

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ.
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ
И (ИЛИ) ЭКСПЛУАТАЦИИ

РД
302-07-279-89

Дата введения 01.07.90

Настоящий руководящий документ (РД) устанавливает методику оценки количественных значений показателей надежности трубопроводной арматуры, ее узлов и приводных устройств к ней (далее арматуры) по результатам испытаний и (или) эксплуатации при отсутствии цензурирования, однократном и многократном цензурировании.

РД содержит рекомендации по правилам определения закона распределения наработок до отказа арматуры, методам проверки данных на однородность, правилам учета априорной информации о надежности конструктивно-подобных изделий и узлов.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. В руководящем документе принята терминология по ГОСТ 27.002 и ГОСТ 27.504. Обозначения, применяемые в стандарте, приведены в приложении I.

1.2. Методы и порядок расчета показателей надежности в зависимости от плана наблюдений выбираются по схемам I-3.

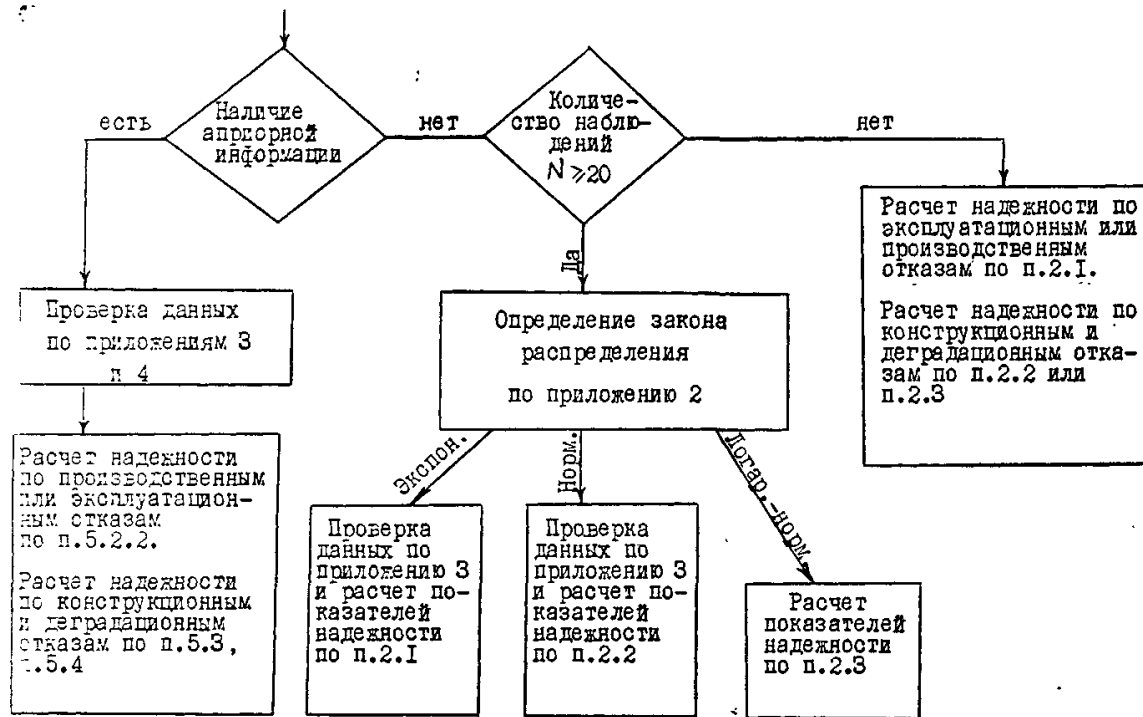


129-90
ИИИ
28.08.90

128-90 УИИ 28.08.90

Схема I

Схема расчета показателей надежности по плану [NUN]
(при отсутствии цензурирования)



РД 302-07-279 -89

С.3

Схема расчета показателей надежности при плане наблюдений [NUT]
или [NUG] при однократном цензурировании

Схема 2

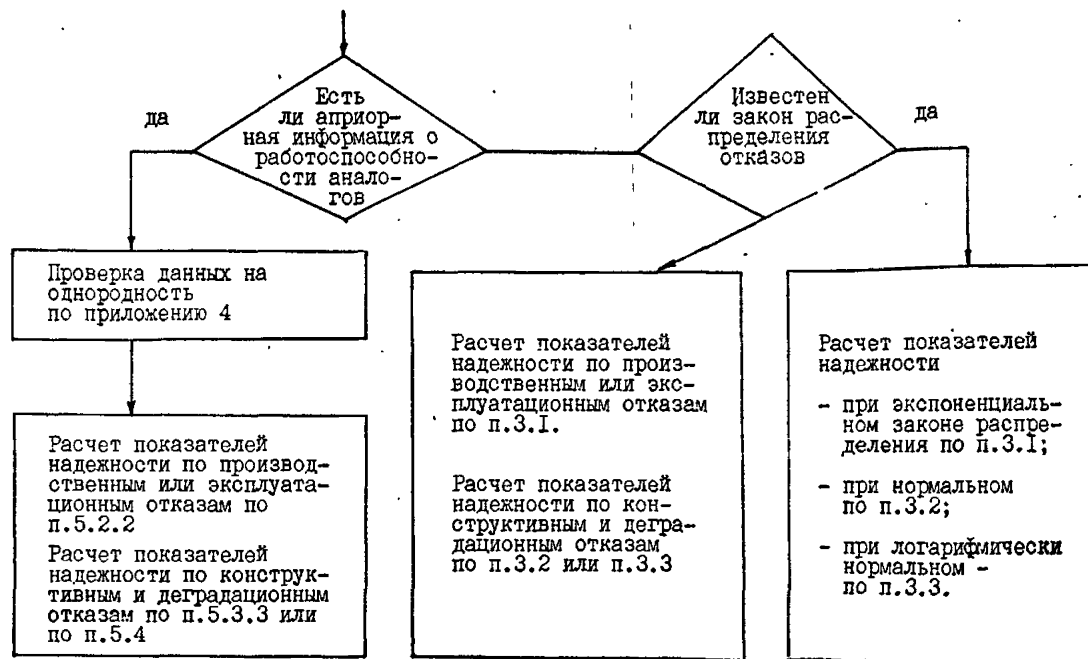
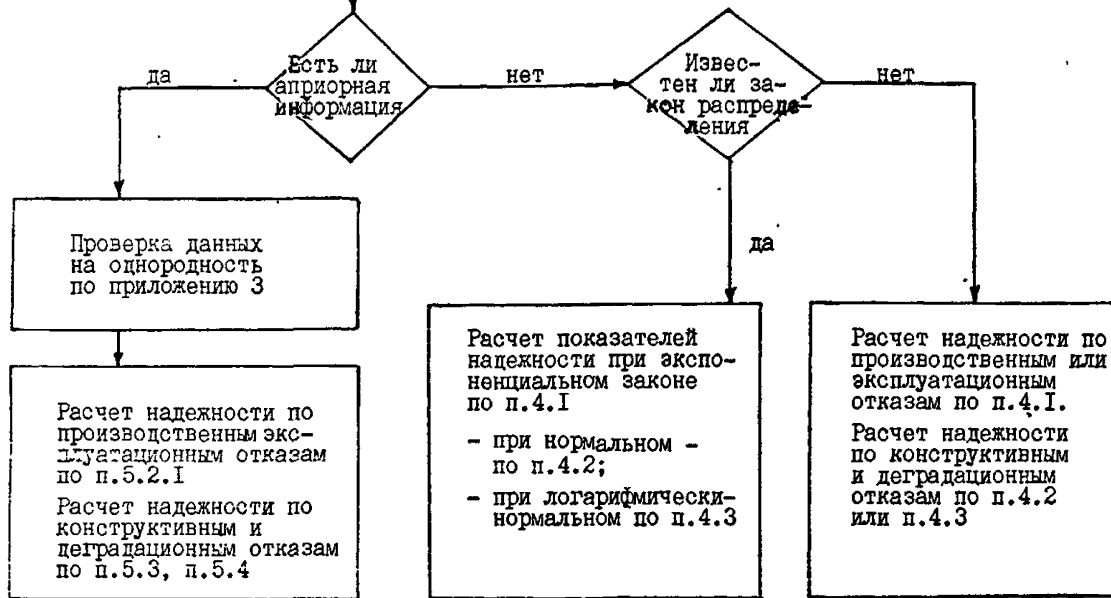


Схема 3

Схема расчета показателей надежности при плане наблюдений [NUZ]
при многократном (случайном) цензурировании



1.3. В зависимости от исходной информации и требований технических условий (ТУ), программы и методики испытаний (ПМ) рассчитывают и соответствующие показатели надежности: среднюю наработку до отказа, среднюю наработку на отказ, средний ресурс, средний срок службы.

Расчет этих показателей аналогичен, поэтому далее в тексте вид среднего показателя не указывается.

В зависимости от требований ТУ или ПМ определяют и вероятность безотказной работы $P(t)$ в течение заданной наработки t .

Если в ТУ заданы назначенные показатели надежности, то определяют значение вероятности безотказной работы в течение назначенного ресурса.

1.4. Отказы, зафиксированные в результате испытаний или эксплуатации разделяют на конструктивные, производственные, эксплуатационные и деградационные.

Любой отказ, наступивший при наработке выше среднего значения соответствующего показателя надежности должен относиться к деградационному. Оценка показателей надежности в зависимости от целей расчета может проводиться как по каждому из видов отказов отдельно, так и совместно для всех или части видов отказов.

Например, для внесения в НТД, либо для сравнения с приведенным в НТД количественными значениями показателей надежности осуществляется расчет надежности без учета эксплуатационных отказов.

120-90
ЗММ
28.08.90

При оценке показателей надежности совместно по нескольким видам отказов принимать закон распределения наработок до отказа по преобладающему числу отказов того или иного вида.

1.5. Исходной информацией для оценки показателей надежности являются: результаты испытаний и (или) эксплуатации оцениваемого изделия и его узлов и результаты испытаний и эксплуатации изделий-аналогов.

1.6. Исходная информация должна быть достоверной, а выборка - представительной.

Под достоверностью понимается свойство информации давать подлинные сведения для оценок показателей надежности.

Признаками недостоверности информации являются:

- несоответствие данных о наработках указанным интенсивностям использования;
- многократно одинаковые значения наработок до отказа;
- сообщения об отказах и предельных состояниях, характер которых противоречит принципам работы изделия;
- отсутствие данных о виде отказа и причинах отказа.

При наличии признаков недостоверности информации ее подвергают дополнительной проверке в местах эксплуатации или исключают из рассмотрения.

1.7. Исходными данными для оценки показателей надежности служат:

- при плане [NUN]:
объем выборки N ,

1.8.50
УММ 28.08.90
05.824

Выборочные значения наработок до отказа, наработок между отказами, технических ресурсов, сроков службы

$$t_1, t_2, \dots, t_N$$

- при плане [NUT]

объем выборки N ;

продолжительность испытаний и (или) эксплуатации T .

Выборочные значения наработок до отказа, наработок между отказами, технических ресурсов, сроков службы

$$t_1, t_2, \dots, t_d$$

- при плане [NUZ]

число отказов $z \geq 2$;

объем выборки N ;

выборочные значения наработок до отказа, наработок между отказами, технических ресурсов, сроков службы

$$t_1, t_2, \dots, t_z$$

- при плане [NUZ]

объем выборки $N = z + n$

число отказов $z (z \geq 2)$

число цензурирований n

выборочные значения наработок до отказа, наработок между отказами, технических ресурсов, сроков службы

$$t_1, t_2, \dots, t_z$$

выборочные значения наработок до цензурирования

$$c_1, c_2, \dots, c_n$$

188-90
ЗУМ
28.08.90

1.8. Продолжительность или объем работы (наработка) арматуры в зависимости от типа арматуры и условий ее эксплуатации может измеряться в часах и циклах.

1.9. Правила определения закона распределения отказов арматуры приведены в приложении 2. Если данные подчиняются экспоненциальному или нормальному закону распределения, и в выборке есть резко выделяющиеся значения, их следует проверить по критериям приложения 3, после чего принять решение об учете данных значений при оценке показателей надежности.

При объединении нескольких выборок данных о работоспособности арматуры для расчета показателей надежности, их следует проверить на однородность.

1.10. Доверительная вероятность β для оценки нижних доверительных границ показателей надежности $\beta = 0,90$, если в ТУ или ПМ не приведено другое значение.

2. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АРМАТУРЫ ПРИ ОТСУТСТВИИ ЦЕНЗУРИРОВАНИЯ (наработки до отказа, предельного состояния)

2.1. При экспоненциальном законе распределения показатели надежности рассчитывать следующим образом:

06.08.90
ННН
129.90

Определение интенсивности отказов

$$\hat{\lambda} = \frac{N}{\sum_{i=1}^N t_i}$$

Определение нижней доверительной
границы наработки до отказа

$$t_H = \frac{2 \sum_{i=1}^N t_i}{\chi^2_{\beta, 2N}}$$

Определение нижней доверительной
границы вероятности безотказной
работы в течение наработки

$$P_H(t) = \exp\left(-\frac{t \cdot \chi^2_{\beta, 2N}}{2 \sum_{i=1}^N t_i}\right)$$

$\chi^2_{\beta, 2N}$ коэффициент, определяемый по таблице приложения 5
в зависимости от доверительной вероятности β
и количества наблюдений N .

2.2. При нормальном законе распределения наработок до отказа показатели надежности определять следующим образом:

Определение параметров распределения

$$\hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} ; \quad \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - \hat{a})^2}$$

Определение нижней доверительной границы среднего

$$t_n = \hat{a} - z_{\beta, N} \cdot \hat{\sigma}$$

где $z_{\beta, N}$ - коэффициент, определяемый по таблице приложения 6 в зависимости от β и N

Определение нижней доверительной границы вероятности безотказной работы $P_N(t)$ в течение наработки t :

- вычислить величины:

$$\hat{h} = \frac{t - \hat{a}}{\hat{\sigma}}$$

$$h_n = \hat{h} - u_{\beta} \sqrt{\frac{1}{N} \left(1 + \frac{\hat{h}^2}{2}\right)}$$

где u_{β} - коэффициент, определяемый по таблице приложения 8

$$P_N(t) = \Phi(h_n)$$

где $\Phi(\dots)$ - функция, определяемая по таблице приложения 7

2.3. При логарифмически-нормальном законе распределения наработки до отказа оценки показателей надежности вычисляются по формулам для нормального закона распределения, заменяя значения наработок их натуральными логарифмами.

3. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АРМАТУРЫ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ЦЕНЗУРИРОВАНИИ

3.1. При экспоненциальном законе распределения отказов оценки показателей надежности проводить

- при отсутствии отказов ($d = 0$) по п.3.1.1;
- при наличии отказов ($d > 0$) - по п.3.1.2.

3.1.1. Расчет производить следующим образом:

Определение нижней доверительной границы среднего

$$t_H = \frac{N T}{\ln \left(\frac{1}{1-\beta} \right)} = \frac{2 N T}{\chi_{\beta, 2}^2}$$

Определение нижней доверительной границы вероятности безотказной работы за наработку t

$$P_H(t) = (1-\beta)^{\frac{t}{N T}} = \exp \left(- \frac{t \cdot \chi_{\beta, 2}^2}{2 N T} \right)$$

где β - доверительная вероятность

Значения $\chi_{\beta, 2}^2$ определяют по табл. приложения 5.

3.1.2. Расчет производить следующим образом:

Определение параметра распределения:

$$\hat{\lambda} = \frac{d}{\sum_{i=1}^d t_i + (N-d)T}$$

Определение нижней доверительной границы среднего

$$t_H = \frac{2d}{\hat{\lambda} \chi_{\beta, 2d+2}^2}$$

Определение нижней доверительной границы вероятности безотказной работы

$$P_H(t) = \exp\left(-\frac{t \hat{\lambda} \chi_{\beta, 2d+2}^2}{2d}\right)$$

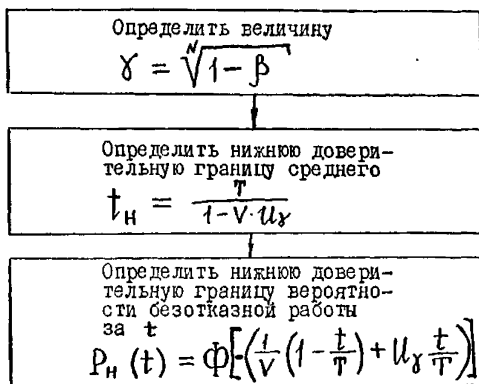
Значения $\chi_{\beta, 2d+2}^2$ определяют по таблице приложения 5.

3.2. При нормальном законе распределения оценку показателей надежности проводить следующим образом:

- при отсутствии отказов по п.3.2.1 ($d = 0$);
- при наличии отказов по п.3.2.2 ($d > 1$).

3.2.1. Расчет производить следующим образом:

189-90 ММН 28.08.89 05.02



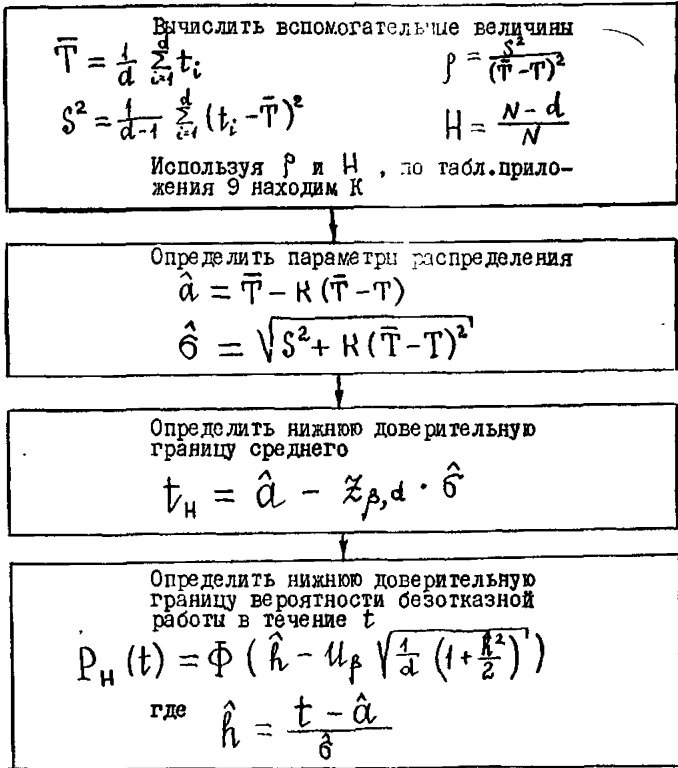
где u_γ - коэффициент, определяемый по таблице приложения 8 в зависимости от γ ;

β - доверительная вероятность;

V - коэффициент вариации, принимаемый в интервале (0,1 ÷ 0,3)

$\Phi(\dots)$ - функция, определяемая по таблице приложения 7.

3.2.2. Расчет производить следующим образом:



где U_{β} - коэффициент, определяемый по таблице приложения 8 в зависимости от доверительной вероятности β ;

$\Phi(\dots)$ - функция, определяемая по таблице приложения 7;

$z_{\beta, d}$ - коэффициент, определяемый по таблице приложения 6.

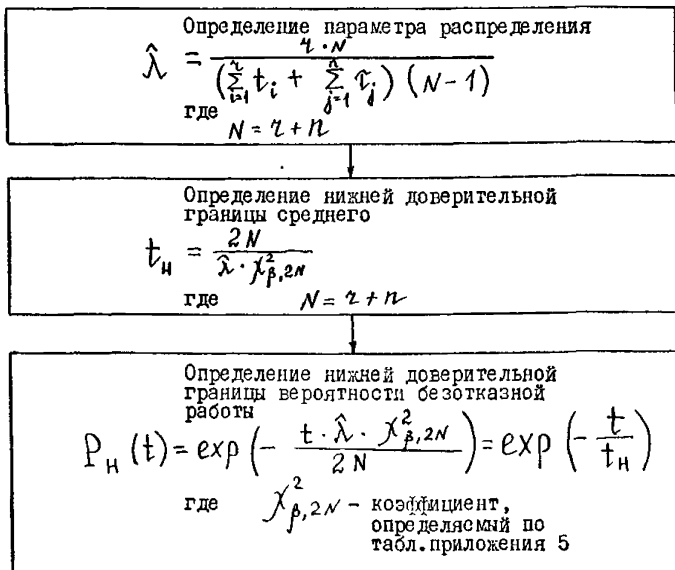
Примечание. В случае, если все парабатки до отказа равны t_p (при эксплуатации - плановые ремонты), величину S

принять равной $S = \Delta \cdot t_p$, где Δ - ошибка измерения. Ошибку измерения Δ принимать равной 0,1, т.е. S принять равной 0,1 от межремонтного периода.

3.3. При логарифмически-нормальном законе распределения отказов обработку результатов наблюдений производить по п.3.2 с заменой значений наработок t_i на их натуральные логарифмы - $\ln t_i$.

4. СЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ МНОГОКРАТНОМ (СЛУЧАЙНОМ) ЦЕНЗУРИРОВАНИИ

4.1. При экспоненциальном законе распределения наработок до отказа и до цензурирования расчет производить следующим образом:



4.2. При нормальном законе распределения расчет производить следующим образом:

- при $\gamma = 0$ по формулам п.3.2.1;
- при $\gamma > 1$ по формулам п.4.2.1.

4.2.1. Оценку показателей надежности производить следующим образом:

Определим вспомогательные величины:	
A	$\sum_{i=1}^n t_i + 0,64 \sum_{j=1}^n r_j$
B	$\gamma + 0,64 n$
C	$\sum_{i=1}^n t_i^2 + 0,64 \sum_{j=1}^n r_j^2$
D	$0,8 n$
E	$0,8 \sum_{j=1}^n r_j$
Δ_k	$\sum_{j=1}^n \Delta_{jk} \quad (\Delta_0 = 0)$
Δ_{jk}	$\lambda_{jk} - 0,8 - 0,64 z_{jk}$
F_k	$\sum_{j=1}^n \Delta_{jk} r_j \quad (F_0 = 0)$
z_{jk}	$\frac{r_j - \hat{a}_{k-1}}{\hat{\sigma}_{k-1}}$
Значения функции $\lambda_{jk} = \lambda(z_{jk})$ приведены в таблице приложения 10	

189-90 Илл. 21.08.90

↑
Определение величин

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

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

где K - шаг итерации, $K = 0, 1, 2, \dots$ ↑
Оценка параметров распределения

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

$$\left| \frac{\hat{\sigma}_{k-1} + \hat{\sigma}_k}{\hat{\sigma}_{k-1}} \right| < \varepsilon \quad ; \quad \left| \frac{\hat{a}_k - \hat{a}_{k-1}}{\hat{a}_{k-1}} \right| < \varepsilon$$

где ε - заданная относительная погрешность (точность) решения

Значения ε выбирают из ряда: 0,001; 0,01; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20.

Для выборок, у которых $N \leq 50$ и $\frac{z}{N} \leq 0,5$ следует вычислять несмещенные оценки параметров \hat{a} и $\hat{\sigma}$ по формуле:

$$\hat{\sigma}_n = \hat{\sigma}_k \sqrt{\frac{z}{\chi^2_{2-1; 0,5}}}$$

$$\hat{a}_n = \frac{A}{B} + \left(\frac{D + \Delta_k}{B} \right) \cdot \hat{\sigma}_n$$

где $\chi^2_{2-1; 0,5}$ - коэффициент, определяемый по таблице приложения II

II

189-90 400 28.08.90

Нижняя доверительная граница среднего

1) для $N \leq 50$, $\frac{t}{N} \leq 0,5$

$$t_H = \hat{a}_H - \bar{\chi}_{\beta, \gamma} \cdot \hat{\sigma}_H$$

2) в остальных случаях

$$t_H = \hat{a} - \bar{\chi}_{\beta, \gamma} \cdot \hat{\sigma}$$

где $\bar{\chi}_{\beta, \gamma}$ - коэффициент, определяемый по таблице приложения 6

Определение нижней доверительной границы вероятности безотказной работы за наработку t :

определить вспомогательные величины:

$$\hat{h} = \frac{t - \hat{a}}{\hat{\sigma}} \quad \hat{p}(t_2) = \Phi\left(\frac{-\hat{a} + t_2}{\hat{\sigma}}\right) \quad \Psi = [N(1 - \hat{p}(t_2))]$$

$$P_H(t) = \Phi\left(\hat{h} - U_{\beta} \sqrt{\frac{1}{\Psi} \left(1 + \frac{\hat{h}^2}{2}\right)}\right)$$

где $\Phi(\dots)$ - функция, определяемая по таблице приложения 7

4.3. Оценку показателей надежности при логарифмически-нормальном распределении отказов производить по п.4.2, заменив значения наработок t_i и t_j на их натуральные логарифмы $\ln t_i$ и $\ln t_j$.

5. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ С УЧЕТОМ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ.

5.1. При оценке показателей надежности с учетом априорной информации выборки должны быть проверены на однородность по приложению 4.

5.2. При экспоненциальном законе распределения отказов расчет показателей надежности с учетом априорной информации производится следующим образом:

5.2.1. При плане наблюдений $[N U Z]$ оценку производить по формулам

Определение интенсивности отказов наблюдаемого объекта

$$\hat{\lambda}_0 = \frac{\sum_{j=1}^l r_j}{\sum_{j=1}^l \left(\sum_{i=1}^j t_{ij} + \sum_{i=1}^{j-1} r_{ij} \right)}$$

где l - количество групп изделий-аналогов

Оценка среднего (наработки до отказа, ресурса)

$$t_H = \frac{2N}{\hat{\lambda}_0 \cdot \chi_{\beta, 2N}^2}, \text{ где } N = \sum_{j=1}^l (r_j + n_j)$$

Оценка вероятности безотказной работы в течение времени t

$$P_H(t) = \exp\left(-\frac{t}{t_H}\right)$$

Коэффициент $\chi_{\beta, 2N}^2$ определяется по таблице приложения 5.

5.2.2. При плане наблюдений $[N U N]$, $[N U T]$ и $[N U Z]$ показатели надежности определять по формулам п.5.2.1, но при следующем r_{ij} :

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{при плане } [NUN] \\ T_j & \text{при плане } [NUT] \\ t_{j2} & \text{при плане } [NUZ] \end{cases}$$

5.3. При нормальном законе распределения отказов расчет показателей надежности производить следующим образом (при плане наблюдений $[NUN]$):

Определение параметров распределения (общей средней дисперсии)

$$\hat{\alpha}_0 = \frac{\sum_{j=1}^l N_j \hat{a}_j}{\sum_{j=1}^l N_j}$$

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{1}{\sum_{j=1}^l N_j - 1} \left[\sum_{j=1}^l \left(\sum_{i=1}^{N_j} (t_{ij} - \hat{\alpha}_0)^2 \right) \right]}$$

где \hat{a}_j - параметр распределения j -й группы изделий-аналогов, определяемый по формуле

$$\hat{a}_j = \frac{\sum_{i=1}^{N_j} t_{ij}}{N_j}$$

Определение нижней доверительной границы среднего

$$t_H = \hat{\alpha}_0 - z_{\beta, N} \cdot \hat{\sigma}_0$$

где $N = \sum_{j=1}^l N_j$

$z_{\beta, N}$ - коэффициент, определяемый по таблице приложения 6

↑
 Определение нижней доверительной границы вероятности безотказной работы за t

$$P_n(t) = \Phi \left(\hat{h} - u_\beta \sqrt{\frac{1}{N} \left(1 + \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{a}_0^2} \right)} \right)$$

где $\hat{h} = \frac{t - \hat{a}_0}{\hat{\sigma}_0}$; $N = \sum_{j=1}^t N_j$

Коэффициенты $\Phi(\dots)$ и u_β определять по таблице приложений 7, 8 соответственно.

Примечание. Если известны параметры распределения изделия-аналога \hat{a}^* , $\hat{\sigma}^*$ и изделия наблюдаемого \hat{a} , $\hat{\sigma}$, то оценку общей средней и дисперсии проводить по формуле

$$\hat{a}_0 = \frac{\hat{a} + \Psi \hat{a}^*}{1 + \Psi}$$

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\hat{\sigma}^2}{1 + \Psi}$$

где $\Psi = \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\sigma}^{*2}}$

5.4. При логарифмически-нормальном законе распределения расчет производить по п.5.3, заменив значения t_i и t_j на их натуральные логарифмы $\ln t_i$ и $\ln t_j$.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

6.1. Расчет должен быть оформлен в виде отдельного документа и согласован с головной организацией по виду продукции.

В расчете должны быть приведены:

инженерный анализ данных о наработках и отказах в процессе испытаний или эксплуатации на основании карт учета отказов или карт-накопителей;

анализ дополнительной информации (данных о наработках и отказах конструктивно-подобных изделий, узлов, деталей);
принятая методика расчета показателей надежности;
расчетные значения показателей надежности, полученные при обработке результатов испытаний или эксплуатации;
заключение о соответствии изделий требованиям норм надежности, приведенных в НТД.

П р и м е ч а н и е. При необходимости к расчету прилагаются графики, таблицы, фотоснимки, сертификаты свойств, применяемых материалов, гарантийные протоколы на применяемые детали и комплектующие и другие документы, поясняющие расчет.

6.2. Рекомендуемая форма и содержание расчета показателей надежности приведены в приложении I2.

129-90 НИИ А. ДР. 90

Приложение I

Справочное

ПРИМЕНЯЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- N - общее количество наблюдаемых (испытываемых) изделий;
 T - заданная продолжительность наблюдений при однократном цензурировании;
 d - число наработок до отказа за время испытаний или наблюдений при однократном цензурировании;
 r - число отказов при многократном цензурировании;
 n - число цензурирований справа за время наблюдений;
 t_i - отдельные значения случайной величины;
 Δ - ошибка измерения случайной величины;
 τ_i - отдельные значения наработки до цензурирования;
 $t_{(i)}$ - i -ый член вариационного ряда $t_{(1)} \leq t_{(2)} \leq \dots \leq t_{(n)}$ (или $t_{(0)} \leq t_{(2)} \leq \dots \leq t_{(d)}$), составленного из наработок;
 t - период времени (наработка), на который рассчитывается вероятность безотказной работы;
 \hat{t} - оценка средних показателей надежности;
 t_n - нижняя односторонняя доверительная граница среднего;
 $P_n(t)$ - нижняя односторонняя доверительная граница вероятности безотказной работы в течение наработки t ;
 β - доверительная вероятность;
 u_β, u_γ - квантиль нормального распределения, соответствующий доверительной вероятности β или вероятности γ ;
 $Z_{\beta, N}$ - коэффициент для нахождения оценок параметров нормального распределения;
 $\hat{a}, \hat{\sigma}$ - параметры нормального распределения;
 v - коэффициент вариации;

- \bar{T}, K, S, p, H - вспомогательные коэффициенты для оценки параметров нормального распределения при однократном цензурировании;
- $f(\dots)$ - плотность функции нормального распределения;
- $\Phi(\dots)$ - функция нормального распределения, центрированная и нормированная;
- $\chi^2_{\gamma-1, 0,5}$ - квантиль χ^2 -распределения для вероятности 0,5 и числа степеней свободы $(\gamma - 1)$;
- h - вспомогательная функция;
- A, B, C, D, E - вспомогательные коэффициенты для оценки параметров нормального распределения при многократном цензурировании;
- ϵ - заданная относительная погрешность (точность) решений уравнений для определения параметров распределения;
- \hat{a}^*, \hat{b}^* - параметры распределений в априорной информации;
- \hat{a}_0, \hat{b}_0 - объединенные оценки параметров распределений эмпирической и априорной информации;
- H_i - накопленные частоты;
- δ - величина приращения функций распределения;
- t_p - наработки до планового ремонта.

Приложение 2

Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКАЗОВ

1. Исходными данными для определения закона распределения отказов являются:

выборочные значения наработки до отказа t_1, t_2, \dots, t_N

число наработок до отказа d ;

объем выборки N ($N=d$)

2. При определении закона распределения отказов подлежат проверке:

экспоненциальный закон;

нормальный закон;

логарифмически нормальный закон;

закон Вейбулла.

3. Определение закона распределения отказов производится путем проверки близости экспериментального распределения с выбранным теоретическим.

4. При определении закона распределения следует заполнить табл. I.

Таблица I

t_i	$\ln t_i$	n_i	H_i	$\frac{H_i}{N+1}$	$1 - \frac{H_i}{N+1}$
1	2	3	4	5	6

В графу I вносят значение наработок t_i в порядке возрастания, причем одинаковые значения повторять не следует.

В графу 2 вносят значения натуральных логарифмов $\ln t_i$.

В графу 3 - n_i - значения частот соответствующих величин, стоящих в графе I (число повторений одинаковых значений t_i).

В графу 4 вносят накопленные частоты $H_i = n_1 + n_2 + \dots + n_i$, причем $N = n_1 + n_2 + \dots + n_l$, где l - число строк в таблице.

В графу 5 вносят отношение $\frac{H_i}{N+1}$.

В графе 6 указывается разность $(1 - \frac{H_i}{N+1})$

5. Данные, внесенные в графы I и 6, следует нанести на все координатные сетки.

6. На каждой координатной сетке провести через экспериментальные данные интерполяционную прямую, причем отклонения отклонения от прямой в обе стороны должны быть наименьшими.

7. Определить наибольшее значение разности Δ между интерполяционной прямой и экспериментальными данными по оси ординат.

8. Экспериментальные данные согласуются с теоретическим законом распределения, если отклонение Δ не превышает величину Z^* , то есть $\Delta \leq Z^*$

Коэффициент Z^* определяют по табл. 2 в зависимости от доверительной вероятности β и объема выборки N .

Если $N > 100$, то отклонение Δ не должно превышать величину $\frac{Z^*}{\sqrt{N}}$, то есть $\Delta \leq \frac{Z^*}{\sqrt{N}}$

Если исходные данные подчиняются нормальному закону распределения, их следует проверить на аномальность по приложению 3.

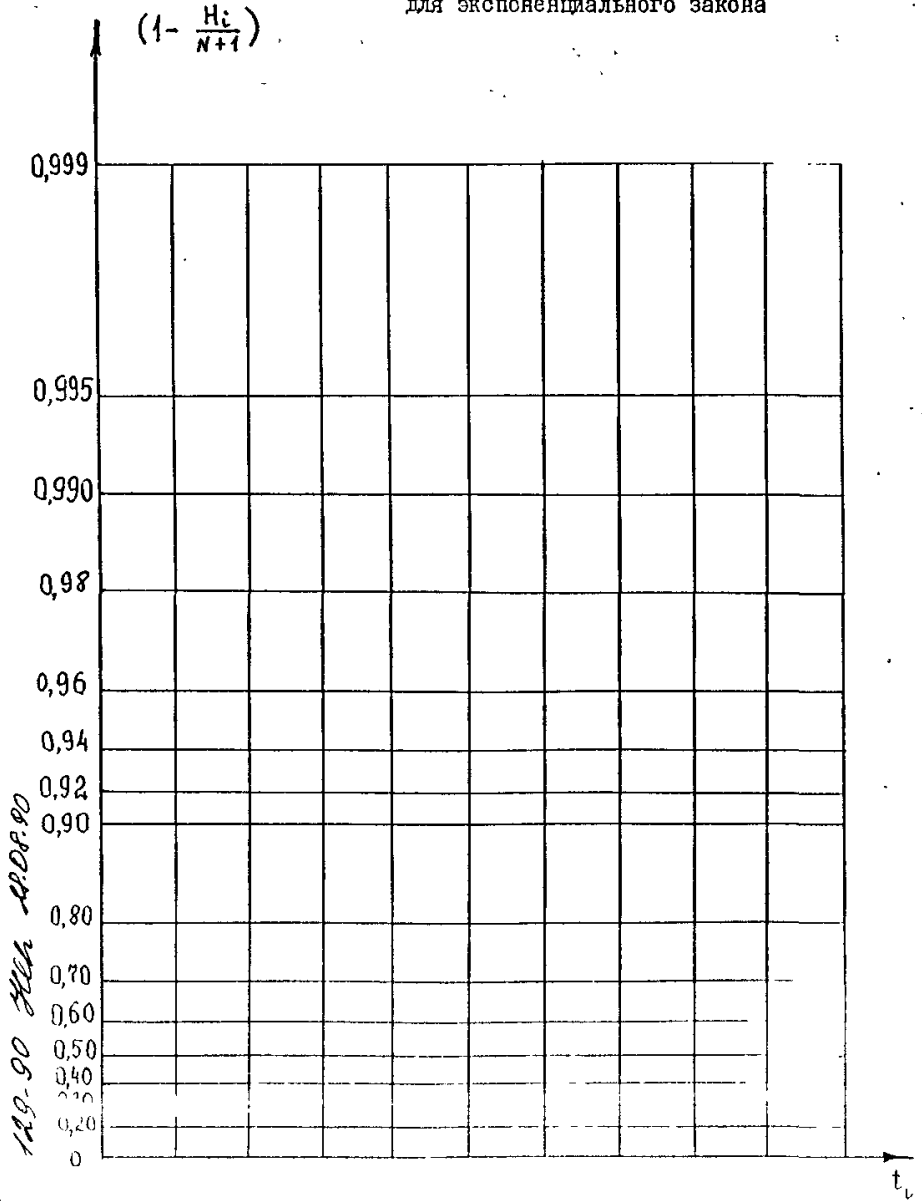
189-90
УИИ
18.08.90

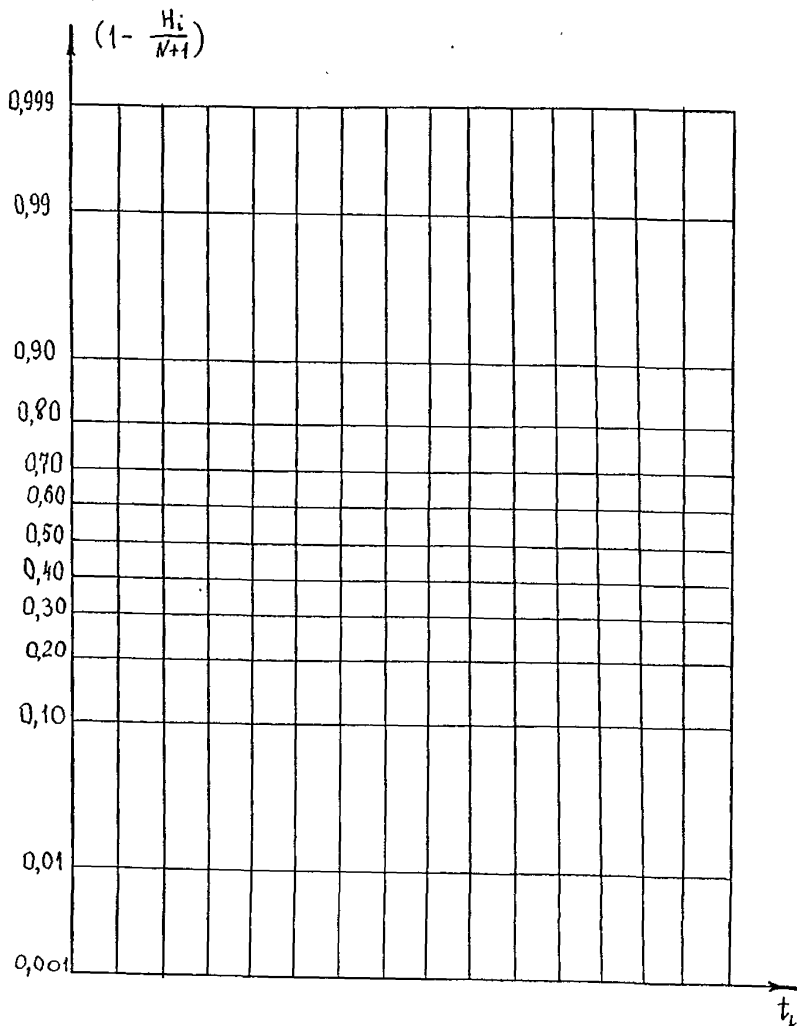
Значения коэффициента μ^* Таблица 2

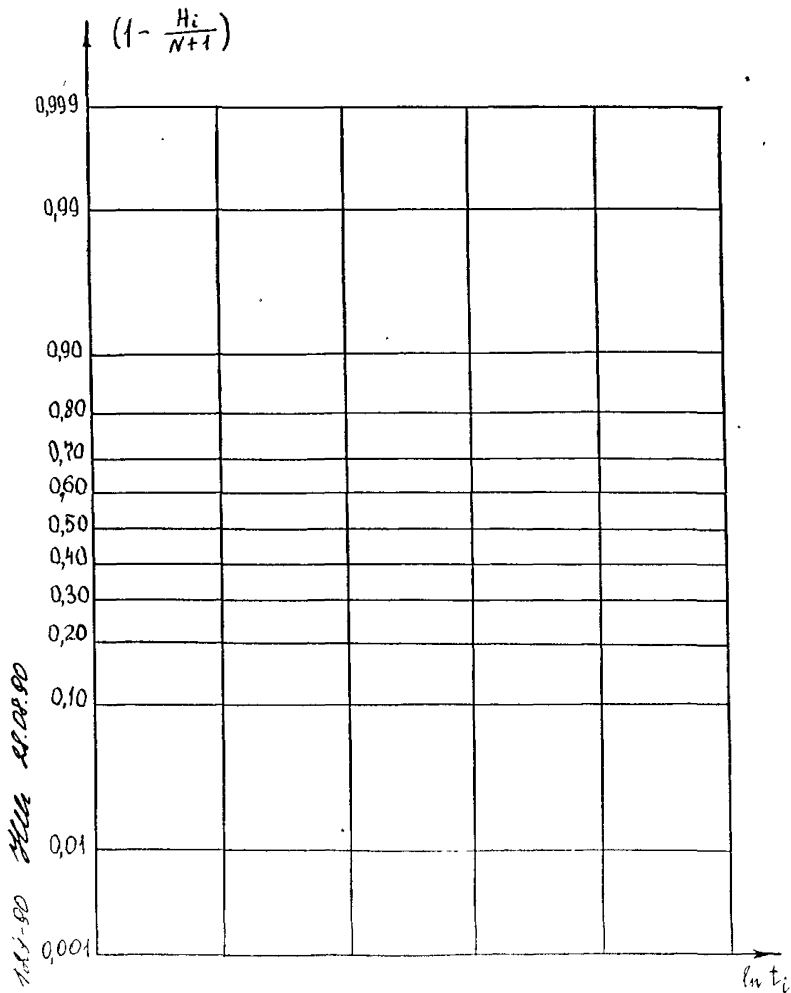
N	β	0,90	0,95	N	β	0,90	0,95
10		0,369	0,409	42		0,185	0,205
11		0,352	0,391	44		0,181	0,201
12		0,338	0,375	46		0,177	0,196
13		0,325	0,361	48		0,173	0,192
14		0,314	0,349	50		0,170	0,188
15		0,304	0,338	52		0,166	0,185
16		0,295	0,327	54		0,163	0,181
17		0,286	0,318	56		0,160	0,178
18		0,279	0,309	58		0,158	0,175
19		0,271	0,301	60		0,155	0,172
20		0,265	0,294	62		0,153	0,170
21		0,259	0,287	64		0,150	0,167
22		0,253	0,281	66		0,148	0,164
23		0,247	0,275	68		0,146	0,162
24		0,242	0,269	70		0,144	0,160
25		0,238	0,264	72		0,142	0,158
26		0,233	0,259	74		0,140	0,155
27		0,229	0,254	76		0,138	0,153
28		0,225	0,250	78		0,136	0,151
29		0,221	0,246	80		0,135	0,150
30		0,218	0,242	82		0,133	0,148
32		0,211	0,234	84		0,131	0,146
34		0,205	0,227	86		0,130	0,144
36		0,199	0,221	88		0,128	0,143
38		0,194	0,215	90		0,127	0,141
40			0,210	92		0,126	0,141
		0,189		94		0,124	0,138
				96		0,123	0,137
				98		0,122	0,135
				100		0,121	0,134
					100		
						1,22	1,36

100-90 42,42 42,42 90

Координатная сетка
для экспоненциального закона



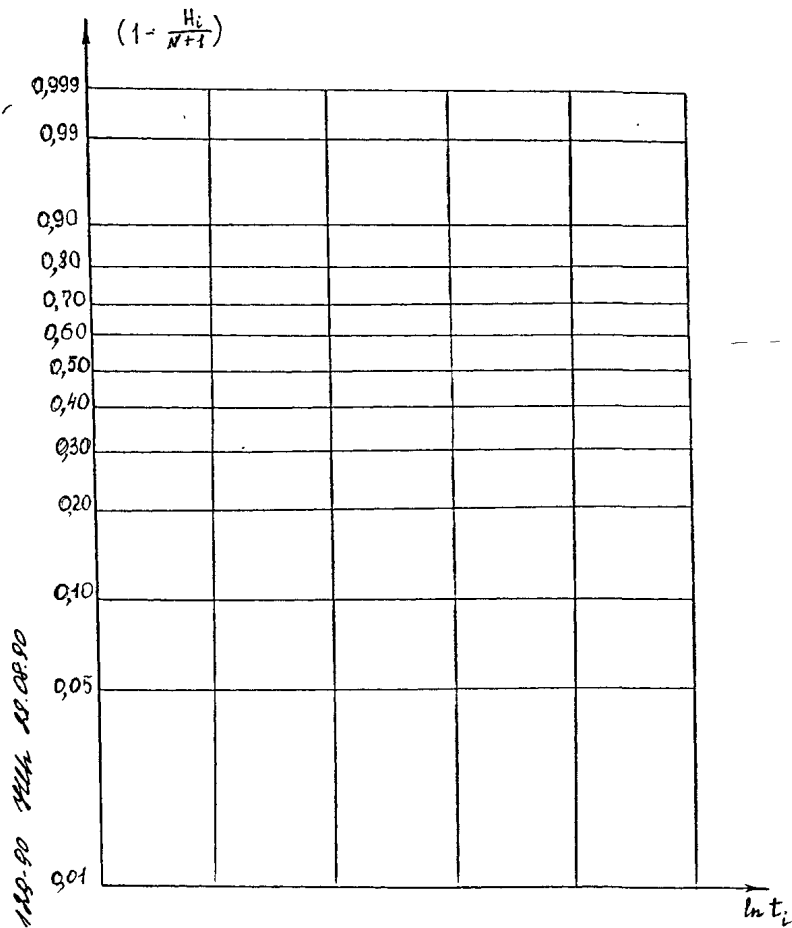
Координатная сетка
для нормального закона распределения

Координатная сетка
для логарифмически нормального закона распределения

РД 302-07-279-89

С. 32

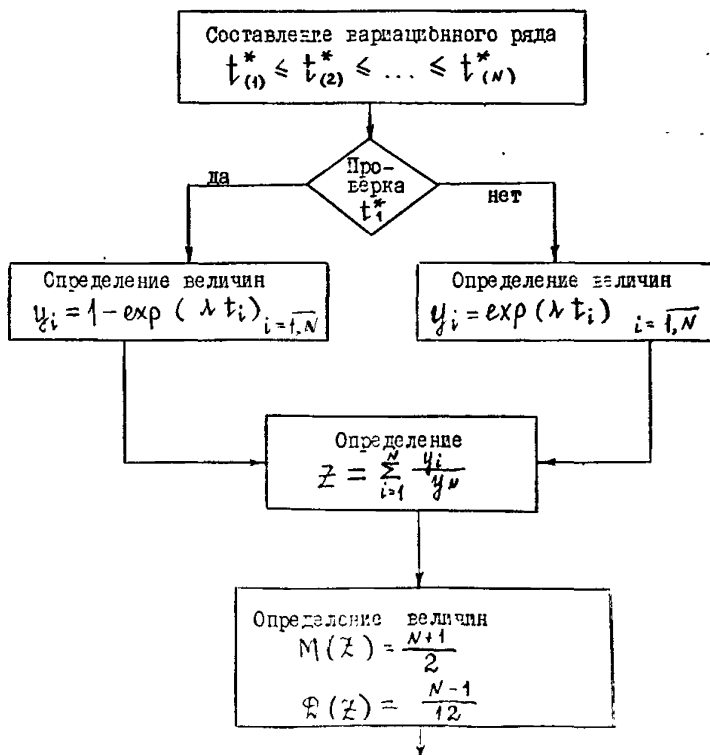
Координатная сетка
для закона Вейбулла

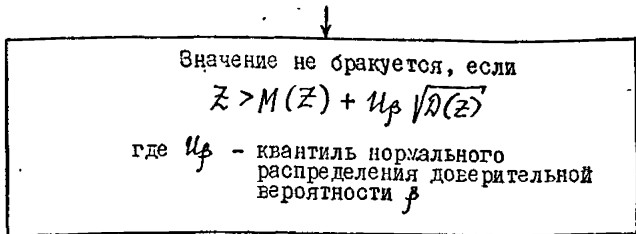


МЕТОДЫ ВЫБРАКОВКИ РЕЗКО ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ЗНАЧЕНИЙ

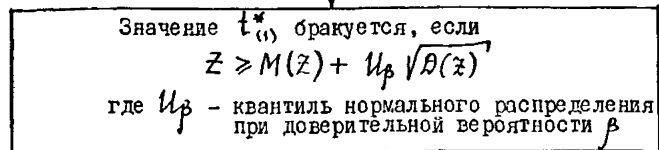
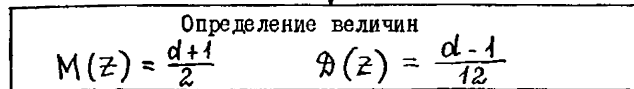
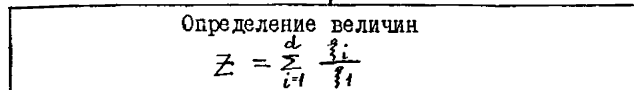
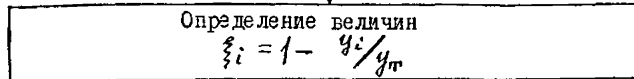
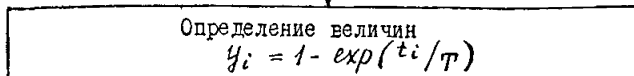
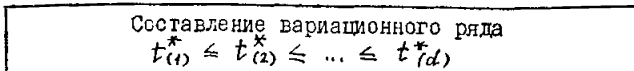
I. При экспоненциальном законе распределения отказов выбраковку резко выделяющихся значений производить по критерию Дарлингга следующим образом:

I.1. При отсутствии цензурирования:





1.2. При однократном цензурировании



В силу того, что наработки до отказа, превышающие продолжительность испытаний τ или t_d неизвестны, наработка t_d не может рассматриваться в качестве резко выделяющегося значения. Поэтому контролю подлежит только наработка $t_{(1)}^*$.

06-08-89 20-08-89

2. При нормальном законе распределения отказов отбракованные резко выделяющиеся значения производить по критерию аномальности следующим образом:

Составление вариационного ряда (одинаковые значения могут повторяться)

$$t_{(1)}^* \leq t_{(2)}^* \leq \dots \leq t_{(N)}^*$$

Вычисляем величины

$$\bar{t}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i$$

$$S^* = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t}^*)^2$$

Определение величины

$$U_N = \frac{t_{(N)} - \bar{t}^*}{S^*} \quad \text{или} \quad U_N = \frac{\bar{t}^* - t_{(1)}}{S^*}$$

Сравнение U_N с U_{max}

Если $U_N \geq U_{max}$, то резко выделяющийся результат наблюдения аномален и в расчете надежности не учитывается.

Если $U_N < U_{max}$ показатели надежности рассчитываются с учетом данного результата наблюдения.

Величина U_{max} определяется по таблице данного приложения для данного объема выборки N и доверительной вероятности β

06.07.89
МММ

05.08.89

Значение U_{max}

Объем выборки, N	Предельное значение U_{max} при доверительной вероятности β	
	0,90	0,95
3	1,15	1,15
4	1,42	1,46
5	1,60	1,67
6	1,73	1,82
7	1,83	1,94
8	1,91	2,03
9	1,98	2,11
10	2,03	2,18
11	2,09	2,23
12	2,13	2,29
13	2,18	2,33
14	2,21	2,37
15	2,25	2,41
16	2,28	2,44
17	2,31	2,48
18	2,34	2,50
19	2,36	2,53
20	2,38	2,56
21	2,40	2,58
22	2,42	2,59
23	2,43	2,61
24	2,44	2,62
25	2,45	2,64

189-90 ЖИЛ Л.02.90

Пример I

При проведении испытаний по плану $[NVT]$ при $N = 10$ и $T = 10000$ ц получены следующие значения наработки до отказа (в циклах): 1030, ⁴²⁴⁰4260, 4740, 4970, 5500, 7110. Три изделия наработали 10000 циклов без отказа.

Предполагаем, что наработка до отказа подчиняется экспоненциальному закону. Определим, является ли наработка 1030 циклов резко выделяющимся значением.

Вычислим значения y_i :

$$y_1 = 1 - \exp\left(-\frac{1030}{10000}\right) = 0,10; \quad y_2 = 1 - \exp\left(-\frac{4240}{10000}\right) = 0,34;$$

$$y_3 = 1 - \exp\left(-\frac{4260}{10000}\right) = 0,35; \quad y_4 = 1 - \exp\left(-\frac{4740}{10000}\right) = 0,38;$$

$$y_5 = 1 - \exp\left(-\frac{4970}{10000}\right) = 0,39; \quad y_6 = 1 - \exp\left(-\frac{5500}{10000}\right) = 0,42;$$

$$y_7 = 1 - \exp\left(-\frac{7110}{10000}\right) = 0,51; \quad y_8 = 1 - \exp\left(-\frac{10000}{10000}\right) = 0,63;$$

Определим значения

$$\xi_1 = 1 - \frac{0,10}{0,63} = 0,84 \quad \xi_2 = 1 - \frac{0,34}{0,63} = 0,46$$

$$\xi_3 = 1 - \frac{0,35}{0,63} = 0,44 \quad \xi_4 = 1 - \frac{0,38}{0,63} = 0,40$$

$$\xi_5 = 1 - \frac{0,39}{0,63} = 0,38 \quad \xi_6 = 1 - \frac{0,42}{0,63} = 0,33$$

$$\xi_7 = 1 - \frac{0,51}{0,63} = 0,19$$

$$\text{Таким образом: } Z = \frac{7}{2} - \frac{\xi_i}{\xi_1} = 3,84;$$

$$M(Z) = \frac{7+1}{2} = 4 \quad A(Z) = \frac{7-1}{12} = 0,5 \quad U_{0,90} = 1,282$$

Так как $3,84 > 4 - 1,282\sqrt{0,5}$, то наработка до отказа 1030 циклов не бракуется с гарантированной вероятностью $\beta = 0,90$

Приложение 4

Рекомендуемое

ПРОВЕРКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НА ОДНОРОДНОСТЬ

I метод

(критерий Вилкоксона)

При проверке двух выборок объемом N_1 и N_2 на однородность, располагают обе выборки в порядке возрастания, т.е. в виде вариационного ряда. Причем $N_1 \leq N_2$

Находят в вариационном ряду сумму порядковых номеров первой выборки (меньшей по объему) - $W_{навл}$.

По табл. I приложения найти нижнюю критическую точку -
- Значение $W_{ниж.кр}(\beta, N_1, N_2)$, где β - доверительная вероятность.

Определить верхнюю критическую точку:

$$W_{верх\ кр} = (N_1 + N_2 + 1) N_1 - W_{ниж\ кр}.$$

Таблица I

КРИТИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ СТАТИСТИКИ КРИТЕРИЯ ВИЛКОКСОНА

N_1	N_2	0,95	0,90	N_1	N_2	0,95	0,90		
3	3	6	7	4	II	18	21		
	4	6	7		12	19	22		
	5	7	8		13	20	23		
	6	8	9		14	21	25		
	7	8	10		15	22	26		
	8	9	11		16	24	27		
	9	10	11		17	25	28		
	10	10	12		18	26	30		
	11	11	13		19	27	31		
	12	11	14		20	28	32		
	13	12	15		21	29	33		
	14	13	16		22	30	35		
	15	13	16		23	31	36		
	16	14	17		24	32	38		
	17	15	18		25	33	38		
	18	15	19						
	19	16	20			5	5	19	20
	20	17	21			6	6	20	22
	21	17	21			7	7	21	23
	22	18	22			8	8	23	25
	23	19	23			9	9	24	27
	24	19	24			10	10	26	28
	25	20	25			11	11	27	30
	4	4	11		13	12	12	28	32
		5	12		14	13	13	30	33
6		13	15	14	14	31	35		
7		14	16	15	15	33	37		
8		15	17	16	16	34	38		
9		16	19	17	17	35	40		
	10	17	20	18	18	37	42		
				19	19	38	43		

Продолжение табл. I

N_1	N_2	0,95	0,90
5	20	40	45
	21	41	47
	22	43	48
	23	44	50
	24	45	51
	25	47	53
6	6	28	30
	7	29	32
	8	31	34
	9	33	36
	10	35	38
	11	37	40
	12	38	42
	13	40	44
	14	42	46
	15	44	48
	16	46	50
	17	47	52
	18	49	55
	19	51	57
	20	53	59
21	55	61	
22	57	63	
23	58	65	
24	60	67	
25	62	69	

N_1	N_2	0,95	0,90	
7	7	39	41	
	8	41	44	
	9	43	46	
	10	45	49	
	11	47	51	
	12	49	54	
	13	52	56	
	14	54	59	
	15	56	61	
	16	58	64	
	17	61	66	
	18	63	69	
	19	65	71	
	20	67	74	
8	21	69	76	
	22	72	79	
	23	74	81	
	24	76	84	
	25	78	86	
	8	8	51	55
	9	9	54	58
	10	10	56	60
	11	11	59	63
	12	12	62	66
	13	13	64	69
	14	14	67	72

119-90 8424 18.08.90

Продолжение табл. I

N_1	N_2	0,95	0,90
8	15	69	75
	16	72	78
	17	75	81
	18	77	84
	19	80	87
	20	83	90
	21	85	92
	22	88	95
	23	90	98
	24	93	101
	25	96	104
	9	9	66
10		69	73
11		72	76
12		75	80
13		78	83
14		81	86
15		84	90
16		87	93
17		90	97
18		93	100
19		96	103
20		99	107
21		102	110
22		105	113
23		108	117
24	111	120	
25	114	123	

N_1	N_2	0,95	0,90
10	10	82	87
	11	86	91
	12	89	94
	13	92	98
	14	96	102
	15	99	106
	16	103	109
	17	106	113
	18	110	117
	19	113	121
	20	117	125
	21	120	128
	22	123	132
	23	127	136
	24	130	140
25	144	144	
11	11	100	106
	12	104	110
	13	108	114
	14	112	118
	15	116	123
	16	120	127
	17	123	131
	18	127	135
	19	131	139
	20	135	144
	21	139	148
	22	143	152
	23	147	156
	24	151	161
	25	155	165

12.9.90 YUKA AL. Dt. 90

Продолжение табл. I

N_1	N_2	0,95	0,90	N_1	N_2	0,95	0,90	
I2	I2	I20	I27	I4	I7	I82	I90	
	I3	I25	I31		I8	I87	I96	
	I4	I29	I36		I9	I92	202	
	I5	I33	I41		20	I97	207	
	I6	I38	I45		21	202	213	
	I7	I42	I50		22	207	218	
	I8	I46	I55		23	212	224	
	I9	I50	I59		24	218	229	
	20	I55	I64		25	223	235	
	21	I59	I69		I5	I5	I92	200
	22	I63	I73			I6	I97	206
	23	I68	I78			I7	203	212
	24	I72	I83			I8	208	218
25	I76	I87	I9	214		224		
I3	I3	I42	I49	20		220	230	
	I4	I47	I54	21		225	236	
	I5	I52	I59	22		231	242	
	I6	I56	I65	23		236	248	
	I7	I61	I70	24		242	254	
	I8	I66	I75	25		248	260	
	I9	I71	I80	I6		I6	219	229
	20	I75	I85			I7	225	235
	21	I80	I90		I8	231	242	
	22	I85	I95		I9	237	248	
	23	I89	200		20	243	255	
	24	I94	205		21	249	261	
	25	I99	211		22	255	267	
I4	I4	I66	I74		23	261	274	
	I5	I71	I79		24	267	280	
	I6	I76	I85		25	273	287	

129-90 4444 48.08.90

Продолжение табл. I

N_1	N_2	0,95	0,90	N_1	N_2	0,95	0,90	
17	17	249	259	21	21	385	399	
	18	255	266		22	393	408	
	19	262	273		23	401	417	
	20	268	280		24	410	425	
	21	274	287		25	418	434	
	18	22	281	294	22	22	424	439
		23	287	300		23	432	448
		24	294	307		24	441	457
		25	300	314		25	450	467
		19	18	280	291	23	23	465
19			287	299	24		474	491
20			294	306	25		483	500
20			21	301	313	24	24	507
	22		307	321	25		517	535
	23		314	328	25	25	552	570
	24		321	335				
	25	328	343					
	19	313	325					
	20	320	333					
21	328	341						
22	335	349						
20	23	342	357					
	24	350	364					
	25	357	372					
	20	348	361					
	21	356	370					
22	364	378						
23	371	386						
24	379	394						
25	387	403						

129-90 3112 28.08.90

Если $W_{\text{набл.}}$ по величине больше $W_{\text{ниж.кр.}}$ и меньше $W_{\text{верх.кр.}}$, то есть

$$W_{\text{ниж.кр.}} \leq W_{\text{набл.}} \leq W_{\text{верх.кр.}}$$

то выборки однородны.

Если $W_{\text{набл.}} \leq W_{\text{ниж.кр.}}$ или $W_{\text{набл.}} > W_{\text{верх.кр.}}$, то выборки неоднородны.

Если N_1 или $N_2 > 25$, то $W_{\text{ниж.кр.}}$ определяют по формуле как целую часть числа:

$$W_{\text{ниж.кр.}} = \left[\frac{(N_1 + N_2 - 1) N_1 - 1}{2} - Z_{\text{кр}} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \right]$$

где $Z_{\text{кр}}$ находят по табл. приложения с помощью равенства

$$\Phi(Z_{\text{кр}}) = \frac{\beta}{2}$$

при $\beta = 0,95$ - $Z_{\text{кр}} = 1,96$

$\beta = 0,90$ - $Z_{\text{кр}} = 1,645$

II метод (при нормальном законе распределения отказов).

При проверке на однородность двух и более выборок следует сравнить дисперсии по критерию Фишера и средние значения для двух выборок по критерию Стьюдента.

Значения дисперсий определяют по формулам

$$S_A^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m N_i (\bar{t}_i - \bar{t})^2 \quad (3)$$

$$S_B^2 = \frac{1}{M-m} \sum_{i=1}^m (N_i - 1) S_i^2 \quad (4)$$

где
$$\bar{t} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^m N_i \bar{t}_i \quad (5)$$

m - число сравниваемых выборок;

N_i - объем i -й выборки

$$M = \sum_{i=1}^m N_i \quad (6)$$

При $m = 2$ формулы имеют вид

$$S_A^2 = N_1 (\bar{t}_1 - \bar{t})^2 + N_2 (\bar{t}_2 - \bar{t})^2 \quad (7)$$

$$S_B^2 = \frac{1}{N_1 + N_2 - 2} [(N_1 - 1) S_1^2 + (N_2 - 1) S_2^2] \quad (8)$$

где \bar{t}_1, S_1^2 - среднее и дисперсия 1-й выборки;

\bar{t}_2, S_2^2 - среднее и дисперсия 2-й выборки.

Величина

$$\bar{t} = \frac{1}{N_1 + N_2} [N_1 \bar{t}_1 + N_2 \bar{t}_2] \quad (9)$$

Затем определить k - отношение S_A^2 и S_B^2 , причем в числителе всегда ставить большую из двух дисперсий. Это отношение k сравнить со значением критерия Фишера F , определяемого по табл. 2 приложения в зависимости от числа степеней свободы $\nu_1 = m - 1$; $\nu_2 = M - m$ для доверительной вероятности β . При сравнении двух выборок $\nu_1 = 1$; $\nu_2 = N_1 + N_2 - 2$

Если расчетное значение критерия k окажется меньше табличного F , то выборки однородны. В противном случае необходимо оценить расхождение средних для двух выборок по критерию Стьюдента. Определяют величину

$$S^2 = \frac{(N_1 - 1) S_1^2 + (N_2 - 1) S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \quad (10)$$

а затем

$$t = \frac{|\bar{t}_1 - \bar{t}_2|}{\sqrt{S^2}} \sqrt{\frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}} \quad (11)$$

Значение t сравнивают со значением критерия Стьюдента, определяемого по табл. 3 приложения в зависимости от степени свободы $D = N_1 + N_2 - 2$ и доверительной вероятности β .

Если значение t меньше табличного значения, то выборки однородны.

Если число выборок больше двух, то проводят последовательное попарное сравнение выборочных средних, применяя формулу (II), в которой принимают $S^2 = S_B^2$, вычисляя S_B^2 по формуле (4), с числом степеней свободы $k = M - m$.

Одну из выборок, безусловно входящих в генеральную совокупность, принимают за "базовую" и последовательно проверяют на однородность с ней остальные выборки, исключая те из них, относительно которых делают отрицательный вывод о принадлежности их одной совокупности с базовой выборкой. Среднее значение \bar{t} совокупности определяют по формуле (5), а ее дисперсию по формуле

$$\sigma^2 = \frac{1}{M-1} [(M-m) S_B^2 + (m-1) S_A^2] \quad (I2)$$

Таблица 2

Критические точки F - распределения Фишера (β - доверительная вероятность)

$$\beta = 0,95$$

$Dz \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
I	39,864	49,500	53,593	55,833	57,241	58,204	58,906	59,439	59,858	60,195	60,705	61,220	61,740	62,002	62,265	62,529	62,794	63,061	63,328
2	8,5263	9,0000	9,1618	9,2434	9,2926	9,3255	9,3491	9,3668	9,3805	9,3916	9,4081	9,4247	9,4413	9,4496	9,4579	9,4663	9,4746	9,4829	9,4913
3	5,5383	5,4624	5,3908	5,3427	5,3092	5,2847	5,2662	5,2517	5,2400	5,2304	5,2156	5,2003	5,1845	5,1764	5,1681	5,1597	5,1512	5,1425	5,1337
4	4,5448	4,3246	4,1908	4,1073	4,0506	4,0098	3,9790	3,9549	3,9357	3,9199	3,8955	3,8703	3,8443	3,8310	3,8174	3,8036	3,7896	3,7753	3,7607
5	4,0604	3,7797	3,6195	3,4530	3,4530	3,4045	3,3679	3,3393	3,3163	3,2974	3,2682	3,2380	3,2067	3,1905	3,1741	3,1573	3,1402	3,1228	3,1050
6	3,7760	3,4633	3,2888	3,1808	3,1075	3,0546	3,0145	2,9830	2,9577	2,9369	2,9047	2,8712	2,8363	2,8183	2,8000	2,7812	2,7620	2,7423	2,7222
7	3,5894	3,2574	3,0741	2,9605	2,8833	2,8274	2,7849	2,7516	2,7247	2,7025	2,6681	2,6322	2,5947	2,5753	2,5555	2,5351	2,5142	2,4928	2,4708
8	3,4579	3,1131	2,9233	2,8064	2,7265	2,6683	2,6241	2,5893	2,5612	2,5380	2,5020	2,4642	2,4246	2,4041	2,3830	2,3614	2,3391	2,3162	2,2926
9	3,3603	3,0065	2,8129	2,6927	2,6106	2,5509	2,5053	2,4694	2,4403	2,4163	2,3789	2,3396	2,2983	2,2768	2,2547	2,2320	2,2085	2,1843	2,1592
10	3,2850	2,9245	2,7277	2,6053	2,5216	2,4606	2,4140	2,4140	2,3473	2,3226	2,2841	2,2435	2,2007	2,1734	2,1554	2,1317	2,1072	2,0818	2,0554
11	3,2252	2,8595	2,6602	2,5362	2,4512	2,3891	2,3416	2,3416	2,2735	2,2482	2,2087	2,1671	2,1230	2,1000	2,0762	2,0516	2,0261	1,9997	1,9721
12	3,1765	2,8068	2,6055	2,4801	2,3940	2,3310	2,2828	2,2828	2,2135	2,1878	2,1474	2,1049	2,0597	2,0360	2,0115	1,9861	1,9597	1,9323	1,9036
13	3,1362	2,7632	2,5603	2,4337	2,3467	2,2830	2,2341	2,2341	2,1638	2,1376	2,0966	2,0532	2,0070	1,9827	1,9576	1,9315	1,9043	1,8759	1,8462
14	3,1022	2,7265	2,5222	2,3947	2,3069	2,2426	2,1931	2,1931	2,1220	2,0954	2,0537	2,0095	1,9625	1,9377	1,9119	1,8852	1,8572	1,8280	1,7973
15	3,0732	2,6952	2,4898	2,3614	2,2730	2,2081	2,1582	2,1185	2,0862	2,0533	2,0171	1,9722	1,9243	1,8990	1,8728	1,8454	1,8168	1,7867	1,7551
16	3,0481	2,6682	2,4618	2,3327	2,2438	2,1783	2,1280	2,0880	2,0553	2,0231	1,9854	1,9399	1,8913	1,8656	1,8388	1,8108	1,7816	1,7507	1,7182
17	3,0262	2,6446	2,4374	2,3077	2,2183	2,1524	2,1017	2,0616	2,0284	2,0009	1,9577	1,9117	1,8624	1,8362	1,8090	1,7805	1,7506	1,7191	1,6856
18	3,0070	2,6239	2,4160	2,2858	2,1958	2,1296	2,0785	2,0379	2,0047	1,9770	1,9333	1,8868	1,8368	1,8103	1,7827	1,7537	1,7232	1,6910	1,6567
19	2,9899	2,6056	2,3970	2,2663	2,1760	2,1094	2,0580	2,0171	2,0336	1,9557	1,9117	1,8647	1,8142	1,7873	1,7592	1,7298	1,6980	1,6659	1,6308
20	2,9747	2,5893	2,3801	2,2489	2,1582	2,0913	2,0397	1,9985	1,9649	1,9367	1,8924	1,8449	1,7938	1,7667	1,7382	1,7083	1,6768	1,6433	1,6074
21	2,9609	2,5746	2,3649	2,2333	2,1423	2,0751	2,0232	1,9819	1,9480	1,9197	1,8750	1,8272	1,7756	1,7481	1,7193	1,6890	1,6569	1,6228	1,5862
22	2,9486	2,5613	2,3512	2,2193	2,1279	2,0605	2,0084	1,9668	1,9327	1,9043	1,8593	1,8111	1,7590	1,7312	1,7021	1,6714	1,6389	1,6042	1,5668
23	2,9374	2,5493	2,3387	2,2065	2,1149	2,0472	1,9949	1,9531	1,9189	1,8903	1,8450	1,7964	1,7439	1,7159	1,6864	1,6554	1,6224	1,5871	1,5490
24	2,9271	2,5383	2,3274	2,1949	2,1030	2,0351	1,9826	1,9407	1,9063	1,8775	1,8319	1,7831	1,7302	1,7019	1,6721	1,6407	1,6073	1,5715	1,5327

Продолжение табл.2

$\frac{v_2}{v_1}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
25	2,9177	2,5283	2,3170	2,1843	2,0922	2,0211	1,9714	1,9292	1,8947	1,8658	1,8200	1,7708	1,7175	1,6800	1,6589	1,6272	1,5934	1,5570	1,5176
26	2,9091	2,5181	2,3075	2,1745	2,0822	2,0139	1,9610	1,9188	1,8841	1,8550	1,8090	1,7596	1,7059	1,6771	1,6468	1,6147	1,5805	1,5437	1,5036
27	2,9012	2,5106	2,2987	2,1655	2,0730	2,0045	1,9515	1,9091	1,8743	1,8451	1,7989	1,7492	1,6951	1,6662	1,6356	1,6032	1,5686	1,5313	1,4906
28	2,8939	2,5028	2,2906	2,1571	2,0645	1,9959	1,9427	1,9001	1,8652	1,8359	1,7895	1,7395	1,6852	1,6560	1,6252	1,5925	1,5575	1,5198	1,4784
29	2,8871	2,4955	2,2831	2,1494	2,0566	1,9878	1,9345	1,8918	1,8568	1,8274	1,7808	1,7306	1,6759	1,6465	1,6155	1,5825	1,5472	1,5090	1,4670
30	2,8807	2,4882	2,2761	2,1422	2,0492	1,9803	1,9269	1,8841	1,8490	1,8195	1,7727	1,7223	1,6673	1,6377	1,6065	1,5732	1,5376	1,4989	1,4564
40	2,8354	2,4404	2,2261	2,0909	1,9968	1,9269	1,8725	1,8289	1,7929	1,7627	1,7146	1,6624	1,6052	1,5741	1,5411	1,5056	1,4672	1,4248	1,3769
60	2,7914	2,3933	2,1774	2,0410	1,9457	1,8747	1,8194	1,7748	1,7380	1,7070	1,6574	1,6034	1,5435	1,5107	1,4755	1,4373	1,3952	1,3476	1,2915
120	2,7478	2,3473	2,1300	1,9923	1,8959	1,8238	1,7675	1,7220	1,6843	1,6524	1,6012	1,5450	1,4821	1,4472	1,4094	1,3676	1,3203	1,2646	1,1926
	2,7055	2,3026	2,0838	1,9449	1,8473	1,7741	1,7167	1,6702	1,6315	1,5927	1,5458	1,4871	1,4206	1,3832	1,3419	1,2951	1,2400	1,1686	1,0000

Продолжение табл.2

Критические точки F -распределение Фишера

$$\beta = 0,90$$

$\frac{m}{n}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
1	5,8285	7,5000	8,1999	8,5810	8,8198	8,9833	9,1021	9,1922	9,2631	9,3202	9,4064	9,4934	9,5813	9,6255	9,6698	9,7144	9,7591	9,8041	9,8492
2	2,5714	3,0000	3,1534	3,2320	3,2820	3,3121	3,3352	3,3526	3,3661	3,3700	3,3934	3,4098	3,4263	3,4345	3,4428	3,4511	3,4594	3,4677	3,4761
3	2,0239	2,2798	2,3555	2,3901	2,4095	2,4218	2,4302	2,4364	2,4410	2,4447	2,4500	2,4552	2,4602	2,4626	2,4650	2,4674	2,4697	2,4720	2,4742
4	1,8074	2,0000	2,0467	2,0642	2,0723	2,0766	2,0790	2,0805	2,0814	2,0820	2,0826	2,0829	2,0828	2,0827	2,0825	2,0821	2,0817	2,0812	2,0806
5	1,6925	1,8528	1,8943	1,8927	1,8947	1,8945	1,8935	1,8923	1,8911	1,8899	1,8877	1,8851	1,8820	1,8802	1,8784	1,8763	1,8742	1,8719	1,8694
6	1,6214	1,7622	1,7844	1,7844	1,7852	1,7821	1,7789	1,7760	1,7733	1,7708	1,7668	1,7621	1,7569	1,7540	1,7510	1,7477	1,7443	1,7407	1,7368
7	1,5732	1,7010	1,7169	1,7157	1,7111	1,7059	1,7011	1,6969	1,6931	1,6898	1,6843	1,6781	1,6712	1,6675	1,6635	1,6593	1,6548	1,6502	1,6452
8	1,5384	1,6569	1,6683	1,6642	1,6575	1,6508	1,6448	1,6396	1,6350	1,6310	1,6244	1,6170	1,6088	1,6043	1,5996	1,5945	1,5892	1,5836	1,5777
9	1,5121	1,6236	1,6315	1,6253	1,6170	1,6091	1,6022	1,5961	1,5909	1,5863	1,5788	1,5705	1,5611	1,5560	1,5506	1,5450	1,5389	1,5325	1,5257
10	1,4915	1,5975	1,6028	1,5949	1,5853	1,5765	1,5688	1,5621	1,5563	1,5513	1,5430	1,5338	1,5235	1,5179	1,5119	1,5056	1,4990	1,4919	1,4843
11	1,4749	1,5767	1,5798	1,5704	1,5598	1,5502	1,5418	1,5346	1,5284	1,5230	1,5140	1,5041	1,4930	1,4869	1,4805	1,4737	1,4664	1,4587	1,4504
12	1,4613	1,5595	1,5609	1,5503	1,5389	1,5286	1,5197	1,5120	1,5054	1,4996	1,4902	1,4796	1,4678	1,4613	1,4544	1,4471	1,4393	1,4310	1,4221
13	1,4500	1,5452	1,5451	1,5336	1,5214	1,5105	1,5011	1,4931	1,4861	1,4801	1,4701	1,4590	1,4465	1,4397	1,4324	1,4247	1,4164	1,4075	1,3980
14	1,4403	1,5331	1,5317	1,5194	1,5066	1,4952	1,4854	1,4770	1,4697	1,4634	1,4530	1,4414	1,4284	1,4212	1,4136	1,4055	1,3967	1,3874	1,3772
15	1,4321	1,5227	1,5202	1,5071	1,4938	1,4820	1,4718	1,4631	1,4556	1,4491	1,4383	1,4263	1,4127	1,4052	1,3973	1,3888	1,3796	1,3698	1,3591
16	1,4249	1,5137	1,5103	1,4965	1,4827	1,4705	1,4601	1,4511	1,4433	1,4366	1,4255	1,4130	1,3990	1,3912	1,3830	1,3742	1,3646	1,3543	1,3432
17	1,4186	1,5057	1,5013	1,4873	1,4730	1,4605	1,4497	1,4405	1,4325	1,4256	1,4142	1,4014	1,3869	1,3790	1,3704	1,3613	1,3514	1,3406	1,3290
18	1,4130	1,4988	1,4938	1,4790	1,4644	1,4516	1,4406	1,4312	1,4230	1,4159	1,4042	1,3911	1,3762	1,3680	1,3592	1,3497	1,3395	1,3284	1,3162
19	1,4081	1,4925	1,4870	1,4717	1,4568	1,4437	1,4325	1,4228	1,4145	1,4073	1,3953	1,3819	1,3666	1,3582	1,3492	1,3394	1,3289	1,3174	1,3046
20	1,4037	1,4870	1,4808	1,4652	1,4500	1,4366	1,4252	1,4153	1,4069	1,3995	1,3873	1,3736	1,3580	1,3494	1,3401	1,3301	1,3193	1,3074	1,2940
21	1,3997	1,4820	1,4753	1,4593	1,4438	1,4306	1,4186	1,4086	1,4000	1,3925	1,3801	1,3661	1,3502	1,3414	1,3319	1,3217	1,3105	1,2983	1,2846
22	1,3961	1,4774	1,4703	1,4540	1,4382	1,4244	1,4126	1,4025	1,3937	1,3861	1,3735	1,3593	1,3431	1,3341	1,3245	1,3140	1,3025	1,2900	1,2761
23	1,3928	1,4733	1,4657	1,4491	1,4331	1,4191	1,4072	1,3969	1,3880	1,3803	1,3675	1,3531	1,3366	1,3275	1,3176	1,3069	1,2952	1,2824	1,2681
24	1,3898	1,4695	1,4615	1,4447	1,4285	1,4143	1,4022	1,3918	1,3828	1,3750	1,3621	1,3474	1,3307	1,3214	1,3113	1,3004	1,2885	1,2754	1,2607

Продолжение табл.2

$\frac{D_2}{D_1}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
25	1,3870	1,4661	1,4577	1,4406	1,4242	1,4099	1,3976	1,3871	1,9780	1,3701	1,3570	1,3422	1,3252	1,3158	1,3056	1,2945	1,2823	1,2689	1,2538
26	1,3845	1,4629	1,4542	1,4368	1,4203	1,4058	1,3935	1,3828	1,3737	1,3656	1,3524	1,3374	1,3202	1,3106	1,3002	1,2889	1,2765	1,2628	1,2474
27	1,3822	1,4600	1,4510	1,4334	1,4166	1,4021	1,3896	1,3788	1,3696	1,3615	1,3481	1,3329	1,3155	1,3058	1,2953	1,2838	1,2712	1,2572	1,2414
28	1,3800	1,4573	1,4480	1,4302	1,4133	1,3986	1,3860	1,3752	1,3658	1,3576	1,3441	1,3288	1,3112	1,3013	1,2906	1,2790	1,2662	1,2519	1,2358
29	1,3780	1,4547	1,4452	1,4272	1,4102	1,3953	1,3826	1,3717	1,3623	1,3541	1,3404	1,3249	1,3071	1,2971	1,2863	1,2745	1,2615	1,2470	1,2306
30	1,3761	1,4524	1,4426	1,4244	1,4073	1,3923	1,3795	1,3685	1,3590	1,3507	1,3369	1,3213	1,3033	1,2933	1,2823	1,2703	1,2571	1,2424	1,2250
40	1,3626	1,4355	1,4239	1,4045	1,3863	1,3706	1,3571	1,3455	1,3354	1,3266	1,3119	1,2952	1,2758	1,2649	1,2529	1,2397	1,2249	1,2080	1,1880
60	1,3493	1,4188	1,4050	1,3848	1,3657	1,3491	1,3349	1,3226	1,3119	1,3026	1,2870	1,2691	1,2481	1,2361	1,2229	1,2081	1,1912	1,1715	1,1474
120	1,3362	1,4024	1,3873	1,3654	1,3453	1,3278	1,3128	1,2999	1,2886	1,2787	1,2621	1,2428	1,2200	1,2068	1,1921	1,1732	1,1555	1,1314	1,0987
	1,3233	1,3863	1,3694	1,3463	1,3251	1,3068	1,2910	1,2774	1,2654	1,2549	1,2371	1,2163	1,1914	1,1767	1,1600	1,1404	1,1164	1,0838	1,0000

71 02 02

Таблица 3
Критические точки распределения Стьюдента

Число степеней свободы ν	β - доверительная вероятность	
	0,90	0,95
1	6,31	12,7
2	2,92	4,30
3	2,35	3,18
4	2,13	2,78
5	2,01	2,57
6	1,94	2,45
7	1,98	2,36
8	1,86	2,31
9	1,83	2,26
10	1,81	2,23
11	1,80	2,20
12	1,78	2,18
13	1,77	2,16
14	1,76	2,14
15	1,75	2,13
16	1,75	2,12
17	1,74	2,11
18	1,73	2,10
19	1,73	2,09
20	1,73	2,09
21	1,72	2,08
22	1,72	2,07
23	1,71	2,07
24	1,71	2,06
25	1,71	2,06
26	1,71	2,06
27	1,71	2,05
28	1,70	2,05
29	1,70	2,05
30	1,70	2,04
40	1,68	2,02
60	1,67	2,00
120	1,66	1,98
	1,65	1,96

1.10.50
 11/11/88
 22.08.90

Пример I. Проверка на однородность первым методом.

Имеются 2 выборки наработок до отказа клапана регулирующего, эксплуатируемого в составе 2-х различных систем. Проверим выборки на однородность при уровне значимости 0,05 с целью проверки предположения об идентичности условий эксплуатации.

$$N_1 = 10$$

$$N_2 = 12$$

Выборка I: 3800, 1700, 4200, 6000, 5500, 2100, 2700, 3000, 5200, 4800.

Выборка 2: 3000, 9000, 7200, 4800, 3500, 6200, 5200, 1600, 3900, 2500, 8000, 6900.

Строим вариационный ряд:

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1600,	1700,	2100,	2500,	2700,	3000,	3500,	3600,	3800,	3900,
II	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4200,	4800,	4800,	5200,	5200,	5500,	6000,	6200,	6900,	7200,
21	22								
8000,	9000								

Определяем $W_{\text{набл}} = 9+2+11+17+16+3+5+8+15+12 = 98$

По таблице I для $\beta = 0,95$ $N_1 = 10$ и $N_2 = 12$

$W_{\text{ниж.кр}} = 89$. Тогда $W_{\text{верх.крит.}} = (10+12+1) \cdot 10 - 89 =$
 $= 141$, таким образом $89 < W_{\text{набл.}} < 141$, следовательно,
 выборки однородны.

1.89.5.7 Алл. 28.08.90

Пример 2. Проверка на однородность II методом

Наблюдение велось за 6 партиями клапанов запорных, эксплуатируемых в разных климатических условиях. Большой разброс средних ресурсов указывает на возможность влияния условий эксплуатации.

I партия $N_1 = 60$ штук Среднее $\bar{t}_1 = 7800$ ц,
дисперсия $S_1^2 = 4080000 = 408 \cdot 10^4$ цикл²

II партия: $N_2 = 60$ $\bar{t}_2 = 6800$ ц $S_2^2 = 350 \cdot 10^4$ ц²

III партия: $N_3 = 60$ $\bar{t}_3 = 6900$ ц $S_3^2 = 508 \cdot 10^4$ ц²

IV партия: $N_4 = 60$ $\bar{t}_4 = 7300$ ц $S_4^2 = 600 \cdot 10^4$ ц²

V партия: $N_5 = 20$ $\bar{t}_5 = 4600$ ц $S_5^2 = 182 \cdot 10^4$ ц²

VI партия: $N_6 = 24$ $\bar{t}_6 = 5400$ ц $S_6^2 = 675 \cdot 10^4$ ц²

при проверке на однородность оказалось, что $S_B^2 = 464 \cdot 10^4$ ц²,
 $S_A^2 = 4365 \cdot 10^4$ ц², $k = 9,04$. Табличное значение

$F_{0,95; 5, 278} = 2,21$ Следовательно выборки неоднородны. Чтобы установить, какую из выборок исключить из расчета надежности, применим критерий Стьюдента. За базовую принимаем II выборку (партию).

Сомнение вызывает пятая и шестая выборки. По формуле (II) критерий t для базовой и VI выборки составит: $t = 2,7$.

Табличное значение критерия при степени свободы $D = 82$ и

$\beta = 0,05$ составляет 2,0, что меньше расчетного. Следовательно, вторая и шестая выборки неоднородны, т.е. условия эксплуатации VI партии существенно влияют на надежность задвижек.

Этот вывод распространяется и на V партию, т.к. $\bar{t}_5 < \bar{t}_6$.

Следовательно, при определении параметров совокупности V и VI выборки должны быть исключены.

Среднее совокупности (I-IV выборки) составит $\bar{t} = 7200$ ц.

$$\hat{\sigma}^2 = 473 \cdot 10^4 \text{ цикл}^2$$

189-90 2000 28.08.90

Приложение 5
Справочное
Таблица

Значение коэффициента $\chi^2_{p,n}$

$n \backslash p$	0,90	0,95	$n \backslash p$	0,90	0,95
I	2,706	3,841	31	41,422	44,985
2	4,605	5,991	32	42,585	46,194
3	6,251	7,815	33	43,745	47,400
4	7,779	9,488	34	44,903	48,602
5	9,236	11,070	35	46,059	49,802
6	10,645	12,592	36	47,212	50,998
7	12,017	14,067	37	48,363	52,192
8	13,362	15,507	38	49,513	53,384
9	14,684	16,919	39	50,660	54,572
10	15,987	18,307	40	51,805	55,758
11	17,275	19,675	41	52,949	56,942
12	18,549	21,026	42	54,090	58,124
13	19,812	22,362	43	55,230	59,304
14	21,064	23,685	44	56,369	60,481
15	22,307	24,996	45	57,505	61,656
16	23,542	26,296	46	58,641	62,830
17	24,769	27,587	47	59,774	64,001
18	25,989	28,869	48	60,907	65,171
19	27,204	30,144	49	62,038	66,339
20	28,412	31,410	50	63,167	67,505
21	29,615	32,671	51	64,295	68,669
22	30,813	33,924	52	65,422	69,832
23	32,007	35,172	53	66,548	70,993
24	33,196	36,415	54	67,673	72,153
25	34,382	37,652	55	68,796	73,311
26	35,563	38,885	56	69,918	74,468
27	36,741	40,113	57	71,040	75,624
28	37,916	41,337	58	72,160	76,778
29	39,087	42,557	59	73,279	77,931
30	40,256	43,773	60	74,397	79,082

1.0.90 2002 28.08.90

Продолжение табл.

п	β		п	β	
	0,90	0,95		0,90	0,95
61	75,514	80,232	91	108,661	114,268
62	76,630	81,381	92	109,756	115,390
63	77,745	82,529	93	110,850	116,511
64	78,860	83,675	94	111,944	117,632
65	79,973	84,821	95	113,038	118,752
66	81,086	85,965	96	114,131	119,871
67	82,197	87,108	97	115,223	120,990
68	83,308	88,250	98	116,315	122,108
69	84,418	89,391	99	117,407	123,225
70	85,527	90,531	100	118,498	124,342
71	86,635	91,670			
72	87,743	92,808			
73	88,850	93,945			
74	89,956	95,081			
75	91,061	96,217			
76	92,166	97,351			
77	93,270	98,484			
78	94,374	99,617			
79	95,476	100,749			
80	96,578	101,879			
81	97,680	103,010			
82	98,780	104,139			
83	99,880	105,267			
84	100,980	106,395			
85	102,079	107,522			
86	103,177	108,648			
87	104,275	109,773			
88	105,372	110,898			
89	106,469	112,022			
90	107,565	113,145			

Примечание. $\chi^2_{\beta, n}$ - квантиль; β^2 - квадрат распределения. Находится из уравнения:

$$\beta = \int_0^{\chi^2_{\beta, n}} \frac{1}{2^{\frac{n}{2}} \Gamma(\frac{n}{2})} x^{\frac{n-2}{2}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

129-90 3002 ДР.0.0.90

Приложение 6
СправочноеЗначения коэффициента $Z_{\beta, N}$

N	β	
	0,90	0,95
2	2,176	4,464
3	1,088	1,686
4	0,819	1,177
5	0,685	0,953
6	0,602	0,823
7	0,544	0,734
8	0,500	0,670
9	0,466	0,620
10	0,437	0,580
11	0,414	0,546
12	0,393	0,518
13	0,375	0,494
14	0,361	0,473
15	0,347	0,455
16	0,335	0,438
17	0,324	0,423
18	0,313	0,410
19	0,303	0,398
20	0,295	0,387
21	0,286	0,376
22	0,280	0,367

N	β	
	0,90	0,95
23	0,275	0,358
24	0,269	0,350
25	0,264	0,342
26	0,258	0,335
27	0,253	0,328
28	0,248	0,322
29	0,244	0,316
30	0,239	0,310
32	0,231	0,309
34	0,224	0,290
36	0,218	0,282
38	0,212	0,274
40	0,206	0,266
45	0,194	0,250
50	0,184	0,237
60	0,167	0,216
70	0,155	0,199
80	0,145	0,186
90	0,136	0,175
100	0,129	0,166
200	0,091	0,117

Примечание. $Z_{\beta, N} = \frac{1}{\sqrt{N}} t_{\beta, N-1}$, где $t_{\beta, N-1}$ — квантиль распределения Стьюдента с $(N-1)$ степенями свободы.

129-90 422 28.08.90

Приложение 7
СправочноеЗначение функции нормального распределения $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{y^2}{2}} dy$

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
-0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
-0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
-0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
-0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
-0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
-0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
-0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
-0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
-0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
-1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
-1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
-1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
-1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9098	0,91149	0,9130	0,9146	0,9162	0,9177
-1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9250	0,9264	0,9278	0,9292	0,9305	0,9319
-1,5	0,9332	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408
-1,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449
-1,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327
-1,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96637	0,96712	0,96784	0,96856	0,96926	0,96995	0,97062
-1,9	0,97128	0,97193	0,97257	0,97320	0,97381	0,97441	0,97500	0,97558	0,97615	0,97670

РА 302-07-279-89

С.57

129-90 *Уч. АР.ОР.90*

Продолжение приложения 7

X	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
-2,0	0,97725	0,97778	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169
-2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574
-2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
-2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,99010	0,99036	0,99061	0,99086	0,99111	0,99134	0,99158
-2,4	0,99180	0,99202	0,99224	0,99245	0,99265	0,99285	0,99305	0,99324	0,99343	0,99361
-2,5	0,99379	0,99396	0,99413	0,99429	0,99445	0,99461	0,99476	0,99491	0,99506	0,99520
-2,6	0,99534	0,99547	0,99560	0,99573	0,99585	0,99597	0,99609	0,99620	0,99632	0,99643
-2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736
-2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99778	0,99795	0,99801	0,99807
-2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99830	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99860
-3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99877	0,99881	0,99885	0,99889	0,99893	0,99896	0,99899
-3,1	0,99903	0,99906	0,99909	0,99912	0,99915	0,99918	0,99921	0,99923	0,99926	0,99928
-3,2	0,99931	0,99933	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99949
-3,3	0,99951	0,99953	0,99954	0,99956	0,99958	0,99959	0,99961	0,99962	0,99963	0,99965
-3,4	0,99966	0,99967	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975
-3,5	0,99976	0,99977	0,99978	0,99979	0,99980	0,99980	0,99981	0,99982	0,99982	0,99983
-3,6	0,99984	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988
-3,7	0,99989	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992
-3,8	0,99992	0,99993	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994
-3,9	0,99995	0,99995	0,99995	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996

ДЛ 302-07-279-89

С. 58

Продолжение приложения 7

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-4,0	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997
-4,1	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
-4,2	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998	0,99999	0,99999	0,99999
-4,3	0,99999									

Примечание. $\Phi(x) = 1 - \Phi(-x)$

Приложение 8
СправочноеКвантили нормального распределения $u_\gamma (u_\beta)$

$\gamma (\beta)$	$u_\gamma (u_\beta)$	$\gamma (\beta)$	$u_\gamma (u_\beta)$	$\gamma (\beta)$	$u_\gamma (u_\beta)$
0,50	0	0,73	0,613	0,94	1,555
0,51	0,025	0,74	0,643	0,95	1,645
0,52	0,050	0,75	0,674	0,96	1,751
0,53	0,075	0,76	0,706	0,97	1,881
0,54	0,100	0,77	0,738	0,975	1,960
0,55	0,126	0,78	0,772	0,980	2,054
0,56	0,151	0,79	0,806	0,990	2,326
0,57	0,176	0,80	0,842	0,991	2,366
0,58	0,202	0,81	0,878	0,993	2,456
0,59	0,228	0,82	0,915	0,994	2,512
0,60	0,253	0,83	0,945	0,995	2,576
0,61	0,279	0,84	0,994	0,996	2,632
0,62	0,305	0,85	1,036	0,997	2,748
0,63	0,332	0,86	1,080	0,9975	2,807
0,64	0,358	0,87	1,126	0,9980	2,878
0,65	0,385	0,88	1,175	0,9990	3,090
0,66	0,412	0,89	1,227	0,9995	3,291
0,67	0,440	0,90	1,282	0,9999	3,719
0,68	0,468	0,91	1,341		
0,69	0,496	0,92	1,405		
0,70	0,524	0,925	1,440		
0,72	0,563	0,93	1,476		

Примечание. $u_{1-\gamma} = -u_\gamma$ Значения u_γ находят из уравнения: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{u_\gamma} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$

120-90 Учен 28.08.90

129-90 УИИ 28.08.90

Приложение 9
Справочное

Значения коэффициента К

h \ P	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,01	0,0101	0,0109	0,0116	0,0122	0,0128	0,0133	0,0137	0,0142	0,0146	0,0149	0,0153
0,02	0,0204	0,0221	0,0234	0,0247	0,0257	0,0267	0,0276	0,0285	0,0293	0,0301	0,0308
0,03	0,0309	0,0334	0,0355	0,0372	0,0389	0,0403	0,0417	0,0430	0,0442	0,0454	0,0465
0,04	0,0416	0,0449	0,0476	0,0500	0,0522	0,0541	0,0560	0,0577	0,0594	0,0609	0,0624
0,05	0,0525	0,0566	0,0600	0,0629	0,0657	0,0681	0,0704	0,0726	0,0746	0,0766	0,0785
0,06	0,0636	0,0655	0,0725	0,0761	0,0793	0,0823	0,0851	0,0877	0,0901	0,0925	0,0947
0,07	0,0749	0,0806	0,0852	0,0894	0,0932	0,0967	0,0989	0,1029	0,1058	0,1085	0,1111
0,08	0,0865	0,0928	0,0982	0,1029	0,1073	0,1112	0,1149	0,1184	0,1216	0,1248	0,1278
0,09	0,0982	0,1053	0,1135	0,1167	0,1215	0,1260	0,1301	0,1340	0,1377	0,1413	0,1446
0,10	0,1102	0,1180	0,1247	0,1306	0,1360	0,1409	0,1455	0,1499	0,1540	0,1579	0,1617
0,15	0,1734	0,1848	0,1946	0,2034	0,2114	0,2188	0,2258	0,2323	0,2386	0,2445	0,2502
0,20	0,2427	0,2574	0,2703	0,2819	0,2926	0,3025	0,3118	0,3207	0,3290	0,3370	0,3447
0,25	0,3186	0,3366	0,3525	0,3670	0,3803	0,3928	0,4045	0,4156	0,4261	0,4362	0,4459
0,30	0,4021	0,4233	0,4422	0,4595	0,4756	0,4904	0,5045	0,5180	0,5308	0,5430	0,5548
0,35	0,4941	0,5184	0,5404	0,5604	0,5791	0,5967	0,6133	0,6291	0,6441	0,6596	0,6724
0,40	0,5961	0,6234	0,6484	0,6713	0,6927	0,7129	0,7320	0,7502	0,7676	0,7844	0,8005
0,45	0,7096	0,7400	0,7678	0,7937	0,8179	0,8406	0,8625	0,8832	0,9031	0,9222	0,9406
0,50	0,8368	0,8703	0,9012	0,9300	0,9570	0,9826	1,0070	1,0300	1,0530	1,0740	1,0950
0,55	0,9808	1,0270	1,0510	1,0830	1,1130	1,1410	1,1690	1,1950	1,2200	1,2440	1,2670

РД 302-07-279-89

С. 61

129-90 ГММ 28.08.90

Продолжение приложения 9

$\mu \backslash p$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,60	1,1450	1,1850	1,2220	1,2570	1,2900	1,3210	1,3510	1,3800	1,4080	1,4350	1,4610
0,65	1,3360	1,3790	1,4190	1,4570	1,4940	1,5280	1,5610	1,5930	1,6240	1,6530	1,6820
0,70	1,5610	1,6080	1,6510	1,6930	1,7320	1,7700	1,8060	1,8410	1,8750	1,9080	1,9400
0,80	2,1760	2,2290	2,2800	2,3290	2,3760	2,4210	2,4660	2,5070	2,5480	2,5880	2,6260
0,90	3,2830	3,3450	3,4050	3,4640	3,5200	3,5750	3,6280	3,6790	3,7300	3,7790	3,8270

РД 302-07-279-89

С. 62

Приложение Ю

Справочное

Таблица

Значение функции $\lambda(Z; \mu) = \lambda(Z)$

Z	$\lambda(Z)$	Z	$\lambda(Z)$	Z	$\lambda(Z)$	Z	$\lambda(Z)$
-4,0	0,0001	-2,00	0,0552	0,00	0,7979	2,00	2,3732
-3,95	0,0002	-1,95	0,0612	0,05	0,8300	2,05	2,4176
-3,90	0,0002	-1,90	0,0676	0,10	0,8626	2,10	2,4621
-3,85	0,0002	-1,85	0,0745	0,15	0,8958	2,15	2,5067
-3,80	0,0003	-1,80	0,0819	0,20	0,9294	2,20	2,5515
-3,75	0,0004	-1,75	0,0899	0,25	0,9636	2,25	2,5964
-3,70	0,0004	-1,70	0,0981	0,30	0,9982	2,30	2,6414
-3,65	0,0005	-1,65	0,1076	0,35	1,0332	2,35	2,6866
-3,60	0,0006	-1,60	0,1174	0,40	1,0688	2,40	2,7319
-3,55	0,0007	-1,55	0,1277	0,45	1,1047	2,45	2,7773
-3,50	0,0009	-1,50	0,1388	0,50	1,1411	2,50	2,8227
-3,45	0,0010	-1,45	0,1505	0,55	1,1779	2,55	2,8684
-3,40	0,0012	-1,40	0,1629	0,60	1,2150	2,60	2,9141
-3,35	0,0015	-1,35	0,1760	0,65	1,2526	2,65	2,9598
-3,30	0,0017	-1,30	0,1897	0,70	1,2905	2,70	3,0058
-3,25	0,0020	-1,25	0,2042	0,75	1,3288	2,75	3,0519
-3,20	0,0024	-1,20	0,2194	0,80	1,3674	2,80	3,0977
-3,15	0,0028	-1,15	0,2354	0,85	1,4064	2,85	3,1441
-3,10	0,0033	-1,10	0,2520	0,90	1,4456	2,90	3,1906
-3,05	0,0038	-1,05	0,2694	0,95	1,4852	2,95	3,2366
-3,00	0,0044	-1,00	0,2876	1,00	1,5251	3,00	3,2832
-2,95	0,0052	-0,95	0,3055	1,05	1,5653	3,05	3,3311
-2,90	0,0060	-0,90	0,3261	1,10	1,6058	3,10	3,3764

129-90 4224 18.08.00

Продолжение таблицы

z	$\lambda(z)$	z	$\lambda(z)$	z	$\lambda(z)$	z	$\lambda(z)$
-2,85	0,0069	-0,85	0,3465	1,15	1,6465	3,15	3,4244
-2,80	0,0079	-0,80	0,3676	1,20	1,6875	3,20	3,4694
-2,75	0,0091	-0,75	0,3894	1,25	1,7288	3,25	3,5180
-2,70	0,0105	-0,70	0,4119	1,30	1,7703	3,30	3,5642
-2,65	0,0120	-0,65	0,4352	1,35	1,8121	3,35	3,6121
-2,60	0,0136	-0,60	0,4591	1,40	1,8540	3,40	3,6565
-2,55	0,0155	-0,55	0,4838	1,45	1,8963	3,45	3,7069
-2,50	0,0176	-0,50	0,5092	1,50	1,9387	3,50	3,7527
-2,45	0,0200	-0,45	0,5352	1,55	1,9813	3,55	3,8002
-2,40	0,0226	-0,40	0,5619	1,60	2,0241	3,60	3,8464
-2,35	0,0255	-0,35	0,5892	1,65	2,0672	3,65	3,8934
-2,30	0,0286	-0,30	0,6172	1,70	2,1104	3,70	3,9425
-2,25	0,0321	-0,25	0,6458	1,75	2,1538	3,75	3,9924
-2,20	0,0360	-0,20	0,6751	1,80	2,1973	3,80	4,0360
-2,15	0,0402	-0,15	0,7049	1,85	2,2410	3,85	4,0891
-2,10	0,0448	-0,10	0,7353	1,90	2,2849	3,90	4,1376
-2,05	0,0498	-0,05	0,7663	1,95	2,3290	3,95	4,1842
						4,00	4,2310

Примечание.

$$\lambda(z_{jk}) = \frac{e^{-z_{jk}^2/\lambda}}{\int_{z_{jk}}^{\infty} e^{-y^2/\lambda} dy}$$

05-08-90
ММ
12-00

Приложение II
СправочноеЗначения $\chi^2_{\nu-1; 0,5}$

ν	χ^2	ν	χ^2	ν	χ^2
2	0,455	10	8,34	18	16,34
3	1,39	11	9,34	19	17,34
4	2,37	12	10,34	20	18,34
5	3,36	13	11,34	21	19,34
6	4,35	14	12,34	22	20,34
7	5,35	15	13,34	23	21,34
8	6,35	16	14,34	24	22,34
9	7,34	17	15,34	25	23,34

При $\nu > 25$

$$\chi^2_{\nu-1; 0,5} = \nu - 1$$

Приложение 12

Рекомендуемое

ФОРМА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Расчет показателей надежности

изделий _____ (ТУ, ГОСТ)

Наименование, чертеж, ДУ _____

по результатам _____

испытаний, подконтрольной эксплуатации,
эксплуатации

Исходные данные приведены в _____

№ карты-накопителя, акта,
протокола, отчета и т.д.

1. Количество изделий		2. Доверительная вероятность	
Исходные данные для оценки показателей безотказности	Количество наблюдений до отказа, их наработки до отказа (цикл, час)		
	Количество наблюдений и наработки до цензурирования (цикл, час)		
	Наработки до предельного состояния (цикл, час, лет), количество данных наработок		
	Наработки до цензурирования (цикл, час, лет), количество наработок до цензурирования		
Сведения о законе распределения		Параметры распределения	
Дополнительная информация (испытание, и чертежа)	Количество наработок и наработки	до отказа (цикл, час)	
		до предельного состояния (цикл, час, лет)	
	Наработки до цензурирования (цикл, час, лет) и количество наблюдений до цензурирования		
	Общее количество наблюдений (изделий)	Закон распределения отказов	
Параметры распределения			

001 28.08.90

Продолжение приложения IБ

Вспомогательные величины и коэффициенты		
Нижняя доверительная граница среднего	ресурса	/
	срока службы	
	наработки до отказа (на отказ)	
Нижняя доверитель- ная граница вероятности безотказной рабо- ты в течение t =		
Требования к надежности по ТУ		
Заключение о соответствии изделий требова- ниям норм надежности		

Расчет произведен в соответствии с

Расчет проверил:

Расчет произвел:

100-90 УИИ 28.08.90

Приложение 13

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦЕНОК ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Пример I

Клапаны обратные в количестве 6 штук испытывались до 4-х последовательных отказов.

Клапаны наработали следующее количество циклов:

1200	1500	980	1420
880	1700	1200	920
1310	1400	950	1150
1020	1310	1750	850
940	1400	1220	1170
1500	1040	980	950

Требуется определить наработку на отказ и средний ресурс. Закон распределения клапанов наилучшим образом согласуется с нормальным законом распределения.

Расчет производим в соответствии с п.2.2.

Нижняя односторонняя доверительная граница средней наработки на отказ определяется по формуле

$$t_H = \hat{a} - Z_{\beta, N} \cdot \hat{\sigma}$$

$$\hat{a} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i = 1198 \text{ ц}$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - \hat{a})^2} = 259 \text{ ц}$$

тогда

$$t_H = 1198 - 0,269 \times 259 = 1128 \text{ ц}$$

Средний ресурс определяем аналогично

$$\hat{a} = 4790, \quad \hat{\sigma} = 219, \quad Z_{0,90; 6} = 0,602$$

$$t_H = 4790 - 0,602 \times 219 = 4658 \text{ ц}$$

Средняя наработка на отказ составляет не менее 1128 ц.

Средний ресурс клапанов - не менее 4658 ц.

Пример 2

Задвижки клиновые в количестве 12 штук были поставлены на подконтрольную эксплуатацию. К моменту наблюдения все задвижки работоспособны и наработали по 700 циклов (24000 час).

Требуется определить среднюю наработку до отказа и вероятность безотказной работы в течение $t = 200$ ц.

Оценку производим в соответствии с п.3.2.

$$N = 12$$

$$T = 700 \text{ ц (24000 час)}$$

$$\beta = 0,90$$

Нижек одностроннюю доверительную границу средней наработки до отказа определяем по формуле

$$t_H = \frac{T}{1 - \nu \cdot u_\gamma}$$

$$\gamma = \sqrt{1 - \beta}$$

$$\gamma = \sqrt{1 - 0,90} = 0,325$$

u_γ находим по таблице приложения 9

для $\gamma = 0,325$, $u_\gamma = 0,935$. Коэффициент вариации принимаем $\nu = 0,2$.

тогда

$$t_H = \frac{T}{1 - \nu u_\gamma} = \frac{700}{1 - 0,2 \times 0,935} = 861 \text{ цикл}$$

или

$$t_H = \frac{24000}{1 - 0,2 \times 0,935} = 29520 \text{ час}$$

Нижек одностроннюю доверительную границу вероятности безотказной работы за $t = 200$ циклов определим по формуле

$$P_H(t) = \Phi\left(\frac{t}{0,2} \left(1 - \frac{200}{700}\right) + 0,935 \cdot \frac{200}{700}\right) = \Phi(3,83) = 0,9999$$

где $\Phi(x)$ - функция, определяемая по таблице приложения 7.

129-90 444 18.08.90

Нижняя доверительная граница средней наработки до отказа составляет 861 цикл (29520 ч).

Нижняя доверительная граница вероятности безотказной работы за $t = 200$ циклов составляет 0,9999.

Пример 3

Краны шаровые в количестве 15 штук испытывались на надежность. 4 крана отказали наработав: $t_1 = 520$ ц, $t_2 = 600$ ц, $t_3 = 830$ ц, $t_4 = 800$ ц.

Остальные наработали без отказов по 1000 циклов.

Требуется определить среднюю наработку до отказа и вероятность безотказной работы в течение 300 циклов.

Оценку показателей надежности проводим в соответствии с п.3.2.

$$T = 1000 \text{ ц} \quad N = 15 \quad d = 4$$

$$\text{Доверительная вероятность} \quad \hat{p} = 0,90$$

$$\bar{T} = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d t_i = \frac{1}{4} (520 + 600 + 830 + 800) = 688 \text{ ц}$$

$$S^2 = \frac{1}{d-1} \sum_{i=1}^d (t_i - \bar{T})^2 = \frac{1}{3} (168^2 + 88^2 + 142^2 + 112^2) = 22892$$

$$\hat{p} = \frac{S^2}{(688 - 1000)^2} = \frac{22892}{312^2} = 0,235$$

$$H = \frac{15 - 4}{15} = \frac{11}{15} = 0,733$$

По таблице приложения 9 определяем $K = 1,651$

Тогда

$$\hat{a} = \bar{T} - K(\bar{T} - T) = 688 - 1,651 \cdot (688 - 1000) = 1203$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{S^2 + K(\bar{T} - T)^2} = \sqrt{22892 + 1,651^2 \cdot 312^2} = 423$$

120-90 222 28.08.90

Нижняя односторонняя доверительная граница средней наработки до отказа определяется по формуле

$$t_n = \hat{a}_1 - Z_{\beta, d} \hat{\sigma} = 1203 - 1,08 \times 428 = 740$$

Нижняя доверительная граница вероятности безотказной работы в течение 300 циклов составит:

$$P_n(300) = \Phi \left(\frac{300 - 1203}{428} - 1,282 \sqrt{\frac{1}{4} \left(1 + \frac{2 \cdot 11^2}{2} \right)} \right) = \Phi(-3,26) = 0,9994$$

Средняя наработка до отказа - не менее 740 циклов.

Вероятность безотказной работы в течение 300 циклов - не менее 0,9994.

Пример 4

Под наблюдением находилось 27 регулирующих клапанов, из которых 6 отказали, а 21 изделие осталось работоспособным, причем поработали разное количество часов. Результаты наблюдений приведены в табл. I.

Определить среднюю наработку до отказа и вероятность безотказной работы за наработку $t = 8500$ часов.

Оценку показателей надежности проводят в соответствии с п. 4.2.

Таблица I

Наработки до отказа t_i (час)	Наработки до цензурирования T_j (час)
3600, 8500, 15300, 18700, 19550, 23800	17000, 17000, 21250, 21250, 21250, 21250, 21250, 21250, 38050, 38250, 38250, 38250, 38250, 38250, 38250, 38250, 51000, 51000, 51000, 51000, 51000
$r = 6$	$n = 21$

129-90 ММ 28.08.90

I) Оценим параметры нормального распределения \hat{a} и \hat{b} в соответствии с п.4.2

$$A = \sum_{i=1}^n t_i + 0,64 \sum_{j=1}^n \tau_j = 89450 + 0,64 \cdot 712300 = 545322$$

$$B = n + 0,64n = 6 + 0,64 \cdot 21 = 19,44$$

$$C = \sum_{i=1}^n t_i^2 + 0,64 \sum_{j=1}^n \tau_j^2 = 1,617632 \cdot 10^9 + 0,64 \cdot 2,73206 \cdot 10^{10} = 1,910282 \cdot 10^{10}$$

$$D = 0,8n = 0,8 \cdot 21 = 16,8$$

$$E = 0,8 \sum_{j=1}^n \tau_j = 0,8 \cdot 712300 = 569840$$

Начальные значения оценок параметров \hat{a}_0 и \hat{b}_0 определим по уравнениям п.4.2.1, считая, что $\Delta_0 = 0$, $F_0 = 0$

$$\hat{b}_0 = \frac{(E - AD/B) + \sqrt{(E - AD/B)^2 + 4z(C - A^2/B)}}{2z} =$$

$$= \frac{98574 \times 10^7 + \sqrt{98574 \times 10^7^2 + 24(3,805697 \times 10^7)}}{12} = 16806,41$$

$$\hat{a}_0 = \frac{A}{B} + \frac{D\hat{b}_0}{B} = \frac{545322}{19,44} + \frac{16,8}{19,44} \cdot 16806,41 = 42575,59$$

Последующие приближения вычисляем по уравнениям п.4.2.1

Порядок решения представлен в табл.2.

Таблица 2

τ_j	1-ое приближение		2-ое приближение	
	$Z_{j1} = \frac{\tau_j - \hat{a}_0}{\hat{b}_0}$	$\lambda(Z_{j1})$	$Z_{j2} = \frac{\tau_j - \hat{a}_1}{\hat{b}_1}$	$\lambda(Z_{j2})$
17000	-1,522	0,1277	-1,307	0,1829
21250	-1,269	0,2042	-1,180	0,2274
28050	-0,864	0,3465	-0,977	0,2971
38250	-0,257	0,6458	-0,673	0,4259
51000	0,501	1,1411	-0,293	0,6229

$$\Delta_1 = 2,146$$

$$\hat{\sigma}_1 = 33509,43$$

$$F_1 = 48249,48$$

$$\hat{a}_1 = 60709,44$$

Для второго приближения:

$$\Delta_{j2} = \lambda_{j2} - 0,8 - 0,64 Z_{j,2}$$

$$\Delta_{12} = 0,1829 - 0,820,67 \times 1,307 = 0,2586$$

$$\Delta_{32} = 0,2274 - 0,8 + 0,67 \times 1,18 = 0,2180$$

$$\Delta_{92} = 0,2971 - 0,8 + 0,67 \times 0,977 = 0,1517$$

$$\Delta_{102} = 0,4259 - 0,8 + 0,67 \times 0,673 = 0,0768$$

$$\Delta_{172} = 0,6229 - 0,8 + 0,67 \times 0,293 = 0,0192$$

$$\Delta_2 = \sum_{j=1}^{21} \Delta_{j2} = 0,2586 \times 2 + 0,2180 \times 6 + 0,1517 \times 1 +$$

$$+ 0,0768 \times 7 + 0,0192 \times 5 = 2,6105$$

$$F_2 = \sum_{j=1}^{21} \Delta_{j2} T_j = 0,2586 \times 17000 \times 2 + 0,2180 \times 21250 \times 6 +$$

$$+ 0,1517 \times 28050 \times 1 + 0,0768 \times 38250 \times 7 +$$

$$+ 0,0192 \times 51000 \times 5 = 66301,78$$

$$\Delta_2 = 2,611$$

$$F_2 = 66301,78$$

$$\hat{\sigma}_2 = 33956,28$$

$$\hat{a}_2 = 61955,41$$

$$\text{Так как } \left| \frac{33956,28 - 33509,43}{33509,43} \right| \leq 0,02$$

$$\left| \frac{61955,41 - 60709,44}{60709,44} \right| \leq 0,02,$$

то в качестве оценок параметров следует принять:

$$\hat{a}_2 = 61955,41$$

$$\hat{\sigma}_2 = 33956,28$$

Несмещенные оценки параметров равны:

$$\hat{\sigma}_H = \hat{\sigma}_2 \sqrt{\frac{2}{\chi_{2-1; 0,5}^2}} = 33956,28 \sqrt{\frac{6}{3,36}} = 45375,98$$

119-90 ХИИ 28.08.90

$$\hat{a}_n = \frac{A}{B} + \frac{(D + \Delta_2)}{B} \hat{\sigma}_n = \frac{545322}{19,44} + \frac{(16,8 + 2,61)}{19,44} \times 45375,98 = 73357,49$$

Тогда по формуле п.

$$\hat{t} = \hat{a}_n, \text{ то есть } \hat{t} = 73357 \text{ ч}$$

Нижнюю доверительную границу средней наработки до отказа определяем по формуле

$$t_n = \hat{a} - Z_{\beta, \alpha} \cdot \hat{\sigma} = 73357 - 0,885 \times 45376 = 42274 \text{ ч}$$

Нижнюю одностороннюю доверительную границу вероятности безотказной работы за наработку $t = 8500$ ч определим по формуле

$$P_n(t) = \Phi \left(\hat{h} - u_p \sqrt{\frac{1}{\varphi} \left(1 + \frac{t^2}{2} \right)} \right)$$

$$\hat{h} = \frac{8500 - 73357}{45375} = -1,43$$

$$t_p = 23800 \quad P(t_p) = \Phi \left(\frac{73357 - 23800}{45375} \right) = \Phi(1,09) = 0,8621$$

$$\varphi = N(1 - P(t_p)) = 27 \cdot (1 - 0,8621) = 3,72$$

$$P_n(8500) = \Phi \left(-1,43 - 1,282 \sqrt{\frac{1}{3,72} \left(1 + \frac{(-1,43)^2}{2} \right)} \right) =$$

$$= \Phi(-2,37) = 0,9911$$

Средняя наработка до отказа регулирующих клапанов - не менее 42274 часов.

Вероятность безотказной работы в течение 8500 часов - не менее 0,99.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

I. Утвержден организацией

Исполнители: Г.В.Котылевский (начальник лаборатории),
Э.П.Алексеева (руководитель темы),
Т.Г.Потемкина (исполнитель).

Зарегистрирован _____

за № _____ от _____ 1989 г.

2. Взамен ОСТ 26-07-862-86, ОСТ 26-07-818-88.
3. Ссылочные нормативно-технические документы

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения, таблицы
ГОСТ 27.002-89	п. I. I
ГОСТ 27.504-84	п. I. I

129-00 5002 28.08.90

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ изме- не- ния	№ листа (страницы)				Номер доку- мента	Подпись	Дата внесе- ния из- менения	Дата введе- ния из- менения
	изме- нен- ного	замене- нно- го	нового	аннули- рован- ного				

129-90 18.08.90

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие требования	3
2. Оценка показателей надежности арматуры при отсутствии цензурирования (наработки до отказа, предельного состояния)	9
3. Оценка показателей надежности арматуры при однократном цензурировании	12
4. Оценка показателей надежности арматуры при многократном цензурировании	16
5. Оценка показателей надежности с учетом априорной информации	20
6. Требования к оформлению расчета показателей надежности	22
7. Приложение 1. Обозначения, применяемые в стандарте ..	24
8. Приложение 2. Определение Закона распределения отказов	26
9. Приложение 3. Методы выбраковки резко выделяющихся значений	33
10. Приложение 4. Проверка исходных данных на однородность	38
11. Приложение 5. Значение коэффициента $\chi^2_{\beta, N}$	54
12. Приложение 6. Значение коэффициента $Z_{\beta, N}$	56
13. Приложение 7. Значение функции $\Phi(X)$	57
14. Приложение 8. Квантиль нормального распределения U_γ ..	60
15. Приложение 9. Значение коэффициента K	61
16. Приложение 10. Значение функции $\lambda(Z; k)$	63
17. Приложение 11. Значение коэффициента $\chi^2_{\gamma-1, 0,5}$	65
18. Приложение 12. Форма расчета показателей надежности. ..	66
19. Приложение 13. Примеры расчета показателей надежности ..	68
20. Информационные данные	75
21. Лист регистрации изменений	76

119-90 88. 18. 08. 90