

~~131~~ 131

Bx. 50-27)
27.0984.
Oznanenie
r. Bejancina k.r.
r. Podriuba d.p.
OZ.IC.k

Група Д19

OCT 1 00448-82

На 39 страницах

Введен впервые

N1 087-16

Срок введения установлен с 1 января 1983 г.

Настоящий стандарт устанавливает методы определения рациональных уровней безотказности составных частей проектируемого изделия, обеспечение которых позволяет получить заданный уровень безотказности изделия в целом.

Ex. No. 248-01
L.F. 19 1968

Перепечатка воспрещена

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Уровни показателей безотказности изделия, установленные в тактико-технических заданиях (ТТЗ) на его разработку, распределяются между его составными частями (элементами) с целью обоснования количественных требований к безотказности составных частей и комплектующих элементов изделия.

1.2. Задачей распределения является установление рациональных уровней безотказности составных частей изделия, обеспечение которых позволит получить заданный уровень безотказности изделия в целом.

1.3. Исходными данными для распределения показателей безотказности изделия по его элементам являются:

- показатели безотказности изделия, установленные в ТТЗ (ТЗ) на его разработку;
- функциональные зависимости показателей безотказности изделия от показателей его составных частей (элементов);
- ориентировочные значения показателей безотказности составных частей (элементов) изделия.

1.4. Распределением показателем является вероятность отказа $\tilde{q}$ изделия за определенную наработку τ .

Если задается вероятность безотказной работы $\tilde{P}$ изделия, либо наработка на отказ $\tilde{T}$, то переход к вероятности отказа $\tilde{Q}$ осуществляется по формулам:

$$\tilde{Q} = 1 - \tilde{P}; \quad (1)$$

$$\tilde{Q} = \frac{\int_0^{\tau} \rho(t) dt}{\tilde{\tau}} \approx \frac{\tau}{\tilde{\tau}}. \quad (2)$$

Если изделие имеет m видов отказов, последствия которых различны, то распределяются значения вероятностей $\tilde{q}_1, \tilde{q}_2, \dots, \tilde{q}_m$ каждого вида отказа в отдельности.

1.5. Функциональная зависимость вероятности отказа Q изделия от вероятностей отказов (видов отказов) $q_1, q_2, \dots, q_n$ его составных частей (элементов) находится с помощью известных методов расчета показателей безотказности авиационных систем при проектировании, изложенных в действующих нормативно-технических документах

$$Q = \psi(q_1, q_2, \dots, q_n). \quad (3)$$

Если заданы вероятности видов отказов $\bar{q}_1, \bar{q}_2, \dots, \bar{q}_m$ изделия, то для

распределения необходимо найти функциональные зависимости

$$Q_i = \varphi_i(q_1, q_2, \dots, q_n), \quad i = \overline{1, m}, \quad (4)$$

где Q_i - вероятность возникновения i -го вида отказа изделия.

В тех случаях, когда вероятность отказа Q изделия представлена в виде функциональной зависимости

$$Q = f(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n; \tau),$$

где λ_j - интенсивность отказа j -го элемента, то, сделав в данном выражении замену $q_j = \lambda_j \tau$, получим функциональную зависимость (3).

1.6. Ориентировочные значения показателей безотказности составных частей (элементов) изделия представляются в виде вероятностей отказов

$$q_{o1}, q_{o2}, \dots, q_{on}. \quad (5)$$

Указанные вероятности даны либо непосредственно, либо определяются по формулам:

$$q_{oj} = 1 - e^{-\lambda_{oj} t_j} \approx \lambda_{oj} t_j; \quad (6)$$

$$q_{oj} = 1 - e^{-\omega_{oj} t_j} \approx \omega_{oj} t_j, \quad (7)$$

где t_j - наработка j -го элемента, соответствующая заданной наработке τ изделия в целом;

λ_{oj} - ориентировочное значение интенсивности отказа j -го элемента, если данный элемент невосстанавливаемый;

ω_{oj} - ориентировочное значение параметра потока отказов j -го элемента, если данный элемент восстанавливаемый.

1.7. Кроме основного варианта (5) при распределении возможны следующие варианты исходной информации о показателях безотказности составных частей (элементов) изделия:

- заданы диапазоны возможных значений вероятностей отказов составных частей (элементов)

$$(q_{n1}, q_{B1}), (q_{n2}, q_{B2}), \dots, (q_{nn}, q_{Bn}), \quad (8)$$

где q_{nj} - минимально возможное значение вероятности отказа j -ой составной части (элемента);

q_{Bj} - максимально возможное значение вероятности отказа j -ой составной части (элемента);

№ изд.
№ изд.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

- заданы вероятности отказов некоторых составных частей (элементов) изделия наряду с его вероятностью отказа $\tilde{Q}$, не изменяющиеся в процессе распределения;

- ориентировочные значения вероятностей отказов некоторых составных частей (элементов) неизвестны.

1.8. Источниками информации для определения ориентировочных значений показателей безотказности составных частей (элементов) изделия являются:

- достигнутые уровни безотказности элементов-аналогов, определенные по результатам их массовой эксплуатации;
- достигнутые уровни безотказности элементов-аналогов за рубежом;
- результаты испытаний элементов, агрегатов и сборочных единиц изделия;
- результаты расчета показателей безотказности составных частей изделия.

2. МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА ИЗДЕЛИЯ МЕЖДУ ЕГО СОСТАВНЫМИ ЧАСТЯМИ (ЭЛЕМЕНТАМИ)

2.1. На основании функциональной зависимости (3) и ориентировочных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) находится ориентировочное значение вероятности отказа изделия в целом

$$Q_0 = \varphi(q_{01}, q_{02}, \dots, q_{0n}). \quad (9)$$

Искомые вероятности отказов (видов отказов) составных частей (элементов) определяются по формуле:

$$q_j = q_{0j} \left(\frac{\tilde{Q}}{Q_0} \right)^{\alpha_j} = q_{0j} \cdot \theta^{\alpha_j}, \quad (10)$$

где α_j - неизвестные параметры.

Задача определения рациональных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) сводится к нахождению значений параметров $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, которые обращают в минимум квадратичную форму

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j^2 = \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \dots + \alpha_n^2 \quad (11)$$

при обеспечении заданной вероятности отказа $\tilde{Q}$ изделия в целом

$$\varphi(q_{01} \cdot \theta^{\alpha_1}, q_{02} \cdot \theta^{\alpha_2}, \dots, q_{0n} \cdot \theta^{\alpha_n}) = \tilde{Q}. \quad (12)$$

Алгоритм распределения заданной вероятности отказа $\tilde{Q}$ изделия по его составным частям (элементам) приведен в рекомендуемом приложении 1, а прог-

№ изм.
№ изм.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

рамма распределения заданной вероятности отказа изделия между его составными частями (элементами) - в рекомендуемом приложении 2.

2.2. Если кроме ориентировочных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) заданы диапазоны возможных значений вероятностей отказов составных частей (элементов), то вычисляется наименьшее значение вероятности отказа Q_n изделия, которое можно обеспечить по формуле:

$$Q_n = \varphi(q_{n1}, q_{n2}, \dots, q_{np}). \quad (13)$$

Если Q_n будет меньше $\tilde{Q}$, то при минимизации квадратичной формы (11) кроме условия (12) необходимо также обеспечить выполнение неравенств

$$q_{nj} \leq q_j \leq q_{vj}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (14)$$

Если Q_n будет равно $\tilde{Q}$, то требуемые вероятности отказов $\tilde{q}_1, \tilde{q}_2, \dots, \tilde{q}_n$ элементов соответственно полагаются равными $q_{n1}, q_{n2}, \dots, q_{np}$.

Если Q_n будет больше $\tilde{Q}$, то заданное требование невозможно обеспечить при заданной структуре изделия.

2.3. Если наряду с вероятностью отказа $\tilde{Q}$ изделия в целом заданы значения вероятностей отказов некоторых его составных частей (элементов), то соответствующие аргументы функциональной зависимости (3) полагаются равными заданным значениям. Дальнейшее определение требуемых вероятностей отказов составных частей (элементов), которыми можно варьировать, проводится в соответствии с п. 2.1.

2.4. Если ориентировочные значения вероятностей отказов q_{oj} некоторых составных частей (элементов) неизвестны, то их расчет проводится в следующем порядке:

- находятся частные производные

$$\psi_j(q_1, q_2, \dots, q_n) = \frac{\partial \varphi(q_1, q_2, \dots, q_n)}{\partial q_j}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (15)$$

- определяются многочлены

$$\chi_j(q) = \psi_j(q, q, \dots, q) = \sum_{k=K_j}^{\eta_j} a_k q^k, \quad (16)$$

где K_j - наименьшая степень многочлена $\chi_j(q)$;

η_j - наибольшая степень многочлена $\chi_j(q)$.

- вычисляется вероятность

№ изм.
№ изд.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

$$Q_j = \varphi(\tilde{Q}^{v_1}, \tilde{Q}^{v_2}, \dots, \tilde{Q}^{v_n}), \quad (17)$$

где $v_j = \frac{1}{K_j + 1}$;

— определяются ориентировочные значения искомых вероятностей q_{oj} по формуле:

$$q_{oj} = (\varrho \cdot \tilde{Q})^{v_j}, \quad (18)$$

где $\varrho = \frac{\tilde{Q}}{Q_j}$.

В дальнейшем распределение заданной вероятности отказа $\tilde{Q}$ изделия проводится в соответствии с п. 2.1.

3. МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАННЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ВИДОВ ОТКАЗА ИЗДЕЛИЯ МЕЖДУ ЕГО СОСТАВНЫМИ ЧАСТЯМИ (ЭЛЕМЕНТАМИ)

3.1. На основании функциональных зависимостей (4) и ориентировочных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) находятся ориентировочные значения вероятностей видов отказа $Q_{o1}, Q_{o2}, \dots, Q_{om}$ изделия

$$Q_{oi} = \varphi_i(q_{o1}, q_{o2}, \dots, q_{on}), \quad i = \overline{1, m}. \quad (19)$$

Искомые вероятности отказов (видов отказов) составных частей (элементов) определяются по формуле:

$$q_j = q_{oj} \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\tilde{Q}_i}{Q_{oi}} \right) = q_{oj} x^{\beta_j}, \quad (20)$$

где β_j — неизвестные параметры.

Задача определения рациональных значений вероятностей отказов элементов сводится к нахождению значений параметров $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$, которые обращают в минимум квадратичную форму

$$\sum_{j=1}^n \beta_j^2 = \beta_1^2 + \beta_2^2 + \dots + \beta_n^2, \quad (21)$$

при обеспечении заданных вероятностей видов отказа $\tilde{q}_1, \tilde{q}_2, \dots, \tilde{q}_m$ изделия в целом

$$\begin{aligned}\varphi_1(q_{01} x^{\beta_1}, q_{02} x^{\beta_2}, \dots, q_{0n} x^{\beta_n}) &= \tilde{q}_1; \\ \varphi_2(q_{01} x^{\beta_1}, q_{02} x^{\beta_2}, \dots, q_{0n} x^{\beta_n}) &= \tilde{q}_2; \\ \varphi_m(q_{01} x^{\beta_1}, q_{02} x^{\beta_2}, \dots, q_{0n} x^{\beta_n}) &= \tilde{q}_m.\end{aligned}\quad (22)$$

Алгоритм распределения заданных вероятностей видов отказа $\tilde{q}_1, \tilde{q}_2, \dots, \tilde{q}_m$ изделия по его составным частям (элементам) приведен в справочном, приложении 3.

3.2. Если кроме ориентировочных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) заданы диапазоны возможных значений вероятностей отказов составных частей (элементов), то определяются наименьшие значения вероятностей видов отказов $q_{n1}, q_{n2}, \dots, q_{nm}$ изделия, которые можно обеспечить по формуле:

$$q_{ni} = \varphi_i(q_{n1}, q_{n2}, \dots, q_{np}), \quad i = \overline{1, m} \quad (23)$$

Если $q_{n1} \leq \tilde{q}_1, q_{n2} \leq \tilde{q}_2, \dots, q_{nm} \leq \tilde{q}_m$,

то при минимизации квадратичной формы (21) кроме условий (22) необходимо также обеспечить выполнение неравенств (14).

Если хотя бы одна из вероятностей q_{ni} будет больше $\tilde{q}_i$, то при заданной структуре изделия заданные требования по видам отказов в целом обеспечить невозможно.

3.3. Если наряду с вероятностями видов отказов $\tilde{q}_i$ изделия заданы значения вероятностей отказов некоторых его составных частей (элементов), то соответствующие аргументы функциональных зависимостей (4) полагаются равными заданным значениям. Дальнейшее определение требуемых вероятностей отказов, которыми можно варьировать, проводится в соответствии с п. 3.1.

3.4. Если ориентировочные значения вероятностей отказов некоторых элементов неизвестны, то их расчет проводится в следующем порядке:

— находятся частные производные

$$\varphi_{ij}(q_1, q_2, \dots, q_n) = \frac{\partial \varphi_i(q_1, q_2, \dots, q_n)}{\partial q_j}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (24)$$

— определяются многочлены

$$\gamma_{ij}(q) = \psi_{ij}(q, q, \dots, q) = \sum_{\kappa_i = \kappa_{ij}}^{\tau_{ij}} a_{\kappa_i} q^{\kappa_i}, \quad (25)$$

где κ_{ij} — наименьшая степень многочлена $\gamma_{ij}(q)$;
 τ_{ij} — наибольшая степень многочлена $\gamma_{ij}(q)$;

— вычисляются вероятности

$$q_{iV} = \varphi_i \left(\bar{q}_i^{v_{ij}}, \tilde{q}_i^{v_{ij}}, \dots, q_i^{v_{ij}} \right), \quad (26)$$

где $v_{ij} = \frac{1}{\kappa_{ij} + 1}$;

— определяются вероятности $q_{oj}^{(i)}$ по формуле:

$$q_{oj} = (l_i \tilde{q}_i)^{v_{ij}}, \quad (27)$$

где $l_i = \frac{\bar{q}_i}{q_{iV}}$;

— находятся ориентировочные значения искомых вероятностей q_{oj} по формуле:

$$q_{oj} = \max(q_{oj}^{(1)}, q_{oj}^{(2)}, \dots, q_{oj}^{(m)}), \quad j = \overline{1, n}. \quad (28)$$

В дальнейшем распределение заданных вероятностей видов отказов $\bar{q}_1, \bar{q}_2, \dots, \bar{q}_m$ проводится в соответствии с п. 3.1.

3.5. Примеры распределения показателей безотказности изделия между его составными частями (элементами) приведены в справочном приложении 4.

№ изм.

№ изм.

383

Изм. № дубликата

Изм. № подлинника

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
РекомендуемоеАЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЕРОЯТНОСТИ
ОТКАЗА $\tilde{Q}$ ИЗДЕЛИЯ ПО ЕГО СОСТАВНЫМ ЧАСТЯМ (ЭЛЕМЕНТАМ)

1. Минимум квадратичной формы (11) при обеспечении условия (12) находится по методу последовательных приближений. Если известно S -е приближение $\alpha_j^{(S)}$ параметра α_j , то $(S+1)$ -е приближение $\alpha_j^{(S+1)}$ определяется по формуле:

$$\alpha_j^{(S+1)} = \left[\sum_{k=1}^n b_k^{(S)} \alpha_k^{(S)} - \delta^{(S)} \right] \cdot \frac{b_j^{(S)}}{\sum_{k=1}^n [b_k^{(S)}]^2}, \quad (1)$$

$$\text{где } b_j^{(S)} = \frac{\partial \theta}{\partial \alpha_j} q_j^{(S)} \psi_j^{(S)}; \quad (2)$$

$$\delta^{(S)} = \frac{Q^{(S)} - \tilde{Q}}{\tilde{Q}}; \quad (3)$$

$$Q^{(S)} = \varphi(q_1^{(S)}, q_2^{(S)}, \dots, q_n^{(S)}); \quad (4)$$

$$q_j^{(S)} = q_{0j} \theta^{\alpha_j^{(S)}}; \quad (5)$$

$$\psi_j^{(S)} = \psi_j(q_1^{(S)}, q_2^{(S)}, \dots, q_n^{(S)}). \quad (6)$$

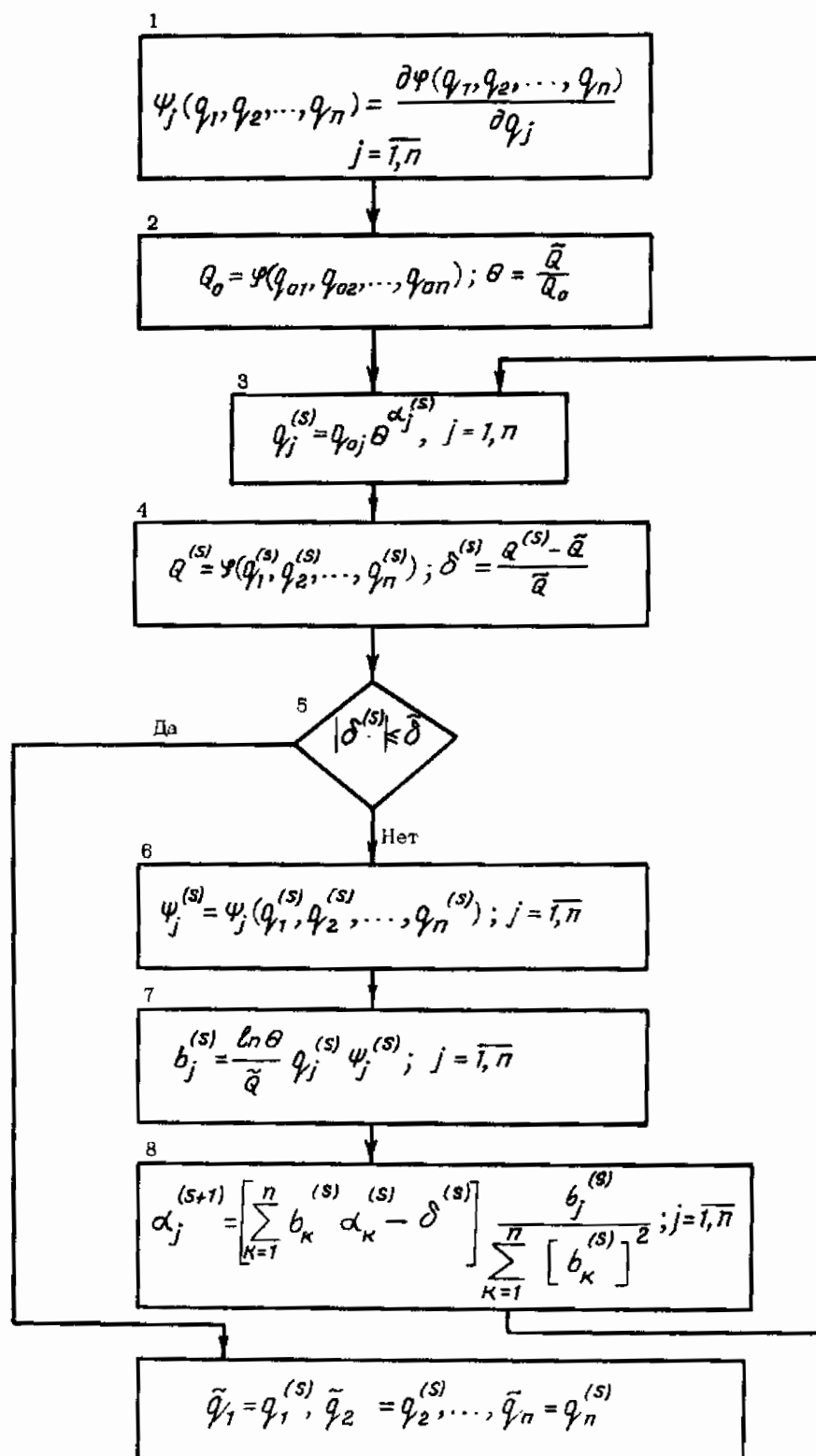
Начальные (нулевые) приближения $\alpha_1^{(0)}, \alpha_2^{(0)}, \dots, \alpha_n^{(0)}$ параметров $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ полагаются равными нулю.

2. Последовательность вычислений в соответствии с формулами (1-6) представлена на чертеже в виде блок-схемы алгоритма распределения заданной вероятности отказа $\tilde{Q}$ изделия по его элементам.

В блоке 1 находятся аналитические зависимости $\psi_j(q_1, q_2, \dots, q_n)$ частных производных от функции отказности изделия, задаваемой уравнением (3).

В блоке 2 вычисляется ориентировочное значение вероятности отказа Q_0 изделия и отношение θ требуемого значения вероятности отказа $\tilde{Q}$ изделия к его ориентировочному значению Q_0 .

В блоке 3 вычисляются последовательные приближения $q_j^{(S)}$ требуемых вероятностей $\tilde{q}_j$ отказов элементов изделия. Причем нулевое (начальное) приближение $q_j^{(0)}$ равно q_{0j} .



В блоке 4 вычисляются последовательные приближения вероятности отказа $Q^{(S)}$ изделия и их относительные отклонения $\delta^{(S)}$ от заданного значения вероятности отказа $\bar{Q}$ изделия.

В блоке 5 производится сравнение модуля $|\delta^{(S)}|$ относительного отклонения $\delta^{(S)}$ с заданной точностью $\bar{\delta}$, определяющей близость S -го приближения $Q^{(S)}$ к требуемому значению $\bar{Q}$.

Если $|\delta^{(S)}| \leq \bar{\delta}$, то за требуемые значения вероятностей отказов $\bar{q}_j$ элементов изделия принимаются соответствующие последовательные приближения $q_j^{(S)}$.

Если $|\delta^{(S)}| > \bar{\delta}$, то вычисления продолжаются.

В блоке 6 вычисляются значения частных производных $\psi_j^{(S)}$ функции отказности изделия.

В блоке 7 вычисляются коэффициенты $b_j^{(S)}$.

В блоке 8 вычисляются $(S+1)$ -ые приближения $\alpha_j^{(S+1)}$ рациональных значений $\bar{\alpha}_j$ и вычисления продолжаются, начиная с блока 3.

Совокупность вычислений, определяемая блоками 3-8, повторяется до тех пор, пока будут определены последовательные приближения $q_j^{(S)}$, которые можно положить равными требуемым значениям $\bar{q}_j$ вероятностей отказов элементов изделия.

3. Если кроме ориентировочных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) также заданы диапазоны возможных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) изделия, то при распределении вместо формулы (5) используется формула:

$$q_j^{(s)} = \begin{cases} q_{oj} \theta^{\alpha_j^{(s)}}, & \text{если } q_{nj} \leq q_{oj} \theta^{\alpha_j^{(s)}} \leq q_{vj}; \\ q_{nj}, & \text{если } q_{oj} \theta^{\alpha_j^{(s)}} < q_{nj}; \\ q_{vj}, & \text{если } q_{oj} \theta^{\alpha_j^{(s)}} > q_{vj}. \end{cases} \quad (7)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
РекомендуемоеПРОГРАММА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЕРОЯТНОСТИ
ОТКАЗА ИЗДЕЛИЯ МЕЖДУ ЕГО СОСТАВНЫМИ ЧАСТЯМИ (ЭЛЕМЕНТАМИ)

1. Для распределения требования к безотказности изделия между его составными частями (элементами) с помощью ЭВМ предлагается программа на языке Фортран-1У (программа *NORMA N*).

Данная программа состоит из пяти программных единиц. Две из них, подпрограммы-функции *FI* и *PSI*, предназначены для вычисления соответственно значений функции вероятности отказа изделия Q и частных производных этой

функции $\frac{\partial Q}{\partial q_j}$.

При изменении вида функции отказности эти подпрограммы должны изменяться. Остальные три программные единицы (основная программа *NORMA N* и подпрограммы *NORMA 1* и *TR*) служат непосредственно для реализации алгоритма распределения требований и остаются неизменными при изменении функции отказности. Блок-схемы этих программ изображены на черт. 1, 2 и 3.

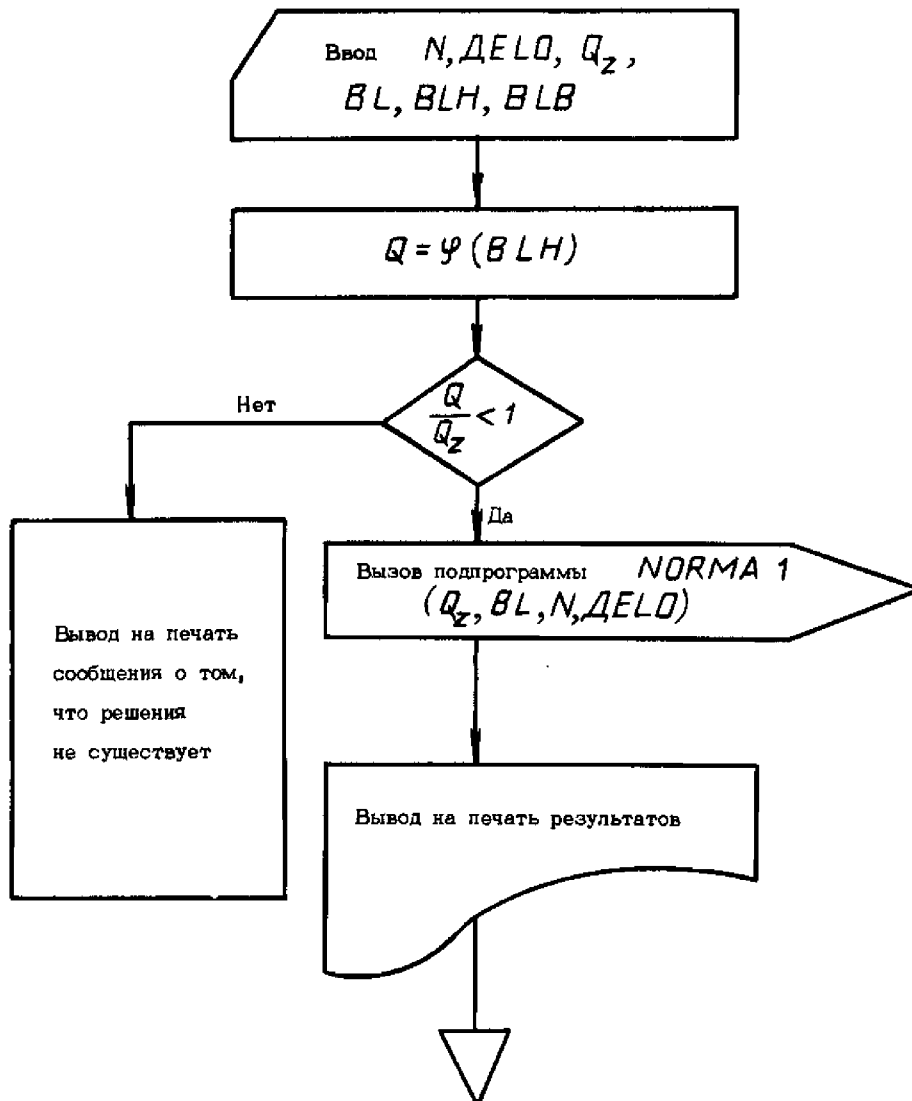
В результате работы программы на печать выдаются требования к значениям вероятностей отказов элементов системы.

№ изм.
№ изд.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Блок-схема программы NORMA N



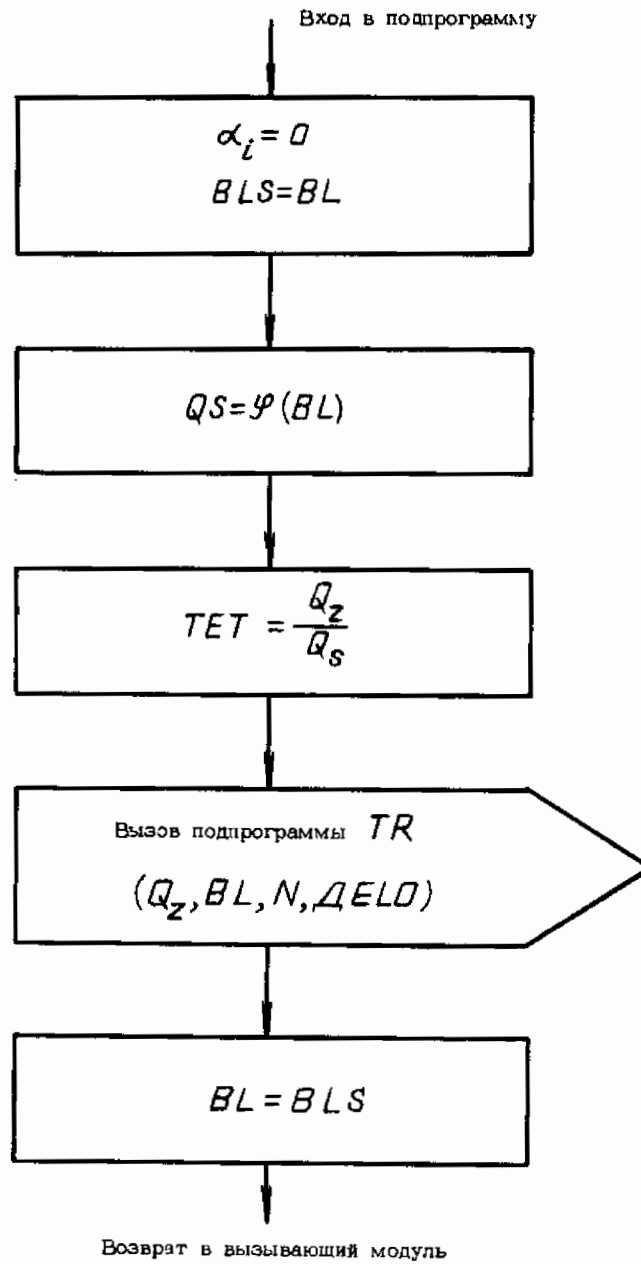
Черт. 1

№ изм.
№ изм.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Блок-схема подпрограммы NORMA 1



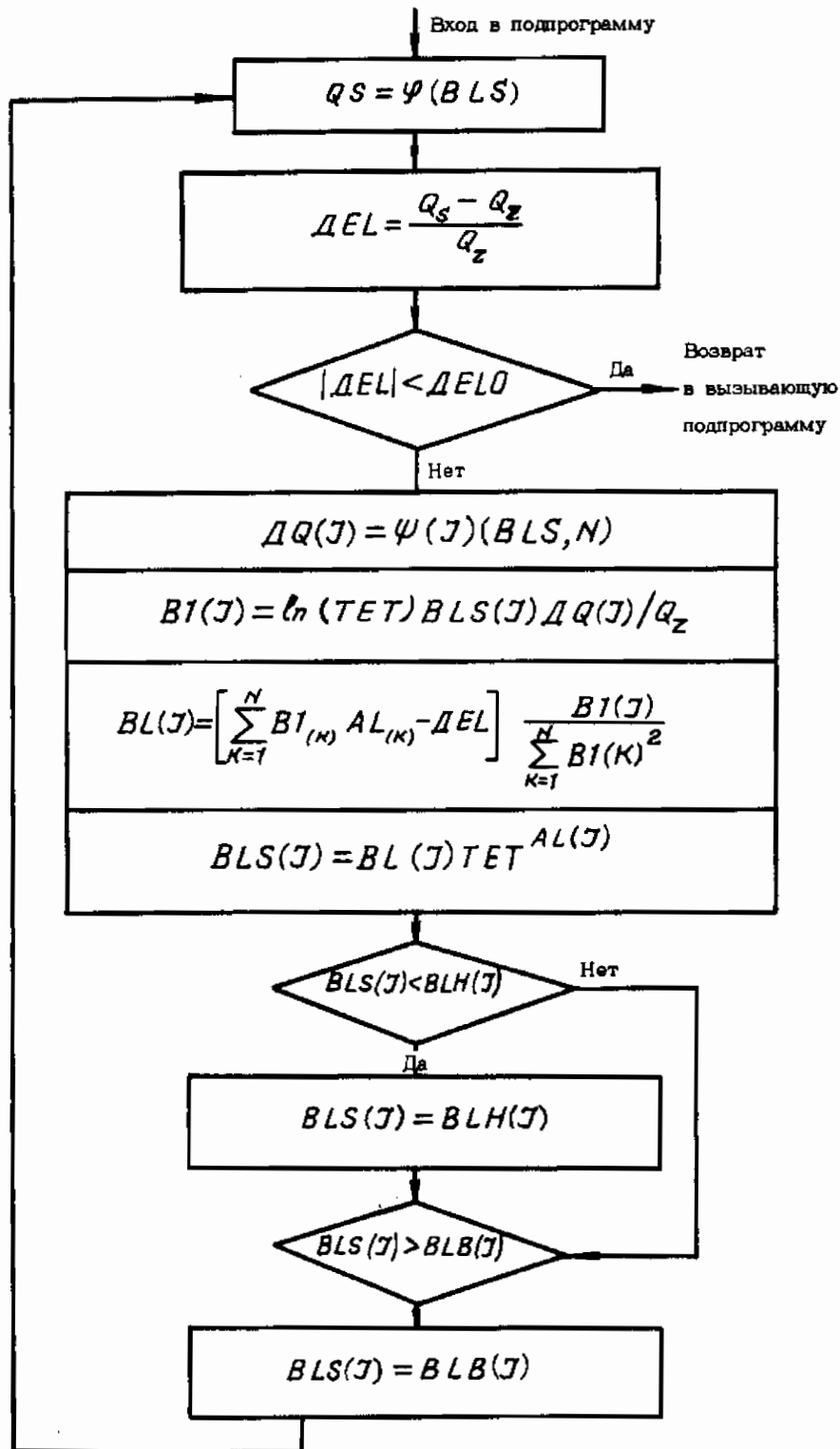
Черт. 2

№ 43м.	№ 13в.
--------	--------

383

Изм. № дубликата	Изм. № оригинала
	383

Блок-схема подпрограммы TR



Черт. 3

Изм. № 138.
Изм. № 138.

383

Изм. № дубликата
Изм. № оригинала

2. ПОДГОТОВКА ЧИСЛОВОГО МАТЕРИАЛА

При подготовке числового материала для ввода в ЭВМ представленной программы использованы следующие идентификаторы:

N - количество элементов системы;

$DEL0$ - относительная погрешность вычисления вероятности отказа;

Q_Z - заданная вероятность отказа системы;

BL - ориентировочные значения показателей безотказности элементов изделия;

BLH - минимальные значения показателей безотказности элементов изделия;

BLB - максимальные значения показателей безотказности элементов изделия;

$\Psi(q_j)$ - функция, представляющая зависимость вероятностей отказа системы от показателей безотказности элементов системы;

$\Psi_j = \frac{\partial \Psi}{\partial q_j}$ - частные производные функции отказности.

В качестве примера рассматривается распределение заданной вероятности отказа Q_Z системы управления стабилизатором самолета между ее элементами (приложение 4, пример 2).

Число элементов в системе $N = 6$.

Вероятность отказа системы задается $Q_Z = 2,4 \cdot 10^{-4}$.

Относительная погрешность $DEL0 = 0,05$.

$BL(1) = 0,40 \cdot 10^{-5}$; $BLH(1) = 0$; $BLB(1) = 0,1 \cdot 10$;

$BL(2) = 0,12 \cdot 10^{-3}$; $BLH(2) = 0$; $BLB(2) = 0,1 \cdot 10$;

$BL(3) = 0,60 \cdot 10^{-2}$; $BLH(3) = 0$; $BLB(3) = 0,1 \cdot 10$;

$BL(4) = 0,80 \cdot 10^{-2}$; $BLH(4) = 0$; $BLB(4) = 0,1 \cdot 10$;

$BL(5) = 0,16 \cdot 10^{-1}$; $BLH(5) = 0$; $BLB(5) = 0,1 \cdot 10$;

$BL(6) = 0,20 \cdot 10^{-1}$; $BLH(6) = 0$; $BLB(6) = 0,1 \cdot 10$.

Функция отказности в данном случае имеет вид

$$Q = \Psi(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6) = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6.$$

Применительно к предлагаемой программе получается следующее уравнение: $P = A(1) + A(2) + A(3) + A(4) + A(5) + A(6)$, которое помещается в подпрограмму-функции FI .

Частные производные от функции отказности $\Psi = [1; 1; q_1; q_2; q_3; q_4; q_5; q_6]$ в подпрограмме-функции PSI запишутся в следующем виде:

$DP(1) = 1$; $DP(3) = A(4)$; $DP(5) = A(6)$;

$DP(2) = 1$; $DP(4) = A(3)$; $DP(6) = A(5)$.

3. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА
 РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА
 ИЗДЕЛИЯ МЕЖДУ ЕГО ЭЛЕМЕНТАМИ (СОСТАВНЫМИ ЧАСТЯМИ)

```

C  PROGRAM NORMAN
    DIMENSION BL(50),BLH(50),BLB(50),CLS(50)
100  FORMAT (7E10.4)
200  FORMAT (10I5)
    READ 200, N
    PRINT 200, N
    READ 100, DELO
    PRINT 100, DELO
    READ 100, QZ
    PRINT 100, QZ
    READ 100, (BL(I), I=1,N)
    PRINT 100, (BL(I), I=1,N)
    READ 100, (BLH(I), I=1,N)
    PRINT 100, (BLH(I), I=1,N)
    READ 100, (BLB(I), I=1,N)
    CALL FI(BLH,Q)
    Q=Q/QZ
    IF(Q-1) 3,2,2
2  PRINT 300, Q
    GOTO 4
3  CALL NORMA1 (QZ,BL,N,DELO,BLH,BLB)
    PRINT 400, (BL(I), I=1,N)
4  CONTINUE
400  FORMAT(3X, 'ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ',/,7(9E14.4))
300  FORMAT (1H, 'BLH НЕ УД. ТРЕБ.',/,4(12E10.4,/))
    STOP
    END
    SUBROUTINE NORMA1 (Q3,CL,N,DELO,CLH,CLB)
    COMMON // CLS(50),AL(50),CL0(50),TET
    DIMENSION CL(50)
    DIMENSION CLH(50),CLB(50)
100  FORMAT (6E12.4)
    DO 1 J=1,N
    AL(J)=0
    CLS(J)=CL(J)
1  CL0(J)=CLS(J)
    CALL FI (CL,Q3)
    TET=Q3/Q3
    CALL TR(Q3,CL,N,DELO,CLH,CLB)
    DO 4 J=1,N
    CL(J)=CLS(J)
4  CONTINUE
    RETURN
    END
    SUBROUTINE TR(Q3,CL,N,DELO,CLH,CLB)
    COMMON // CLS(50),AL(50),CL0(50),TET
    DIMENSION DQ(50),CL(50)
    DIMENSION CL1(50),R1(50)
    DIMENSION CLH(50),CLB(50)
100  FORMAT (6E12.4)
501  FORMAT(I10)
    IKC=0
13  CALL FI (CLS,Q1)
    QS=Q1
    DEL=(QS-Q3)/Q3
    PRINT 501,IKC
  
```

№ изм.
№ изм.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

```

D=ARS(DEL)
PRINT 100,Q5,Q3,D
PRINT 100,(CLS(J),J=1,N)
IF(D-DEL) 50,50,10
10 CALL PSI (CLS,DB,N)
DO 12 J=1,N
12 B1(J)=ALOG(TET)*CLS(J)*DB(J)/Q3
R1=0
R=0
DO 23 K=1,N
R1=R1+B1(K)*B1(K)
23 R=R+B1(K)*AL(K)
R=R-DEL
DO 24 J=1,N
AL(J)=R*B1(J)/R1
24 CLS(J)=CL0(J)*TET**AL(J)
DO 30 I=1,N
IF(CLS(I)=CLH(I)) 31,32,32
31 CLS(I)=CLH(I)
GO TO 30
32 IF(CLB(I)=CLS(I)) 33,30,30
33 CLS(I)=CLB(I)
30 CONTINUE
IKC=IKC+1
IF(IKC-10) 13,13,50
50 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE FI(A,P)
DIMENSION A(50)
F=A(1)+A(2)+A(3)+A(4)+A(5)+A(6)
RETURN
END
SUBROUTINE PSI(A,DP,NO)
DIMENSION A(50),DP(50)
DP(1)=1
DP(2)=1
DP(3)=A(4)
DP(4)=A(3)
DP(5)=A(6)
DP(6)=A(5)
RETURN
END

```

В результате работы программы получаем

ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ
 0.3952E-05 0.0632E-04 0.5240E-02 0.6987E-02
 0.9009E-02 0.1226E-01

№ 139.

№ 139.

383

Изм. № дубликата

Изм. № оригинала

АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАННЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ
ВИДОВ ОТКАЗА $\tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2, \dots, \tilde{Q}_m$ ИЗДЕЛИЯ ПО ЕГО
СОСТАВНЫМ ЧАСТЯМ (ЭЛЕМЕНТАМ)

1. На чертеже представлена блок-схема алгоритма распределения вероятностей видов отказов $\tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2, \dots, \tilde{Q}_m$ изделия по его составным частям (элементам), которая определяет последовательность вычислений при нахождении требуемых значений вероятностей отказов $\tilde{q}_1, \tilde{q}_2, \dots, \tilde{q}_n$ изделия.

Формулы, помещенные в блоках 2-10 и 12, непосредственно определяют соответствующие параметры.

Для нахождения параметров $d_1^{(s)}, d_2^{(s)}, \dots, d_m^{(s)}$ необходимо решить систему линейных уравнений, указанных в блоке 11, относительно данных параметров.

Начальные (нулевые) приближения $\beta_1^{(0)}, \beta_2^{(0)}, \dots, \beta_n^{(0)}$ параметров $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ полагаются равными нулю.

2. Если кроме ориентировочных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) заданы диапазоны возможных значений вероятностей отказов составных частей (элементов) изделия, то при распределении вместо формулы, помещенной в блоке 3, используется формула:

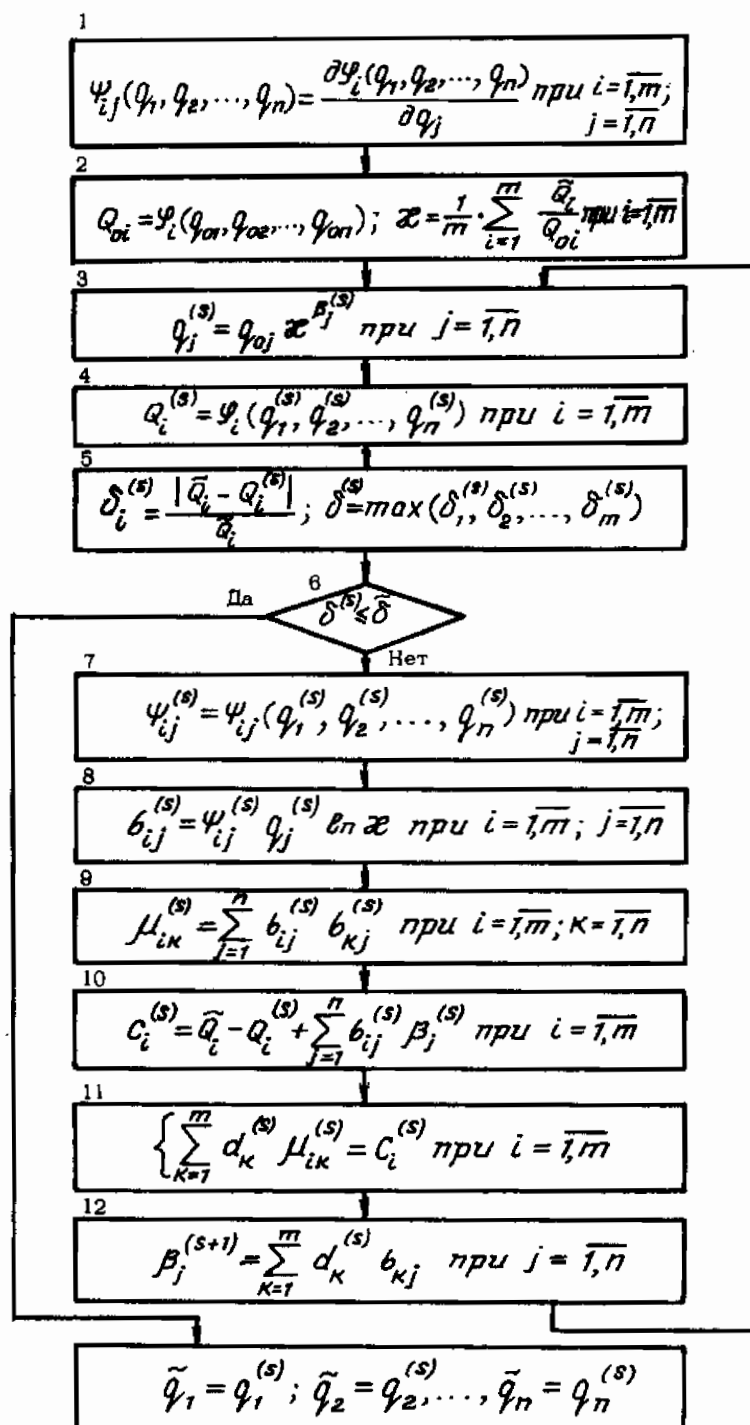
$$q_j^{(s)} = \begin{cases} q_{oj} x^{\beta_j^{(s)}}, & \text{если } q_{nj} \leq q_{oj} x^{\beta_j^{(s)}} \leq q_{vj}; \\ q_{nj}, & \text{если } q_{oj} x^{\beta_j^{(s)}} < q_{nj}; \\ q_{vj}, & \text{если } q_{oj} x^{\beta_j^{(s)}} > q_{vj}. \end{cases} \quad (1)$$

Если $\psi_i(q_1, q_2, \dots, q_n)$ не зависит от q_j , то $\psi_{ij}^{(s)} = 0$ для любого S .

№ изм.
№ изм.

38.3

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

№ 128.
№ 129.

383

Изм. № 1
Изм. № 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
СправочноеПРИМЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ
ИЗДЕЛИЯ МЕЖДУ ЕГО СОСТАВНЫМИ ЧАСТЯМИ (ЭЛЕМЕНТАМИ).

Пример 1. Согласно ТТЗ на самолет в целом вероятность отказа $\tilde{Q}$, приводящего к невыполнению полетного задания, должна быть не больше $5 \cdot 10^{-4}$. При этом заданная продолжительность полета T равна 4 ч. Требуется распределить заданную вероятность отказа между функциональными группами, указанными в табл. 1. При этом точность δ , определяющая близость S -го приближения $Q^{(S)}$ к требуемому значению $\tilde{Q}$, принимается равной 0,05.

В табл. 1 во второй графе помещены ориентировочные значения параметров потока отказов функциональных групп, полученные по результатам массовой эксплуатации самолета-аналога за определенный период. В третьей графе указаны ориентировочные значения вероятностей отказов функциональных групп за полет продолжительностью, равной 4 ч. При определении указанных вероятностей использовалась формула (7) стандарта. В четвертой и пятой графах помещены соответственно минимально и максимально возможные значения вероятностей отказов функциональных групп за полет, полученные на основе анализа соответствующих показателей функциональных групп самолетов одинакового назначения.

Так как отказ любой из функциональных групп приводит к отказу самолета, то зависимость вероятности отказа Q самолета от вероятностей отказов q_j функциональных групп имеет вид

$$Q = \varphi(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6) = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7 + q_8 + q_9. \quad (1)$$

Исходные данные для распределения заданной
вероятности отказа $\tilde{Q}$ самолета между его
функциональными группами.

Таблица 1

Наименование функциональной группы	Показатель безотказности				
	$\omega_{oj} 10^4 1/4$	$q_{oj} 10^4$	$q_{nj} 10^4$	$q_{sj} 10^4$	$\tilde{q}_j 10^4$
Пилот	0,08	0,32	0,16	0,32	0,28
Силовая установка	0,74	2,96	1,60	2,96	1,60
Взлетно-посадочные устрой- ства	0,24	0,96	0,50	1,20	0,65
Система управления полетом	0,16	0,64	0,40	0,80	0,48

Продолжение табл. 1

Наименование функциональной группы	Показатель безотказности				
	$\omega_{oj} 10^4 1/4$	$q_{oj} 10^4$	$q_{nj} 10^4$	$q_{sj} 10^4$	$\tilde{q}_j 10^4$
Пилотажно-навигационное оборудование	0,14	0,56	0,20	0,70	0,44
Электротехническое оборудование	0,04	0,16	0,10	0,30	0,15
Радиотехническое оборудование	0,08	0,32	0,20	0,32	0,28
Энергосистемы	0,20	0,80	0,30	1,00	0,57
Система жизнеобеспечения	0,32	1,28	0,50	1,30	0,79

Поскольку заданы минимально возможные значения вероятностей отказов q_{nj} функциональных групп, то анализируется возможность реализации заданного требования на самолет в целом. Для этого определяется минимальное значение вероятности отказа самолета, которое можно обеспечить по формуле:

$$Q_H = \sum_{j=1}^g q_{nj} = 3,76 \cdot 10^{-4}. \quad (2)$$

Так как $\tilde{Q} = 5 \cdot 10^{-4} > 3,76 \cdot 10^{-4}$, то заданное требование можно удовлетворить.

Распределение заданной вероятности отказа $\tilde{Q}$ самолета по его функциональным группам проводится в соответствии с блок-схемой рекомендуемого приложения 1.

Частные производные ψ_j от функции $\mathcal{P}$ будут равны

$$\psi_1 = \psi_2 = \psi_3 = \psi_4 = \psi_5 = \psi_6 = \psi_7 = \psi_8 = \psi_9 = 1.$$

Вычисляются $Q^{(0)}$, θ и $\delta^{(0)}$.

$$Q^{(0)} = Q_0 = (0,32 + 2,96 + 0,96 + 0,64 + 0,56 + 0,16 + 0,32 + 0,80 + 1,28) \cdot 10^{-4} = 8 \cdot 10^{-4}, \quad \theta = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 10^{-4}} = 0,625, \quad \delta^{(0)} = \frac{(8-5) \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-4}} = 0,6.$$

Так как $\delta^{(0)} > \tilde{\delta} = 0,05$, то определяются приближения $q_j^{(0)}$, $Q^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$.

Вычисление $q_j^{(1)}$, $Q^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$

$$b_1^{(0)} = \frac{\ln 0,625}{5 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,32 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = -3,0 \cdot 10^{-2}; \quad b_2^{(0)} = -28 \cdot 10^{-2}; \quad b_3^{(0)} = -9 \cdot 10^{-2};$$

$$b_4^{(0)} = -6 \cdot 10^{-2}; \quad b_5^{(0)} = -5 \cdot 10^{-2}; \quad b_6^{(0)} = -2 \cdot 10^{-2}; \quad b_7^{(0)} = -3 \cdot 10^{-2}; \quad b_8^{(0)} = -8 \cdot 10^{-2};$$

$$b_9^{(0)} = -12 \cdot 10^{-2};$$

$$\sum_{k=1}^9 [b_k^{(0)}]^2 = (3^2 + 28^2 + 9^2 + 6^2 + 5^2 + 2^2 + 3^2 + 8^2 + 12^2) \cdot 10^{-4} = 1156 \cdot 10^{-4};$$

$$\sum_{k=1}^9 [b_k^{(0)} \alpha_k^{(0)} - \delta^{(0)}] = -\delta^{(0)} = -0,6; \quad \alpha_1^{(1)} = \frac{0,6 \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{1156 \cdot 10^{-4}} = 0,156;$$

$$\alpha_2^{(1)} = 1,453; \alpha_3^{(1)} = 0,467; \alpha_4^{(1)} = 0,311; \alpha_5^{(1)} = 0,260; \alpha_6^{(1)} = 0,104;$$

$$\alpha_7^{(1)} = 0,156; \alpha_8^{(1)} = 0,415; \alpha_9^{(1)} = 0,622.$$

Приближения $q_j^{(1)}$ определяем по формуле (7) рекомендуемого приложения 1.

$$q_1^{(1)} = 0,32 \cdot 0,625 \cdot 0,156 \cdot 10^{-4} = 0,30 \cdot 10^{-4}; \quad q_2^{(1)} = q_{12}^{(1)} = 1,60 \cdot 10^{-4};$$

$$q_3^{(1)} = 0,77 \cdot 10^{-4}; \quad q_4^{(1)} = 0,55 \cdot 10^{-4}; \quad q_5^{(1)} = 0,50 \cdot 10^{-4}; \quad q_6^{(1)} = 0,15 \cdot 10^{-4};$$

$$q_7^{(1)} = 0,30 \cdot 10^{-4}; \quad q_8^{(1)} = 0,30 \cdot 10^{-4}; \quad q_9^{(1)} = 0,96 \cdot 10^{-4};$$

$$Q^{(1)} = (0,30 + 1,60 + 0,77 + 0,55 + 0,50 + 0,15 + 0,30 + 0,66 + 0,96) \cdot 10^{-4} = 5,79 \cdot 10^{-4};$$

$$\delta^{(1)} = \frac{(5,79 - 5) \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-4}} = 0,158.$$

Так как $\delta^{(1)} = 0,158 > \bar{\delta} = 0,05$, то определяем приближения $q_j^{(2)}, Q^{(2)}$ и $\delta^{(2)}$.

Вычисление $q_j^{(2)}, Q^{(2)}$ и $\delta^{(2)}$.

$$b_1^{(1)} = \frac{0,625}{5 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,30 \cdot 10^{-4} = 2,8 \cdot 10^{-2}; \quad b_2^{(1)} = -15,0 \cdot 10^{-2};$$

$$b_3^{(1)} = -7,2 \cdot 10^{-2}; \quad b_4^{(1)} = -5,2 \cdot 10^{-2}; \quad b_5^{(1)} = -4,7 \cdot 10^{-2}; \quad b_6^{(1)} = -1,4 \cdot 10^{-2};$$

$$b_7^{(1)} = -2,8 \cdot 10^{-2}; \quad b_8^{(1)} = -6,2 \cdot 10^{-2}; \quad b_9^{(1)} = -9,0 \cdot 10^{-2};$$

$$\sum_{k=1}^9 [b_k^{(1)}]^2 = (2,8^2 + 15,0^2 + 7,2^2 + 5,2^2 + 4,7^2 + 1,4^2 + 2,8^2 + 6,2^2 + 9,0^2) \cdot 10^{-4} =$$

$$= 463 \cdot 10^{-4};$$

$$\sum_{k=1}^9 [b_k^{(1)} \alpha_k^{(1)} - \delta^{(1)}] = -(2,8 \cdot 0,156 + 15,0 \cdot 1,453 + 7,2 \cdot 0,467 + 5,2 \cdot 0,311 + 4,7 \cdot 0,260 + 1,4 \cdot 0,104 + 2,8 \cdot 0,156 + 6,2 \cdot 0,415 + 9 \cdot 0,622) \cdot 10^{-2} = -0,158 =$$

$$= 0,530; \quad \alpha_1^{(2)} = \frac{0,53 \cdot 2,8 \cdot 10^{-2}}{463 \cdot 10^{-4}} = 0,321; \quad \alpha_2^{(2)} = 1,717; \quad \alpha_3^{(2)} = 0,524; \quad \alpha_4^{(2)} = 0,585;$$

$$\alpha_5^{(2)} = 0,538; \quad \alpha_6^{(2)} = 0,160; \quad \alpha_7^{(2)} = 0,321; \quad \alpha_8^{(2)} = 0,710; \quad \alpha_9^{(2)} = 1,030;$$

На черт. 1 представлена блок-схема системы управления стабилизатором самолета. При такой схеме подачи гидроэнергии отказ основной гидросистемы не вызывает нарушения управления стабилизатором, так как работа гидроусилителя будет обеспечиваться резервной гидросистемой.

Система поддавливания также задублирована, т.е. для обеспечения нормального поддавливания в обеих гидросистемах достаточно безотказной работы хотя бы одной системы поддавливания.

Используя метод логических схем, получим следующую зависимость вероятности отказа Q системы управления от вероятностей отказов q_j ее элементов

$$Q = \Psi(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6) = q_1 + q_2 + q_3 \cdot q_4 + q_5 \cdot q_6.$$

Распределение заданной вероятности отказа $\tilde{Q}$ проводится в соответствии с блок-схемой, помещенной на чертеже рекомендуемого приложения 1.

Частные производные Ψ_j от функции Ψ будут равны $\Psi_1 = \Psi_2 = 1$;

$$\Psi_3 = q_4; \Psi_4 = q_3; \Psi_5 = q_6; \Psi_6 = q_5;$$

Вычисляются $Q^{(0)}$, θ и $\delta^{(0)}$

$$Q^{(0)} = Q_0 = 0,04 \cdot 10^{-4} + 1,20 \cdot 10^{-4} + 60 \cdot 80 \cdot 10^{-8} + 160 \cdot 200 \cdot 10^{-8} = 4,92 \cdot 10^{-4};$$

$$\theta = \frac{2,4 \cdot 10^{-4}}{4,92 \cdot 10^{-4}} = 0,488; \delta^{(0)} = \frac{(4,92 - 2,40) \cdot 10^{-4}}{2,4 \cdot 10^{-4}} = 1,05.$$

Так как $\delta^{(0)} = 1,05 > \tilde{\delta} = 0,05$, то определяются приближения $q_j^{(1)}$, $Q^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$.

Вычисление $q_j^{(1)}$, $Q^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$

$$\Psi_1^{(0)} = \Psi_2^{(0)} = 1; \Psi_3^{(0)} = 80 \cdot 10^{-4}; \Psi_4^{(0)} = 60 \cdot 10^{-4}; \Psi_5^{(0)} = 200 \cdot 10^{-4};$$

$$\Psi_6^{(0)} = 160 \cdot 10^{-4}; b_1^{(0)} = \frac{2,4 \cdot 0,488}{2,4 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,04 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = -0,012; b_2^{(0)} = -0,359;$$

$$b_3^{(0)} = -0,144; b_4^{(0)} = -0,144; b_5^{(0)} = -0,957; b_6^{(0)} = -0,957;$$

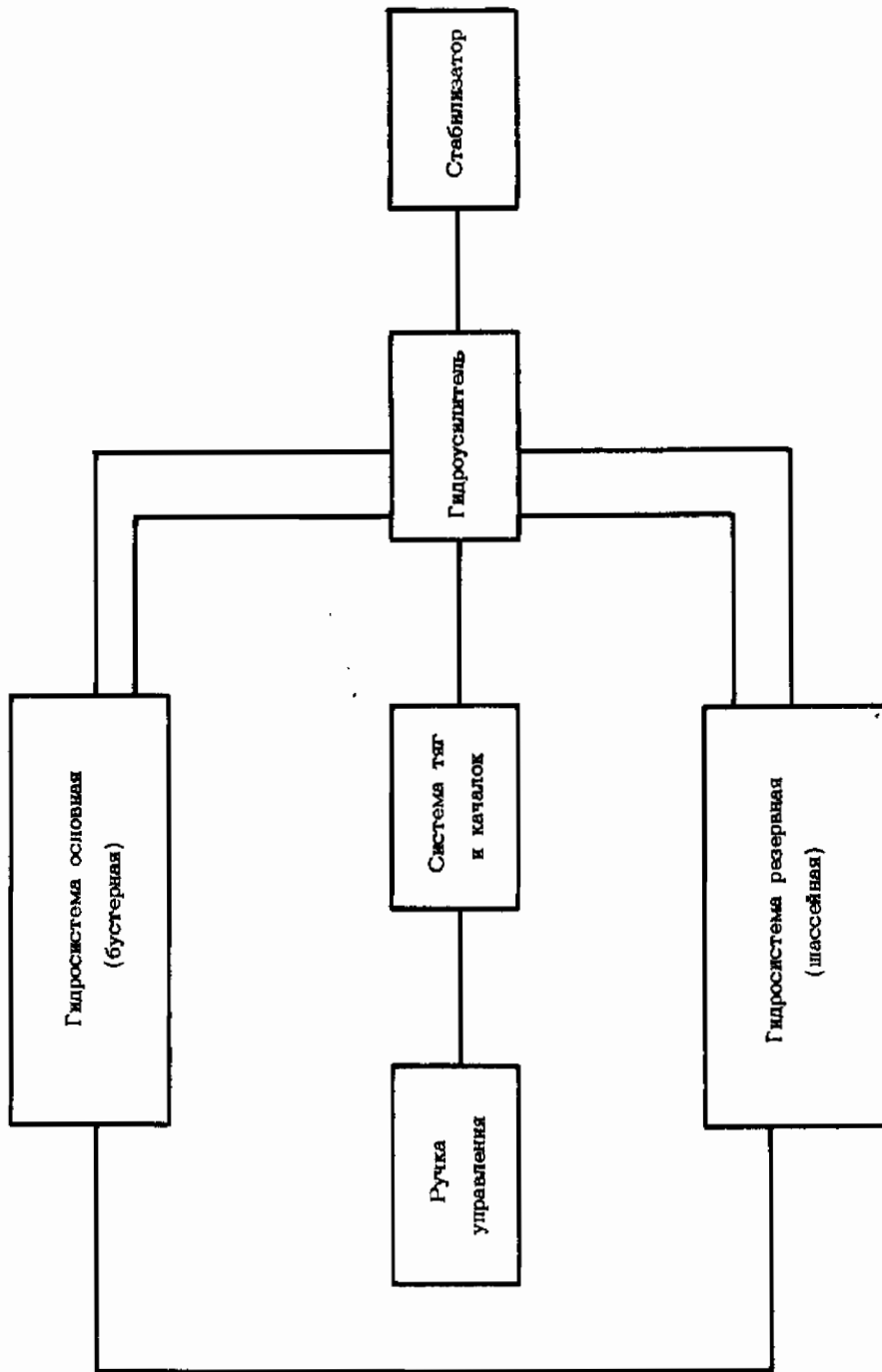
$$\sum_{k=1}^6 [b_k^{(0)}]^2 = (0,12^2 + 3,59^2 + 1,44^2 + 1,44^2 + 9,57^2 + 9,57^2) \cdot 10^{-2} = 200,22 \cdot 10^{-2};$$

$$\sum_{k=1}^6 [b_k^{(0)} \alpha_k^{(0)} - \delta^{(0)}] = -\delta^{(0)} = -1,05;$$

$$\alpha_1^{(1)} = \frac{1,05 \cdot 0,012}{200,22 \cdot 10^{-2}} = 0,006; \alpha_2^{(1)} = 0,188; \alpha_3^{(1)} = 0,076; \alpha_4^{(1)} = 0,076;$$

$$\alpha_5^{(1)} = 0,502; \alpha_6^{(1)} = 0,502; q_1^{(1)} = 0,04 \cdot 0,488^{0,006} \cdot 10^{-4} = 0,04 \cdot 10^{-4};$$

$$q_2^{(1)} = 1,05 \cdot 10^{-4}; q_3^{(1)} = 56,82 \cdot 10^{-4}; q_4^{(1)} = 75,75 \cdot 10^{-4};$$



Черт. 1

Системы	поддерживающая
	резервная
	основная

Ив. № дубината	
Ив. № поддвинена	383

[illegible]

$$\begin{aligned}
 q_5^{(1)} &= 111,61 \cdot 10^{-4}; \quad q_6^{(1)} = 139,51 \cdot 10^{-4}; \\
 Q^{(1)} &= 0,04 \cdot 10^{-4} + 1,05 \cdot 10^{-4} + 56,82 \cdot 75,75 \cdot 10^{-8} + 111,61 \cdot 139,51 \cdot 10^{-8} \approx \\
 &\approx 3,09 \cdot 10^{-4}; \\
 \delta^{(1)} &= \frac{(3,09 - 2,40) \cdot 10^{-4}}{2,4 \cdot 10^{-4}} = 0,288 > \bar{\delta} = 0,05.
 \end{aligned}$$

Вычисление $q_j^{(2)}, Q^{(2)}$ и $\delta^{(2)}$

$$\begin{aligned}
 \psi_1^{(1)} = \psi_2^{(1)} &= 1; \quad \psi_3^{(1)} = 75,75 \cdot 10^{-4}; \quad \psi_4^{(1)} = 56,82 \cdot 10^{-4}; \quad \psi_5^{(1)} = 139,51 \cdot 10^{-4}; \\
 \psi_6^{(1)} &= 111,61 \cdot 10^{-4}; \quad b_7^{(1)} = \frac{0,488}{2,4 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,04 \cdot 10^{-1} \cdot 1 = -0,012;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_2^{(1)} &= -0,314; \quad b_3^{(1)} = -0,129; \quad b_4^{(1)} = -0,129; \quad b_5^{(1)} = -0,466; \quad b_6^{(1)} = -0,466; \\
 \sum_{k=1}^6 [b_k^{(1)}]^2 &= (0,12^2 + 3,14^2 + 1,29^2 + 1,29^2 + 4,66^2 + 4,66^2) \cdot 10^{-2} = 56,63 \cdot 10^{-2};
 \end{aligned}$$

$$\sum_{k=1}^6 [b_k^{(1)} \alpha_k^{(1)} - \delta^{(1)}] = -(0,012 \cdot 0,006 + 0,314 \cdot 0,188 + 0,129 \cdot 0,076 + 0,129 \cdot 0,076 + 0,466 \cdot 0,502 + 0,466 \cdot 0,502) - 0,288 = -0,835;$$

$$\alpha_1^{(2)} = \frac{0,835 \cdot 0,012}{56,63 \cdot 10^{-2}} = 0,018; \quad \alpha_2^{(2)} = 0,463; \quad \alpha_3^{(2)} = 0,190;$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_4^{(2)} &= 0,190; \quad \alpha_5^{(2)} = 0,687; \quad \alpha_6^{(2)} = 0,687; \quad q_1^{(2)} = 0,04 \cdot 0,488^{0,018} \cdot 10^{-4} = \\
 &= 0,04 \cdot 10^{-4}; \quad q_2^{(2)} = 0,86 \cdot 10^{-4}; \quad q_3^{(2)} = 52,35 \cdot 10^{-4}; \quad q_4^{(2)} = 69,81 \cdot 10^{-4};
 \end{aligned}$$

$$q_5^{(2)} = 97,73 \cdot 10^{-4}; \quad q_6^{(2)} = 122,17 \cdot 10^{-4};$$

$$\begin{aligned}
 Q^{(2)} &= 0,04 \cdot 10^{-4} + 0,86 \cdot 10^{-4} + 52,35 \cdot 69,81 \cdot 10^{-8} + 97,73 \cdot 122,17 \cdot 10^{-8} = \\
 &= 2,46 \cdot 10^{-4};
 \end{aligned}$$

$$\delta^{(2)} = \frac{(2,46 - 2,40) \cdot 10^{-4}}{2,40 \cdot 10^{-4}} = 0,025.$$

Так как $\delta^{(2)} = 0,025 < \bar{\delta} = 0,05$, то требуемые значения вероятностей отказов $\tilde{q}_j$ элементов системы управления стабилизатором полагаются равными $q_j^{(2)}$. Результаты проведенного распределения указаны в табл. 2 в четвертой графе.

Пример 3. Вероятность отказа $\tilde{Q}$ системы электроснабжения за 2 ч полета должна быть не более 10^{-6} . Требуется заданную вероятность отказа распределить между элементами, указанными в табл. 3. При этом точность $\bar{\delta}$, определяющая близость S -го приближения $Q^{(S)}$ к требуемому значению $\tilde{Q}$, принимается равной 0,05.

Исходные данные для распределения заданной
вероятности отказа $\tilde{Q}$ системы электроснабжения
между ее элементами

Таблица 3

Наименование элемента	Показатель безотказности				
	$\lambda_{oj} 10^4 1/4$	$q_{oj} 10^4$	$q_{nj} 10^4$	$q_{vj} 10^4$	$\tilde{q}_j 10^4$
Генератор левого борта	4,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Блок защиты и управления левого борта	1,50	3,00	0,30	3,00	0,55
Блок коммутации шин	0,50	1,00	0,10	1,00	0,30
Генератор правого борта	4,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Блок защиты и управления правого борта	1,50	3,00	0,30	3,00	0,55

В табл. 3 во второй графе помещены ориентировочные значения интенсивностей отказов элементов системы электроснабжения. В третьей графе указаны ориентировочные значения вероятностей отказов элементов за 2 ч полета. В четвертой и пятой графах помещены соответственно минимально (максимально) возможные значения вероятностей отказов элементов системы электроснабжения. При этом требуемая вероятность отказа одного генератора задана заранее и равна $8 \cdot 10^{-4}$.

На черт. 2 представлена блок-схема системы электроснабжения переменным током. В качестве источника переменного тока используются два генератора. Каждый генератор работает в комплексе с регулирующей защитной аппаратурой, объединенной в блоки защиты и управления. Левый генератор обеспечивает переменным током потребителей левого борта, а правый – потребителей правого борта. В случае отказа какого-либо генератора его блок защиты и управления посредством блока коммутации шин подключает потребителей отказавшего генератора к исправному генератору. При этом интенсивность отказа генератора, продолжающего работать, увеличивается в 1,5 раза.

Используя табличный метод расчета безотказности, получим следующую зависимость вероятности отказа Q системы электроснабжения от вероятностей отказов q_j ее элементов.

$$Q = \mathcal{P}(q_1, q_2, q_3) = 1,5 q_1^2 + q_1 q_2 + q_1 q_3.$$

Поскольку заданы минимально возможные значения вероятностей отказов q_{nj} элементов, то анализируется возможность реализации заданного требования

на систему в целом. Для этого определяется наименьшее значение вероятности отказа Q_H системы, которое можно обеспечить по формуле:

$$Q_H = 1,5 q_{H1}^2 + q_{H1} q_{H2} + q_{H1} q_{H3} = 0,992 \cdot 10^{-6}.$$

Так как $\tilde{Q} = 10^{-6} > 0,992 \cdot 10^{-6}$, то заданное требование можно обеспечить.

Распределение заданной вероятности отказа $\tilde{Q}$ системы электроснабжения по ее элементам проводится в соответствии с блок-схемой, помещенной на чертеже рекомендуемого приложения 1. При этом используется функциональная зависимость

$$Q = \varphi(8 \cdot 10^{-4}, q_2, q_3) = 96 \cdot 10^{-8} + 8 \cdot q_2 \cdot 10^{-4} + 8 \cdot q_3 \cdot 10^{-4}.$$

Частные производные ψ_2 и ψ_3 равны

$$\psi_2 = \psi_3 = 8 \cdot 10^{-4}$$

Вычисляются $Q^{(0)}$, θ и $\delta^{(0)}$.

$$Q^{(0)} = Q_0 = 96 \cdot 10^{-8} + 8 \cdot 3 \cdot 10^{-8} + 8 \cdot 1 \cdot 10^{-8} = 1,28 \cdot 10^{-6};$$

$$\theta = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1,28 \cdot 10^{-6}} = 0,78, \quad \delta^{(0)} = \frac{(1,28 - 1,0) \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-6}} = 0,28.$$

Так как $\delta^{(0)} = 0,28 > \tilde{\delta} = 0,05$, то определяются приближения $q_j^{(1)}$, $Q^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$.

Вычисление $q_j^{(1)}$, $Q^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$

$$\psi_2^{(0)} = 8 \cdot 10^{-4}; \quad \psi_3^{(0)} = 8 \cdot 10^{-4}; \quad b_2^{(0)} = \frac{\ln 0,78}{10^{-6}} \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^{-4} = -0,06;$$

$$b_3^{(0)} = -0,02;$$

$$\alpha_2^{(1)} = 0,28 \cdot \frac{0,06}{36 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4}} = 4,2; \quad \alpha_3^{(1)} = 1,4;$$

$$q_2^{(1)} = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,78^{4,2} = 1,06 \cdot 10^{-4}; \quad q_3^{(1)} = 0,71 \cdot 10^{-4};$$

$$Q^{(1)} = 96 \cdot 10^{-8} + 8 \cdot 1,06 \cdot 10^{-8} + 8 \cdot 0,71 \cdot 10^{-8} = 1,1 \cdot 10^{-6};$$

$$\delta^{(1)} = \frac{(1,1 - 1,0) \cdot 10^{-6}}{10^{-6}} = 0,1.$$

Так как $\delta^{(1)} = 0,1 > \tilde{\delta} = 0,05$, то определяются приближения $q_j^{(2)}$, $Q^{(2)}$ и $\delta^{(2)}$.

Вычисление $q_j^{(2)}$, $Q^{(2)}$ и $\delta^{(2)}$

$$\psi_2^{(1)} = 8 \cdot 10^{-4}; \quad \psi_3^{(1)} = 8 \cdot 10^{-4};$$

$$b_2^{(1)} = -0,248 \cdot 1,06 \cdot 8 \cdot 10^{-2} = -0,02; \quad b_3^{(1)} = -0,014;$$

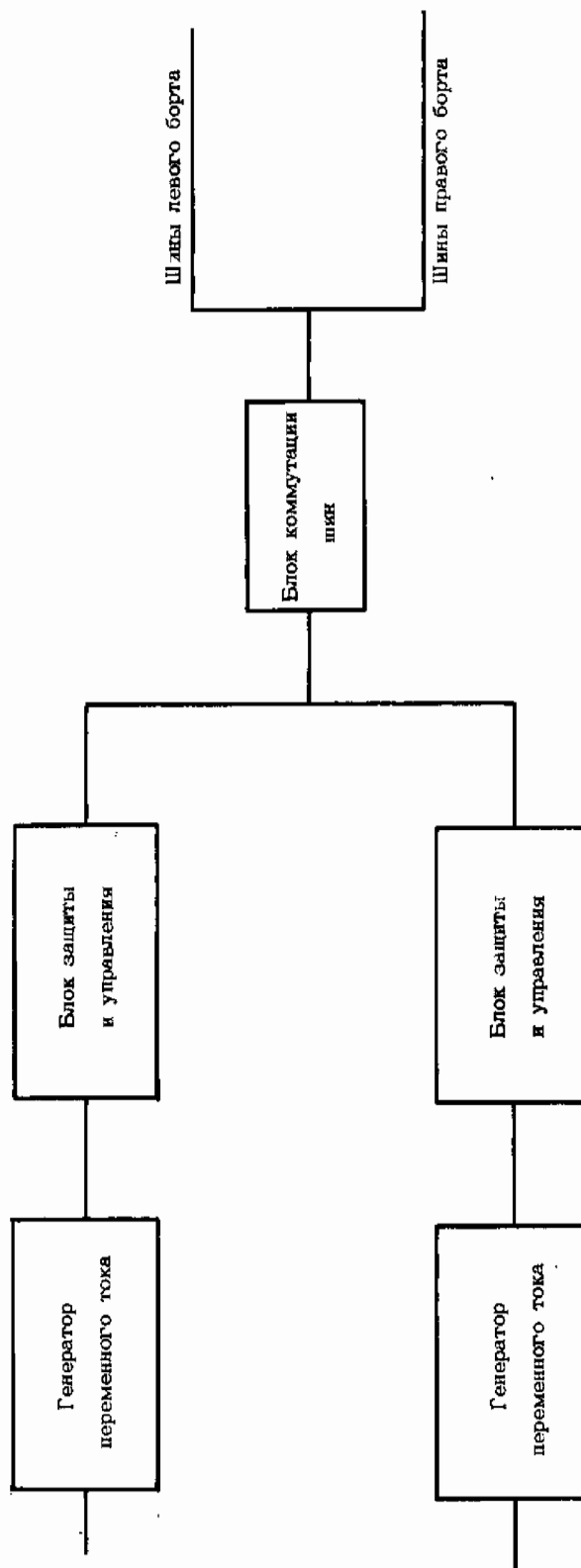
$$[b_2^{(1)}]^2 + [b_3^{(1)}]^2 = (4 + 1,96) \cdot 10^{-4} = 5,96 \cdot 10^{-4};$$

$$\sum_{k=2}^3 b_k^{(1)} \alpha_k^{(1)} - \delta^{(1)} = -(0,02 \cdot 4,2 + 0,014 \cdot 1,4) - 0,1 = -0,204;$$

Изм. № 131.
Изм. № 132.

383

Изм. № дубликата
Изм. № заданного



Черт. 2

$$\alpha_2^{(2)} = 0,204 \cdot \frac{0,02}{5,96 \cdot 10^{-4}} = 6,85; \quad \alpha_3^{(2)} = 4,79;$$

$$q_2^{(2)} = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,78^{6,85} = 0,55 \cdot 10^{-4}; \quad q_3^{(2)} = 0,30 \cdot 10^{-4};$$

$$Q^{(2)} = 96 \cdot 10^{-8} + 8 \cdot 0,55 \cdot 10^{-8} + 8 \cdot 0,30 \cdot 10^{-8} = 1,03 \cdot 10^{-6};$$

$$\delta^{(2)} = \frac{(1,03 - 1,0) \cdot 10^{-6}}{10^{-6}} = 0,03.$$

Так как $\delta^{(2)} = 0,03 < \bar{\delta} = 0,05$, то $\tilde{q}_2 = q_2^{(2)}$ и $\tilde{q}_3 = q_3^{(2)}$. Результаты проведенного распределения указаны в табл. 3 в шестой графе.

Пример 4. Вероятность отказа $\tilde{Q}$ системы автоматического управления (САУ) рулем высоты самолета за 2 ч полета должна быть не более $0,3 \cdot 10^{-4}$.

На черт. 3 представлена блок-схема САУ руля высоты, которая состоит из основного канала и идентичного ему резервного канала. Каждый из каналов имеет свой блок контроля, который предназначен для контроля исправности соответствующего канала.

Управляющий сигнал поступает на руль высоты из основного канала. Когда отказывает основной канал или его блок контроля, то происходит переключение на резервный канал.

Используя табличный метод расчета, получим следующую зависимость вероятности отказа Q системы автоматического управления от вероятностей отказов

q_i ее элементов

$$Q = \Psi(q_1, q_2, q_3) = (q_1 + q_3)^2 + 0,5 q_1 q_2,$$

где q_1 - вероятность отказа канала (основного или резервного);

q_2 - вероятность отказа блока контроля, приводящего к потере способности контролировать исправность канала;

q_3 - вероятность отказа блока контроля, приводящего к ложному отключению исправного канала.

Вероятность отказа канала управления q_1 задана заранее и равна $4 \cdot 10^{-3}$. Требуется определить такие значения вероятностей отказов $\tilde{q}_2$ и $\tilde{q}_3$, чтобы вероятность отказа САУ в целом была не больше заданной. При этом информации об ориентировочных значениях q_{02} и q_{03} не имеется.

Вначале действуем в соответствии с пп. 2, 4 настоящего стандарта

$$\psi_1 = 2(q_1 + q_3) + 0,5 q_2; \quad \psi_2 = 0,5 q_1; \quad \psi_3 = 2(q_1 + q_3).$$

В соответствии с формулой (16) стандарта имеем

$$\gamma_1(q) = 4,5 q; \quad \gamma_2(q) = 0,5 q; \quad \gamma_3(q) = 2 q.$$

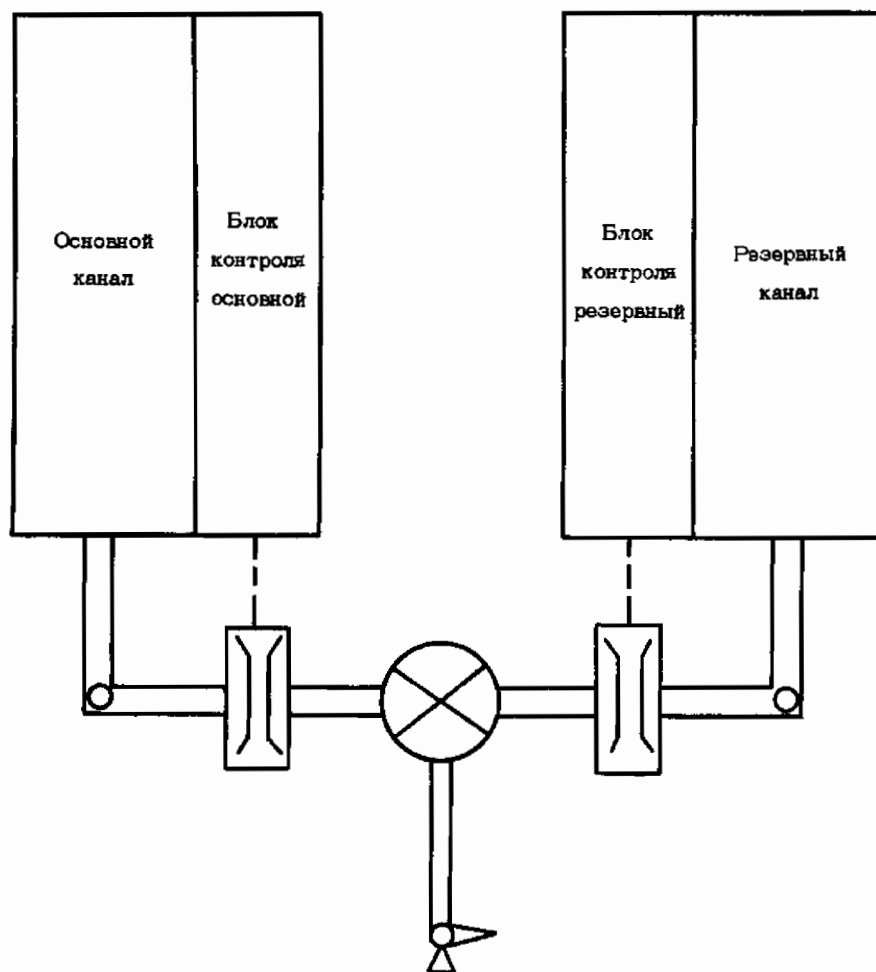
Таким образом, $K_1 = K_2 = K_3 = 1$; $\nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = 0,5$.

Так как $\tilde{Q}^{q_5} = (0,3 \cdot 10^{-4})^{0,5} \approx 0,55 \cdot 10^{-2}$, то согласно формуле (17), получим

№ 121.
№ 121.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника



Черт. 3

№ изм.
№ изм.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

$$Q_0 = (0,55+0,55)^2 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 10^{-4} = 1,36 \cdot 10^{-4};$$

$$L = \frac{0,3 \cdot 10^{-4}}{1,36 \cdot 10^{-4}} = 0,221.$$

Ориентировочные значения q_{02} и q_{03} вычисляются по формуле (18)

$$q_{02} = q_{03} = (0,221 \cdot 0,3 \cdot 10^{-4})^{0,5} = 0,257 \cdot 10^{-2}.$$

В дальнейшем действуем в соответствии с п. 2.1 настоящего стандарта, учитывая, что вероятность отказа канала управления равна $4 \cdot 10^{-3}$ и в процессе распределения остается постоянной.

Вычисление $Q^{(0)}$, θ и $\delta^{(0)}$

$$Q^{(0)} = Q_0 = (4+2,57)^2 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 4 \cdot 2,57 \cdot 10^{-6} = 0,483 \cdot 10^{-4};$$

$$\theta = \frac{0,3}{0,483} = 0,621; \quad \delta^{(0)} = \frac{0,183}{0,3} = 0,61.$$

Так как $\delta^{(0)} = 0,61 > \bar{\delta} = 0,05$, то определяются приближения $q_j^{(1)}$, $Q^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$.

Вычисление $q_j^{(1)}$, $Q^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$

$$\psi_2^{(0)} = 2 \cdot 10^{-3}; \quad \psi_3^{(0)} = 2 \cdot (4 \cdot 10^{-3} + 2,57 \cdot 10^{-3}) = 13,14 \cdot 10^{-3};$$

$$b_2^{(0)} = \frac{\ln 0,621}{0,3} \cdot \frac{2,57 \cdot 2 \cdot 10^6}{10^{-4}} = -0,08; \quad b_3^{(0)} = -0,536;$$

$$[b_2^{(0)}]^2 + [b_3^{(0)}]^2 = 0,08^2 + 0,536^2 = 0,294;$$

$$\alpha_2^{(1)} = \frac{0,61 \cdot 0,08}{0,294} = 0,166; \quad \alpha_3^{(1)} = 1,113;$$

$$q_2^{(1)} = 2,57 \cdot 10^{-3} \cdot 0,621^{0,166} = 2,37 \cdot 10^{-3}; \quad q_3^{(1)} = 1,51 \cdot 10^{-3};$$

$$Q^{(1)} = (4 \cdot 10^{-3} + 1,51 \cdot 10^{-3})^2 + 0,5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 2,37 \cdot 10^{-3} = 0,351 \cdot 10^{-4};$$

$$\delta^{(1)} = \frac{0,051}{0,3} = 0,17.$$

Так как $\delta^{(1)} = 0,17 > \bar{\delta} = 0,05$, то определяются приближения $q_j^{(2)}$, $Q^{(2)}$ и $\delta^{(2)}$.

Вычисление $q_j^{(2)}$, $Q^{(2)}$ и $\delta^{(2)}$

$$\psi_2^{(1)} = 2 \cdot 10^{-3}; \quad \psi_3^{(1)} = 2 \cdot (4 + 1,51) \cdot 10^{-3} = 11 \cdot 10^{-3};$$

$$b_2^{(1)} = -1,587 \cdot 2,37 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = -0,075; \quad b_3^{(1)} = -0,264;$$

$$[b_2^{(1)}]^2 + [b_3^{(1)}]^2 = (0,75^2 + 0,264^2) \cdot 10^{-2} = 7,53 \cdot 10^{-2};$$

$$[b_2^{(1)} \alpha_2^{(1)} + b_3^{(1)} \alpha_3^{(1)}] - \delta^{(1)} = -(0,075 \cdot 0,166 + 0,264 \cdot 1,113) - 0,17 = -0,476;$$

$$\alpha_2^{(2)} = \frac{0,476 \cdot 0,075}{7,53 \cdot 10^{-2}} = 0,474; \quad \alpha_3^{(2)} = 1,669;$$

$$q_2^{(2)} = 2,57 \cdot 0,621^{0,474} \cdot 10^{-3} = 2,05 \cdot 10^{-3}; \quad q_3^{(2)} = 1,16 \cdot 10^{-3};$$

$$Q^{(2)} = (4+1,16)^2 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 2,05 \cdot 10^{-6} \approx 0,31 \cdot 10^{-4};$$

$$\delta^{(2)} = \frac{(0,31-0,3) \cdot 10^{-4}}{0,3 \cdot 10^{-4}} = 0,023.$$

Так как $\delta^{(2)} = 0,023 < \tilde{\delta} = 0,05$, то $\tilde{q}_2 = q_2^{(2)} = 2,05 \cdot 10^{-3};$
 $\tilde{q}_3 = q_3^{(2)} = 1,16 \cdot 10^{-3}.$

Вероятность отказа системы автоматического управления рупом высоты, принципиальная схема которой помещена на черт. 3, будет не больше заданной, если:

- вероятность отказа канала управления будет не больше $4 \cdot 10^{-3};$
- вероятность отказа блока контроля, приводящего к потере способности контролировать исправность канала, будет не больше $2,05 \cdot 10^{-3};$
- вероятность отказа блока контроля, приводящего к ложному отключению исправного канала, будет не больше $1,16 \cdot 10^{-3}.$

Пример 5. Отказы элементов САУ, рассмотренной в предыдущем примере, могут вызвать нарушения работоспособности двух видов: появление на выходе системы управляющих сигналов с неисправного канала (отказ первого вида), отключение системы (отказ второго вида). Последствия указанных видов отказов САУ могут быть различными. В частности, отказ первого вида, как правило, может привести к более тяжелым последствиям, чем отказ второго вида.

Пусть Q_1 и Q_2 соответственно вероятности отказов САУ первого и второго видов, причем

$$Q_1 = \varphi_1(q_1, q_2, q_3) = 0,5 q_1 q_2;$$

$$Q_2 = \varphi_2(q_1, q_2, q_3) = (q_1 + q_3)^2,$$

где q_j имеют тот же смысл, что и в примере 4.

Предположим, что заданы вероятности указанных видов отказов САУ

$$\tilde{Q}_1 = 10^{-6}, \quad \tilde{Q}_2 = 10^{-5}.$$

Требуется распределить данные вероятности видов отказов САУ по ее элементам. При этом информации об ориентировочных значениях q_{01}, q_{02} и q_{03} не имеется, а заданная точность распределения $\tilde{\delta}$ равна 0,05.

Вначале действуем в соответствии с п. 3.4 настоящего стандарта

$$\psi_{11} = 0,5 q_2; \quad \psi_{12} = 0,5 q_1; \quad \psi_{21} = 2(q_1 + q_2); \quad \psi_{23} = 2(q_1 + q_3).$$

№ изм.

№ изм.

383

Изм. № дубликата

Изм. № подлинника

В соответствии с формулой (25) имеем

$$\gamma_{11} = 0,5q; \gamma_{12} = 0,5q; \gamma_{21} = 4q; \gamma_{23} = 4q.$$

Таким образом, $K_{11} = K_{12} = K_{21} = K_{23} = 1$; $\nu_{11} = \nu_{12} = \nu_{21} = \nu_{23} = 0,5$

Используя формулу (26), находим

$$Q_{1V} = 0,5 \tilde{Q}_1^{0,5} \tilde{Q}_1^{-0,5} = 0,5 \cdot 10^{-6}; \quad Q_{2V} = (\tilde{Q}_2^{0,5} + \tilde{Q}_2^{-0,5})^2 = 4 \cdot 10^{-5}.$$

По формуле (27) стандарта определяем

$$L_1 = \frac{\tilde{Q}_1}{Q_{1V}} = \frac{10^{-6}}{0,5 \cdot 10^{-6}} = 2; \quad L_2 = \frac{\tilde{Q}_2}{Q_{2V}} = \frac{10^{-5}}{4 \cdot 10^{-5}} = 0,25;$$

$$q_{01}^{(1)} = (L_1 \tilde{Q}_1)^{\nu_{11}} = (2 \cdot 10^{-6})^{0,5} = 1,41 \cdot 10^{-3}; \quad q_{02}^{(1)} = 1,41 \cdot 10^{-3}; \quad q_{03}^{(1)} = 0;$$

$$q_{01}^{(2)} = (L_2 \tilde{Q}_2)^{\nu_{21}} = (0,25 \cdot 10^{-5})^{0,5} = 1,58 \cdot 10^{-3}; \quad q_{02}^{(2)} = 1,58 \cdot 10^{-3}; \quad q_{03}^{(2)} = 0.$$

С помощью формулы (28) находим ориентировочные значения отказов (видов отказов) q_{0j} элементов САУ

$$q_{01} = \max(q_{01}^{(1)}, q_{01}^{(2)}) = 1,58 \cdot 10^{-3}; \quad q_{02} = 1,41 \cdot 10^{-3}; \quad q_{03} = 1,58 \cdot 10^{-3}.$$

В дальнейшем действуем в соответствии с блок-схемой, помещенной на чертеже справочного приложения 3, учитывая, что $\beta_1^{(0)} = \beta_2^{(0)} = \beta_3^{(0)} = 0$.

Вычисление $q_j^{(0)}$, $Q_i^{(0)}$ и $\delta^{(0)}$

$$q_1^{(0)} = q_{01} = 1,58 \cdot 10^{-3}; \quad q_2^{(0)} = q_{02} = 1,41 \cdot 10^{-3}; \quad q_3^{(0)} = q_{03} = 1,58 \cdot 10^{-3};$$

$$Q_1^{(0)} = Q_{01} = 0,5 q_1^{(0)}; \quad Q_2^{(0)} = 1,12 \cdot 10^{-6}; \quad Q_2^{(0)} = Q_{02} = 10^{-5}; \quad \alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{\tilde{Q}_1}{Q_{01}} + \frac{\tilde{Q}_2}{Q_{02}} \right) = 0,95;$$

$$\delta_1^{(0)} = \frac{|\tilde{Q}_1 - Q_1^{(0)}|}{\tilde{Q}_1} = 0,12; \quad \delta_2^{(0)} = 0; \quad \delta^{(0)} = \max(\delta_1^{(0)}, \delta_2^{(0)}) = 0,12.$$

Так как $\delta^{(0)} = 0,12 > \bar{\delta} = 0,05$, то определяются приближения $q_j^{(1)}$, $Q_i^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$

№ изд.
№ 233

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Вычисление $q_j^{(1)}$, $Q_i^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$

$$\psi_{11}^{(0)} = 0,5 q_{12}^{(0)} = 0,7 \cdot 10^{-3}; \psi_{12}^{(0)} = 0,8 \cdot 10^{-3}; \psi_{21}^{(0)} = 6,3 \cdot 10^{-3}; \psi_{23}^{(0)} = 6,3 \cdot 10^{-3};$$

$$\psi_{13}^{(0)} = \psi_{22}^{(0)} = 0;$$

$$b_{11}^{(0)} = \psi_{11}^{(0)} q_{11}^{(0)} L_n x = -0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1,58 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 = -0,055 \cdot 10^{-6}; b_{12}^{(0)} = -0,056 \cdot 10^{-6};$$

$$b_{13}^{(0)} = 0$$

$$b_{21}^{(0)} = -6,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,58 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 = -0,498 \cdot 10^{-6}; b_{23}^{(0)} = -0,498 \cdot 10^{-6}; b_{22}^{(0)} = 0;$$

$$\mu_{11}^{(0)} = b_{11}^{(0)} b_{11}^{(0)} + b_{12}^{(0)} b_{12}^{(0)} = 6,16 \cdot 10^{-15}; \mu_{21}^{(0)} = \mu_{12}^{(0)} = b_{11}^{(0)} b_{21}^{(0)} = 27,4 \cdot 10^{-15};$$

$$\mu_{22}^{(0)} = b_{21}^{(0)} b_{21}^{(0)} + b_{23}^{(0)} b_{23}^{(0)} = 248 \cdot 10^{-15};$$

$$c_1^{(0)} = \bar{q}_1 - q_1^{(0)} = -0,12; c_2^{(0)} = \bar{q}_2 - q_2^{(0)} = 0.$$

В соответствии с блоком (11) (см. чертеж справочного приложения 3) решаем систему уравнений

$$\begin{cases} (6,16 \cdot d_1^{(0)} + 27,4 \cdot d_2^{(0)}) \cdot 10^{-15} = -0,12 \cdot 10^{-6}; \\ (27,4 \cdot d_1^{(0)} + 248 \cdot d_2^{(0)}) \cdot 10^{-15} = 0. \end{cases}$$

Используя правило Крамера, получим

$$d_1^{(0)} = -38,3 \cdot 10^{-6}; d_2^{(0)} = 4,2 \cdot 10^{-6}.$$

В соответствии с формулой, помещенной в блоке 12 (см. чертеж справочного приложения 3), находим

$$\beta_1^{(1)} = d_1^{(0)} b_{11}^{(0)} + d_2^{(0)} b_{21}^{(0)} = 0,02; \beta_2^{(1)} = 2,14; \beta_3^{(1)} = 2,09.$$

Следовательно

$$q_1^{(1)} = q_{01} x^{\beta_1^{(1)}} = 1,58 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95^{0,02} \cdot 10^{-3} = 1,58 \cdot 10^{-3}; q_2^{(1)} = 1,26 \cdot 10^{-3};$$

$$q_3^{(1)} = 1,76 \cdot 10^{-3};$$

$$Q_1^{(1)} = 0,5 q_1^{(1)} q_2^{(1)} = 0,5 \cdot 1,58 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} = 0,995 \cdot 10^{-6}; Q_2^{(1)} = 1,11 \cdot 10^{-5}.$$

$$\delta_1^{(1)} = 0,005; \delta_2^{(1)} = 0,11; \delta^{(1)} = \max(\delta_1^{(1)}, \delta_2^{(1)}) = 0,11.$$

Так как $\delta^{(1)} = 0,11 > \bar{\delta} = 0,05$, то вычисления продолжаются.

Вычисление $q_i^{(2)}$, $Q_i^{(2)}$ и $\delta^{(2)}$

$$\psi_{11}^{(1)} = 0,5 \cdot 1,26 \cdot 10^{-3} = 0,63 \cdot 10^{-3}; \psi_{12}^{(1)} = 0,5 \cdot 1,58 \cdot 10^{-3} = 0,79 \cdot 10^{-3}; \psi_{13}^{(1)} = 1;$$

$$\psi_{21}^{(1)} = 2(1,58 + 1,76) \cdot 10^{-3} = 6,68 \cdot 10^{-3}; \psi_{23}^{(1)} = 6,68 \cdot 10^{-3}; \psi_{22}^{(1)} = 0;$$

$$b_{11}^{(1)} = -0,63 \cdot 1,58 \cdot 0,05 \cdot 10^{-6} = -0,05 \cdot 10^{-6}; b_{12}^{(1)} = -0,05 \cdot 10^{-6}; b_{13}^{(1)} = 0;$$

$$b_{21}^{(1)} = -6,68 \cdot 1,58 \cdot 0,05 \cdot 10^{-6} = -0,527 \cdot 10^{-6}; b_{23}^{(1)} = -0,588 \cdot 10^{-6}; b_{22}^{(1)} = 0;$$

$$\mu_{11}^{(1)} = b_{11}^{(1)} b_{11}^{(1)} + b_{12}^{(1)} b_{12}^{(1)} = 5 \cdot 10^{-15}; \mu_{21}^{(1)} = \mu_{12}^{(1)} = 26 \cdot 10^{-15}; \mu_{22}^{(1)} = 624 \cdot 10^{-15};$$

$$c_{11}^{(1)} = \tilde{Q}_1 - Q_1^{(1)} + (b_{11}^{(1)} \beta_1^{(1)} + b_{12}^{(1)} \beta_2^{(1)}) = -0,103 \cdot 10^{-6};$$

$$c_{21}^{(1)} = \tilde{Q}_2 - Q_2^{(1)} + (b_{21}^{(1)} \beta_1^{(1)} + b_{23}^{(1)} \beta_2^{(1)}) = 0,118 \cdot 10^{-6}.$$

Решая систему линейных уравнений

$$(d_1^{(1)} \cdot 5 + d_2^{(1)} \cdot 26) \cdot 10^{-15} = -0,103 \cdot 10^{-6};$$

$$(d_1^{(1)} \cdot 26 + d_2^{(1)} \cdot 624) \cdot 10^{-15} = 0,118 \cdot 10^{-6}.$$

Получим $d_1^{(1)} = -25 \cdot 10^6$; $d_2^{(1)} = 1,34 \cdot 10^6$.

В соответствии с формулой, помещенной в блоке 12 (см. чертеж справочного приложения 3), находим

$$\beta_1^{(2)} = d_1^{(1)} b_{11}^{(1)} + d_2^{(1)} b_{21}^{(1)} = 0,54; \beta_2^{(1)} = 1,25; \beta_3^{(1)} = -0,79.$$

Следовательно

$$q_1^{(2)} = q_{01} x^{\beta_1^{(2)}} = 1,58 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95^{0,54} = 1,54 \cdot 10^{-3}; q_2^{(2)} = 1,32 \cdot 10^{-3}; q_3^{(2)} = 1,65 \cdot 10^{-3};$$

$$Q_1^{(2)} = 0,5 q_1^{(2)} q_2^{(2)} = 1,016 \cdot 10^{-6}; Q_2^{(2)} = (q_1^{(2)} + q_3^{(2)})^2 = 1,018 \cdot 10^{-5};$$

$$\delta_1^{(2)} = 0,016; \delta_2^{(2)} = 0,018;$$

$$\delta^{(2)} = \max(\delta_1^{(2)}, \delta_2^{(2)}) = 0,018.$$

Так как $\delta^{(2)} = 0,018 < \tilde{\delta} = 0,05$, то

$$\tilde{q}_1 = q_1^{(2)} = 1,54 \cdot 10^{-3}; \tilde{q}_2 = q_2^{(2)} = 1,32 \cdot 10^{-3}; \tilde{q}_3 = q_3^{(2)} = 1,65 \cdot 10^{-3}.$$

Вероятности видов отказов системы автоматического управления рулем высоты будут не больше заданных, если:

- вероятность отказа канала управления будет не больше $1,54 \cdot 10^{-3}$;

- вероятность отказа блока контроля, приводящего к потере способности

№ пз.
№ пз.

383

Изм. № документа
Изм. № подлинника

контролировать исправность канала, будет не больше $1,32 \cdot 10^{-3}$;

- вероятность отказа блока контроля, приводящего к ложному отключению исправного канала, будет не больше $1,65 \cdot 10^{-3}$.

№ изм.
№ изм.

383

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]

Им. № дубляната	
Им. № редакцията	383