 6975 | 7002 | 7027 | 7051 | 7073 |
| 17 | 6668 | 6705 | 6739 | 6772 | 6802 | 6832 | 6859 | 6886 | 6911 | 6935 | 6958 |
| 18 | 6553 | 6590 | 6624 | 6657 | 6688 | 6892 | 6745 | 6771 | 6796 | 6820 | 6843 |
| 19 | 6439 | 6476 | 6510 | 6543 | 6574 | 6779 | 6631 | 6657 | 6682 | 6706 | 6729 |
| 20 | 6326 | 6363 | 6397 | 6430 | 6461 | 6667 | 6518 | 6544 | 6570 | 6594 | 6617 |
| 21 | 6214 | 6251 | 6285 | 6318 | 6349 | 6556 | 6406 | 6432 | 6458 | 6482 | 6505 |
| 22 | 6101 | 6140 | 6174 | 6207 | 6238 | 6446 | 6295 | 6321 | 6347 | 6371 | 6394 |
| 23 | 5994 | 6030 | 6064 | 6097 | 6128 | 6337 | 6185 | 6211 | 6237 | 6261 | 6284 |
| 24 | 5885 | 5921 | 5955 | 5988 | 6019 | 6228 | 6076 | 6102 | 6127 | 6151 | 6174 |
| 25 | 5776 | 5813 | 5847 | 5879 | 5910 | 6120 | 5967 | 5994 | 6019 | 6043 | 6066 |
| 26 | 5669 | 5705 | 5740 | 5772 | 5803 | 6013 | 5860 | 5886 | 5911 | 5935 | 5958 |
| 27 | 5563 | 5599 | 5633 | 5665 | 5696 | 5906 | 5753 | 5779 | 5804 | 5828 | 5851 |
| 28 | 5457 | 5493 | 5527 | 5559 | 5590 | 5800 | 5646 | 5673 | 5698 | 5722 | 5745 |
| 29 | 5352 | 5388 | 5422 | 5454 | 5484 | 5695 | 5541 | 5567 | 5592 | 5616 | 5639 |
| 30 | 5248 | 5283 | 5317 | 5349 | 5380 | 5591 | 5436 | 5462 | 5487 | 5511 | 5534 |

| $n$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| 9242 | 9261 | 9278 | 9295 | 9312 | 9327 | 9342 | 9356 | 9370 | 9383 | 9395 | 9407 | 9418 |
| 9068 | 9087 | 9105 | 9122 | 9138 | 9153 | 9168 | 9182 | 9196 | 9209 | 9221 | 9233 | 9245 |
| 8908 | 8927 | 8945 | 8962 | 8978 | 8994 | 9008 | 9023 | 9036 | 9050 | 9062 | 9074 | 9086 |
| 8756 | 8775 | 8793 | 8811 | 8827 | 8843 | 8858 | 8872 | 8886 | 8900 | 8912 | 8925 | 8937 |
| 8611 | 8630 | 8648 | 8666 | 8683 | 8699 | 8714 | 8729 | 8743 | 8756 | 8769 | 8782 | 8794 |
| 8471 | 8490 | 8508 | 8526 | 8543 | 8559 | 8575 | 8590 | 8604 | 8618 | 8631 | 8644 | 8656 |
| 8334 | 8354 | 8372 | 8390 | 8407 | 8424 | 8439 | 8454 | 8469 | 8483 | 8496 | 8509 | 8522 |
| 8201 | 8221 | 8240 | 8258 | 8275 | 8291 | 8307 | 8322 | 8337 | 8351 | 8365 | 8378 | 8391 |
| 8070 | 8090 | 8109 | 8128 | 8145 | 8162 | 8178 | 8193 | 8208 | 8222 | 8236 | 8249 | 8262 |
| 7942 | 7963 | 7982 | 8000 | 8018 | 8034 | 8051 | 8066 | 8081 | 8096 | 8110 | 8123 | 8136 |
| 7817 | 7837 | 7856 | 7875 | 7892 | 7909 | 7926 | 7941 | 7956 | 8971 | 7985 | 7999 | 8012 |
| 7692 | 7713 | 7732 | 7751 | 7769 | 7786 | 7802 | 7818 | 7833 | 7848 | 7862 | 7876 | 7889 |
| 7570 | 7591 | 7610 | 7629 | 7647 | 7664 | 7681 | 7697 | 7712 | 7727 | 7741 | 7755 | 7768 |
| 7449 | 7470 | 7490 | 7508 | 7527 | 7544 | 7561 | 7577 | 7592 | 7607 | 7622 | 7635 | 7649 |
| 7330 | 7351 | 7370 | 7389 | 7408 | 7425 | 7442 | 7458 | 7474 | 7489 | 7503 | 7517 | 7531 |
| 7212 | 7233 | 7253 | 7272 | 7290 | 7307 | 7324 | 7341 | 7356 | 7371 | 7386 | 7400 | 7414 |
| 7095 | 7116 | 7136 | 7155 | 7173 | 7191 | 7208 | 7224 | 7240 | 7255 | 7270 | 7284 | 7298 |
| 6979 | 7000 | 7020 | 7040 | 7058 | 7076 | 7093 | 7109 | 7125 | 7140 | 7155 | 7169 | 7183 |
| 6865 | 6886 | 6906 | 6925 | 6944 | 6961 | 6978 | 6995 | 7011 | 7026 | 7041 | 7055 | 7069 |
| 6751 | 6772 | 6792 | 6812 | 6830 | 6848 | 6865 | 6882 | 6898 | 6913 | 6928 | 6942 | 6956 |
| 6638 | 6660 | 6680 | 6699 | 6718 | 6736 | 6753 | 6769 | 6785 | 6801 | 6816 | 6830 | 6844 |
| 6527 | 6548 | 6568 | 6587 | 6606 | 6624 | 6641 | 6658 | 6674 | 6689 | 6704 | 6719 | 6733 |
| 6416 | 6437 | 6457 | 6477 | 6495 | 6513 | 6531 | 6547 | 6563 | 6579 | 6594 | 6608 | 6622 |
| 6306 | 6327 | 6347 | 6367 | 6385 | 6403 | 6421 | 6437 | 6453 | 6469 | 6481 | 6498 | 6512 |
| 6197 | 6218 | 6238 | 6257 | 6276 | 6294 | 6311 | 6328 | 6344 | 6360 | 6375 | 6389 | 6403 |
| 6088 | 6109 | 6129 | 6149 | 6168 | 6186 | 6203 | 6220 | 6226 | 6251 | 6266 | 6281 | 6295 |
| 5980 | 6001 | 6022 | 6041 | 6060 | 6078 | 6095 | 6112 | 6128 | 6144 | 6159 | 6173 | 6187 |
| 5873 | 5894 | 5915 | 5934 | 5953 | 5971 | 5988 | 6005 | 6021 | 6037 | 6052 | 6066 | 6080 |
| 5767 | 5788 | 5808 | 5828 | 5846 | 5864 | 5882 | 5898 | 5914 | 5930 | 5945 | 5960 | 5974 |
| 5661 | 5682 | 5702 | 5722 | 5740 | 5758 | 5776 | 5792 | 5809 | 5824 | 5839 | 5854 | 5868 |
| 5556 | 5577 | 5597 | 5617 | 5635 | 5653 | 5671 | 5687 | 5703 | 5719 | 5734 | 5749 | 5763 |

Таблица 4

**Квантили $\chi^2_\nu(L)$**

| $L$ | $\nu$ | | | $L$ | $\nu$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,8 | 0,9 | 0,95 | | 0,8 | 0,9 | 0,95 |
| 1 | 1,642 | 2,706 | 3,841 | 41 | 48,363 | 52,949 | 56,942 |
| 2 | 3,219 | 4,605 | 5,991 | 42 | 49,456 | 54,090 | 58,124 |
| 3 | 4,642 | 6,251 | 7,815 | 43 | 50,548 | 55,230 | 59,304 |
| 4 | 5,989 | 7,779 | 9,488 | 44 | 51,639 | 56,369 | 60,481 |
| 5 | 7,289 | 9,236 | 11,070 | 45 | 52,729 | 57,505 | 61,656 |
| 6 | 8,558 | 10,645 | 12,592 | 46 | 53,818 | 58,641 | 62,830 |
| 7 | 9,803 | 12,017 | 14,067 | 47 | 54,906 | 59,774 | 64,001 |
| 8 | 11,030 | 13,362 | 15,507 | 48 | 55,993 | 60,907 | 65,171 |
| 9 | 12,242 | 14,684 | 16,919 | 49 | 57,079 | 62,038 | 66,339 |
| 10 | 13,442 | 15,987 | 18,307 | 50 | 58,164 | 63,167 | 67,505 |
| 11 | 14,631 | 17,275 | 19,675 | 51 | 59,248 | 64,295 | 68,669 |
| 12 | 15,812 | 18,549 | 21,026 | 52 | 60,332 | 65,422 | 69,832 |
| 13 | 16,985 | 19,812 | 22,362 | 53 | 61,414 | 66,548 | 70,993 |
| 14 | 18,151 | 21,064 | 23,685 | 54 | 62,496 | 67,673 | 72,153 |
| 15 | 19,311 | 22,307 | 24,996 | 55 | 63,577 | 68,796 | 73,311 |
| 16 | 20,465 | 23,542 | 26,296 | 56 | 64,658 | 69,918 | 74,468 |
| 17 | 21,615 | 24,769 | 27,587 | 57 | 65,737 | 71,040 | 75,624 |
| 18 | 22,760 | 25,989 | 28,869 | 58 | 66,816 | 72,160 | 76,778 |
| 19 | 23,900 | 27,204 | 30,144 | 59 | 67,894 | 73,279 | 77,931 |
| 20 | 25,038 | 28,412 | 31,410 | 60 | 68,972 | 74,397 | 79,082 |
| 21 | 26,171 | 29,615 | 32,671 | 61 | 70,049 | 75,514 | 80,232 |
| 22 | 27,301 | 30,813 | 33,924 | 62 | 71,125 | 76,630 | 81,381 |
| 23 | 28,429 | 32,007 | 35,172 | 63 | 72,201 | 77,745 | 82,529 |
| 24 | 29,553 | 33,196 | 36,415 | 64 | 73,276 | 78,860 | 83,675 |
| 25 | 30,675 | 34,382 | 37,652 | 65 | 74,351 | 79,973 | 84,821 |
| 26 | 31,795 | 35,563 | 38,885 | 66 | 75,425 | 81,086 | 85,965 |
| 27 | 32,912 | 36,741 | 40,113 | 67 | 76,498 | 82,197 | 87,108 |
| 28 | 34,027 | 37,916 | 41,337 | 68 | 77,571 | 83,308 | 88,250 |
| 29 | 35,139 | 39,087 | 42,557 | 69 | 78,643 | 84,418 | 89,391 |
| 30 | 36,250 | 40,256 | 43,773 | 70 | 79,715 | 85,527 | 90,531 |
| 31 | 37,359 | 41,422 | 44,985 | 71 | 80,786 | 86,635 | 91,670 |
| 32 | 38,466 | 42,585 | 46,194 | 72 | 81,857 | 87,743 | 92,808 |
| 33 | 39,572 | 43,745 | 47,400 | 73 | 82,927 | 88,850 | 93,945 |
| 34 | 40,676 | 44,903 | 48,602 | 74 | 83,997 | 89,956 | 95,081 |
| 35 | 41,778 | 46,059 | 49,802 | 75 | 85,066 | 91,061 | 96,217 |
| 36 | 42,879 | 47,212 | 50,998 | 76 | 86,135 | 92,166 | 97,351 |
| 37 | 43,978 | 48,363 | 52,192 | 77 | 87,203 | 93,270 | 98,484 |
| 38 | 45,076 | 49,513 | 53,384 | 78 | 88,271 | 94,374 | 99,617 |
| 39 | 46,173 | 50,660 | 54,572 | 79 | 89,338 | 95,476 | 100,749 |
| 40 | 47,269 | 51,805 | 55,758 | 80 | 90,405 | 96,578 | 101,879 |

*Продолжение табл. 4*

| L | ν | | | L | ν | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,8 | 0,9 | 0,95 | | 0,8 | 0,9 | 0,95 |
| 81 | 91,472 | 97,680 | 103,010 | 91 | 102,117 | 108,661 | 114,268 |
| 82 | 92,538 | 98,780 | 104,139 | 92 | 103,179 | 109,756 | 115,390 |
| 83 | 93,604 | 99,880 | 105,267 | 93 | 104,241 | 110,850 | 116,511 |
| 84 | 94,669 | 100,980 | 106,395 | 94 | 105,303 | 111,944 | 117,632 |
| 85 | 95,734 | 102,079 | 107,522 | 95 | 106,364 | 113,038 | 118,752 |
| 86 | 96,799 | 103,177 | 108,648 | 96 | 107,425 | 114,131 | 119,871 |
| 87 | 97,863 | 104,275 | 109,773 | 97 | 108,486 | 115,223 | 120,990 |
| 88 | 98,927 | 105,372 | 110,898 | 98 | 109,547 | 116,315 | 122,108 |
| 89 | 99,991 | 106,469 | 112,022 | 99 | 110,607 | 117,407 | 123,225 |
| 90 | 101,054 | 107,565 | 113,145 | 100 | 111,667 | 118,498 | 124,342 |

## СОДЕРЖАНИЕ


1. Основные положения . . . . . 1
2. Определение интервальной оценки показателей надежности объекта в случае безотказных испытаний . . . . . 12
3. Определение интервальной оценки показателей надежности объекта методом эквивалентного биномиального плана . . 17
4. Определение интервальной оценки показателей надежности объекта методом подстановки . . . . . 17
5. Определение интервальной оценки показателей надежности объекта комбинированным методом . . . . . 18
6. Определение интервальной оценки показателей надежности объекта методом эквивалентного слабейшего звена . . . 19

Приложение 1. Справочное . . . . . 22
Приложение 2. Справочное . . . . . 23
Приложение 3. Справочное . . . . . 24
Приложение 4. Справочное . . . . . 26
Приложение 5. Обязательное . . . . . 31
Приложение 6. Рекомендуемое . . . . . 32
Приложение 7. Справочное . . . . . 35
Приложение 8. Справочное . . . . . 37
Приложение 9. Рекомендуемое . . . . . 38
Приложение 10. Рекомендуемое . . . . . 39
Приложение 11. Справочное . . . . . 41

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**Надежность в технике. Интервальная оценка надежности технического объекта по результатам испытаний составных частей. Общие положения**

**РД 50—476—84**

Редактор *Т. А. Киселева*
Технический редактор *Н. В. Келейникова*
Корректор *Е. И. Евтеева*

Сдано в наб. 09.01.85 Подп. в печ. 11.07.85 Т—09066 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая 3,5 усл. п. л. 3,75 усл. кр.-отт. 3,26 уч.-изд. л. Тираж 5000 Зак. 102 Цена 20 коп. Изд. № 8300/4

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru