



НЕКОТОРЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ

ПРОФ. И.Б.ШУБИНСКИЙ

19.06.2014

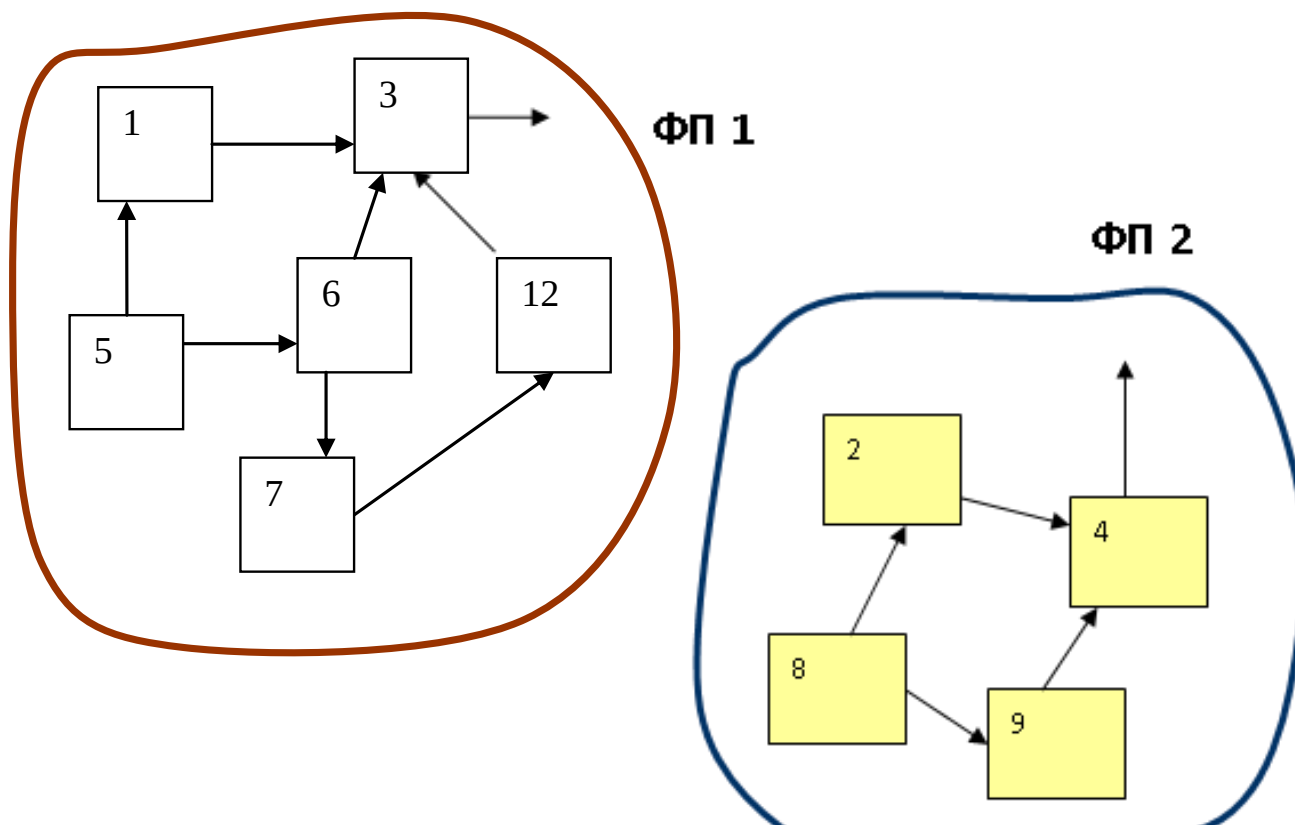
ОАО «НИИАС»



**СООБЩЕНИЕ ВЫПОЛНЕНО НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ КНИГИ И. Б. ШУБИНСКОГО
«ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»**

ПОДХОДЫ, ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

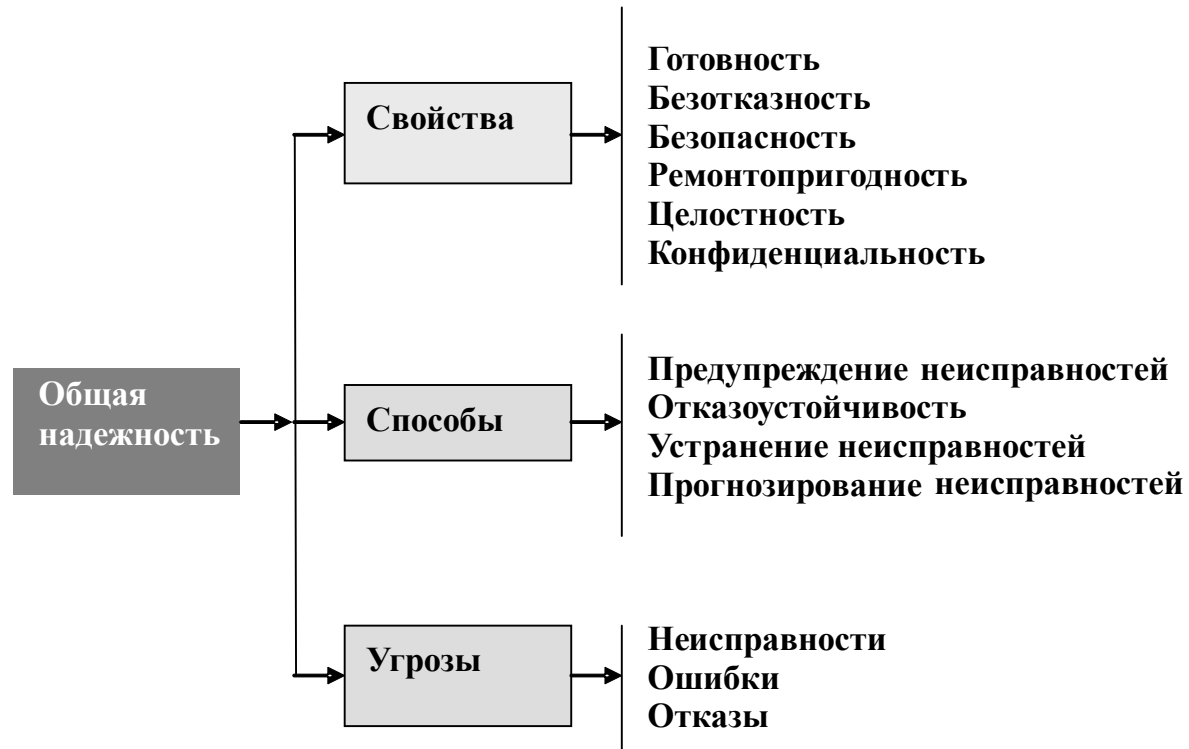
ГОСТ 24.701-86. Надежность автоматизированных систем управления.
Основные положения.



IEC 60050-192

Технический отчет ISO/IEC TR 19760. Первое издание 2003-11-15 Проектирование систем — Руководство по применению ISO/IEC 15288 (Процессы жизненного цикла системы).

ОБЩАЯ НАДЕЖНОСТЬ В ТРАКТОВКЕ АВИЖЕНИСА И ЕГО СОАВТОРОВ



Дерево «общей надежности»

СТРУКТУРНАЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ, ОБЩАЯ НАДЕЖНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В работе Avizienis A., Laprie J-C. and Randell B. Dependability of computer systems/ Fundamental concepts, terminology and examples. Technical report, LAAS - CNRS, October, 2000 применительно к информационной системе введен термин *общая надежность*. Здесь **под общей надежностью понимается способность информационной системы поставлять обслуживание, которому можно доверять.** *Обслуживание*, предоставляемое системой, представляет ее свойства или поведение в том виде, в котором это воспринимается *пользователем*. В свою очередь, пользователь является другой системой (физической или человеческой), которая взаимодействует с данной системой через *интерфейс обслуживания*.

Вместо термина «Общая надежность» специалисты рабочей группы **WG 10.4** Международной Федерации (IFIP WG-10.4) по обработке информации (Rus I., Komi-Sirvio S., Costa P. Computer program with insurance of high reliability. Technical report, IFIP WG-10.4, March, 2008). вводят термин «**гарантоспособность**», которая в указанной работе рассматривается как **«достоверность вычислительной системы, способной предоставлять требуемые услуги, которым можно оправданно доверять».**

ОБЪЕКТ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ

Объект классической (структурной) надежности - *продукция* (изделие)

элемент

система

Изделие, согласно ГОСТ 2.101-68, — предмет или набор предметов, изготавливаемых на предприятии. Изделие является результатом производственного процесса

Объект функциональной надежности - *услуга* (функция), осуществляемая с помощью технической системы (действие, операция, процесс).

УСЛУГИ — виды деятельности, работ, в процессе восполнения которых не создается новый, ранее не существовавший материально-вещественный продукт, но изменяется качество уже имеющегося, созданного продукта. Само оказание **УСЛУГИ** создает желаемый результат («Борисов А.Б. Большой экономический словарь. — М.: Книжный мир, 2003. — 895 с.»).

УСЛУГА — результат, по меньшей мере, одного действия. **УСЛУГА** обладает специфическими свойствами: неосязаемостью, неотделимостью от своего источника (невозможно отделить процесс предоставления информации - от того, кто ее предоставляет). Различают услуги связи, услуги выполнения функций, процессов. Процессы бывают **информационные** и **технологические**. **Технологический процесс**— это упорядоченная последовательность взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения требуемого результата.

ПРЕДМЕТ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ

Исследование методов и способов оценивания и обеспечения характеристик надежности выполнения объектом функций

Характеристики (свойства) **структурной** надежности

Безотказность объекта

Ремонтопригодность

Долговечность

Сохраняемость

Готовность объекта

Характеристики (свойства) **функциональной** надежности

Правильность

Безошибочность

Устойчивость

Целостность

Доступность

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- Свойство **правильности** означает, что функция реализуется в соответствии с заданной совокупностью правил и предписаний, т.е. по существу в соответствии с предусмотренным алгоритмом ее выполнения;
- Свойство **безошибочности** означает, что в процессе выполнения функции не возникают **ошибки** в результатах;
- **Ошибка** : в широком смысле - непреднамеренное отклонение от истины или правил; в узком смысле - отклонение значения результата выполнения функции от ее настоящего значения;
- **Функциональный отказ объекта**- событие, при котором вследствие ошибки искажается выходной результат или/и точность результата ниже допустимой или/и не обеспечивается требуемая своевременность выдачи результата

УГРОЗЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ

ПРОГРАММНЫЕ ОШИБКИ: *системные, алгоритмические, ошибки кодирования;*

СБОЙНЫЕ ОШИБКИ *функционального характера;*

ОШИБКИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА;

ОШИБКИ ВО ВХОДНЫХ ДАННЫХ;

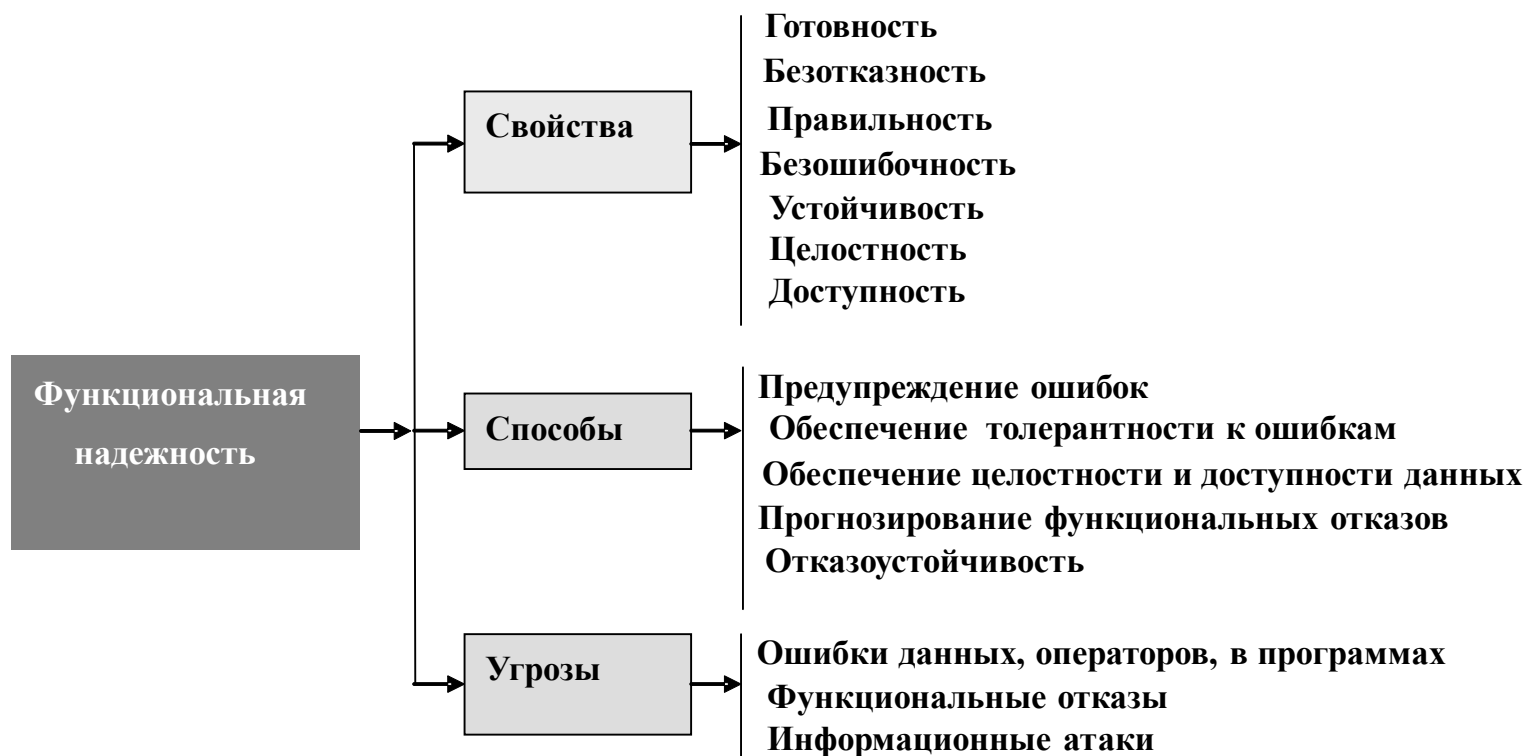
СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ОШИБКИ;

ОШИБКИ ПО ОБЩЕЙ ПРИЧИНЕ;

ОШИБКИ ВСЛЕДСТВИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ АТАК;

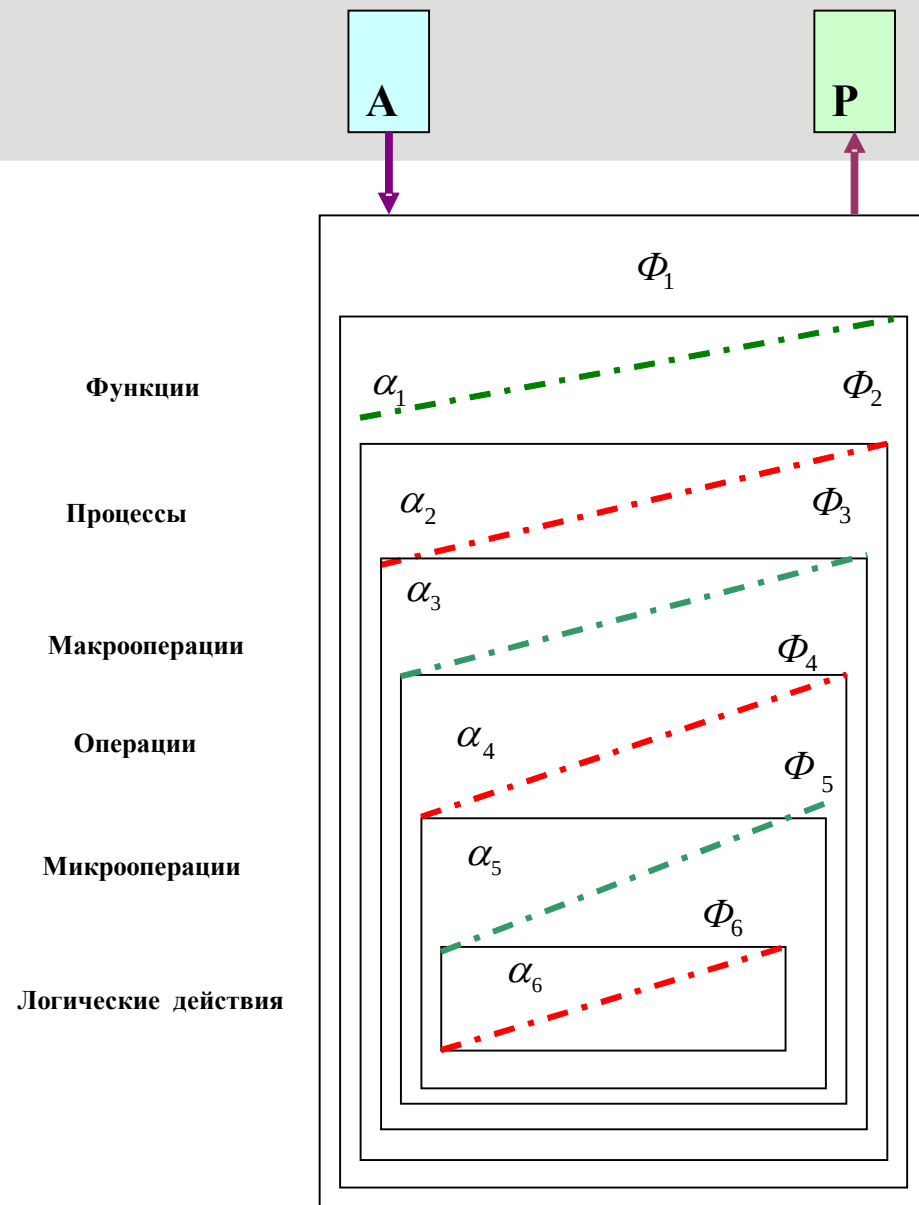
ОТКАЗЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

ТРАКТОВКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ



ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ

- 1) Каждый показатель функциональной надежности должен быть измерим.
- 2) Показатель функциональной надежности должен допускать возможность экспериментальной проверки.
- 3) Система показателей должна учитывать особенности возникновения сбойных ошибок и ошибок данных, ошибок операторов, специфику проявления ошибок собственных программных средств, а также дискретный или случайный характер поступления заявок на выполнение информационных процессов и др.
- 4) Система показателей должна быть удобной в практическом применении, наглядной и сравнимой.
- 5) Каждый показатель должен быть простым в физическом смысле и естественным с точки зрения оценки выполняемых в информационной системе функций.
- 6) Показатели функциональной надежности системы должны иметь единую количественную меру расчета надежности выполнения процессов на всех уровнях их иерархии.
- 7) Система показателей должна быть достаточно гибкой, чтобы обеспечивать свертывание модулей расчета от низшего к высшему уровню.
- 8) Система показателей должна обеспечивать комплексную оценку функциональной надежности информационной системы в условиях проявления всех видов угроз.
- 9) Система показателей должна содержать как единичные, так и комплексные показатели.



. . Иерархическая схема алгоритма расчета функциональной надежности информационных систем

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ

1. **Принцип соответствия структуры алгоритма расчета структуре алгоритма функционирования исследуемой системы при выполнении функции.**
2. **Принцип выделения в алгоритме расчета иерархических уровней, объединенных в иерархическую структуру.** Системой знаков $\alpha_6, \alpha_5, \dots, \alpha_1$ обозначен набор процессов - операторов (например, набор процедур, набор процессов), которые связаны между собой функциями $\Phi_k (k = 1, \dots, 7)$
3. **Принцип совмещения пространства состояний и пространства событий исследуемого процесса.** Пространство состояний – это конечное множество последовательных или последовательно – параллельных действий (например, процедур). Пространство событий – это конечное множество фактов возникновения или отсутствия ошибок в результатах действий. Количество событий всегда равно количеству действий независимо от меры детализации исследуемого информационного процесса.

Из этого принципа следует:

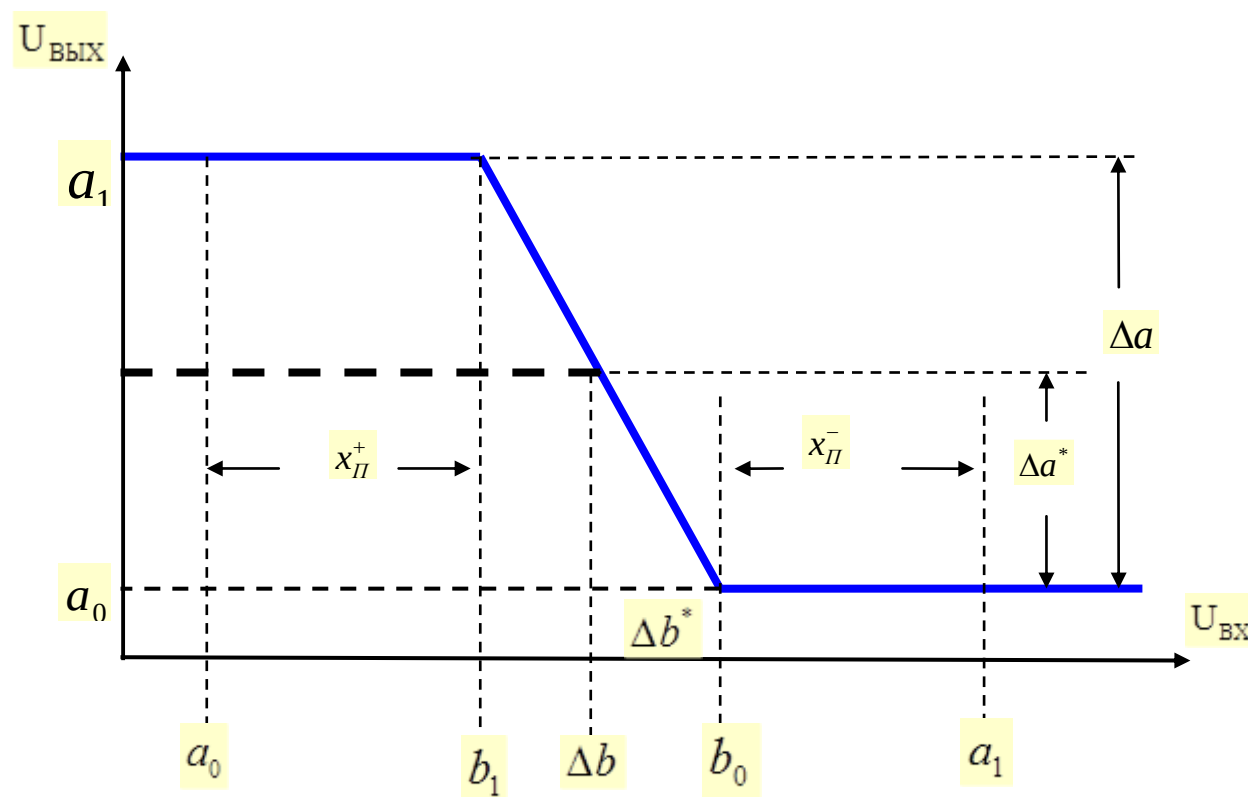
если $\alpha_i^k = \Phi_i(\alpha_{i+1}^1, \dots, \alpha_{i+1}^m)$, то $P_k^{(i)} = \prod_{k=1}^m P_k^{(i+1)}$; если процесс распараллелен, то $P_{расп}^{(i)} \leq P^{(i)}$

4. **Принцип разделения структур информационных систем на иерархически упорядоченные множества функциональных структур и функциональных частей**

Функциональная структура (ФС) – это материальное воплощение определенного информационного процесса путем формирования совокупности L множеств

$S_l (l = 1, 2, \dots, L)$ ФЧ, объединенных согласно алгоритму данного процесса $S_l \leq R_{фч}$

К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ СБОЙНЫХ ОШИБОК НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ НАДЕЖНОСТЬ



$$\Delta a > \Delta a^*; \Delta b > \Delta b^*$$

Типовая передаточная характеристика цифровой интегральной схемы

К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ СБОЙНЫХ ОШИБОК НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ НАДЕЖНОСТЬ

ЭЛЕМЕНТ **ИЛИ** НА ДВА ВХОДА

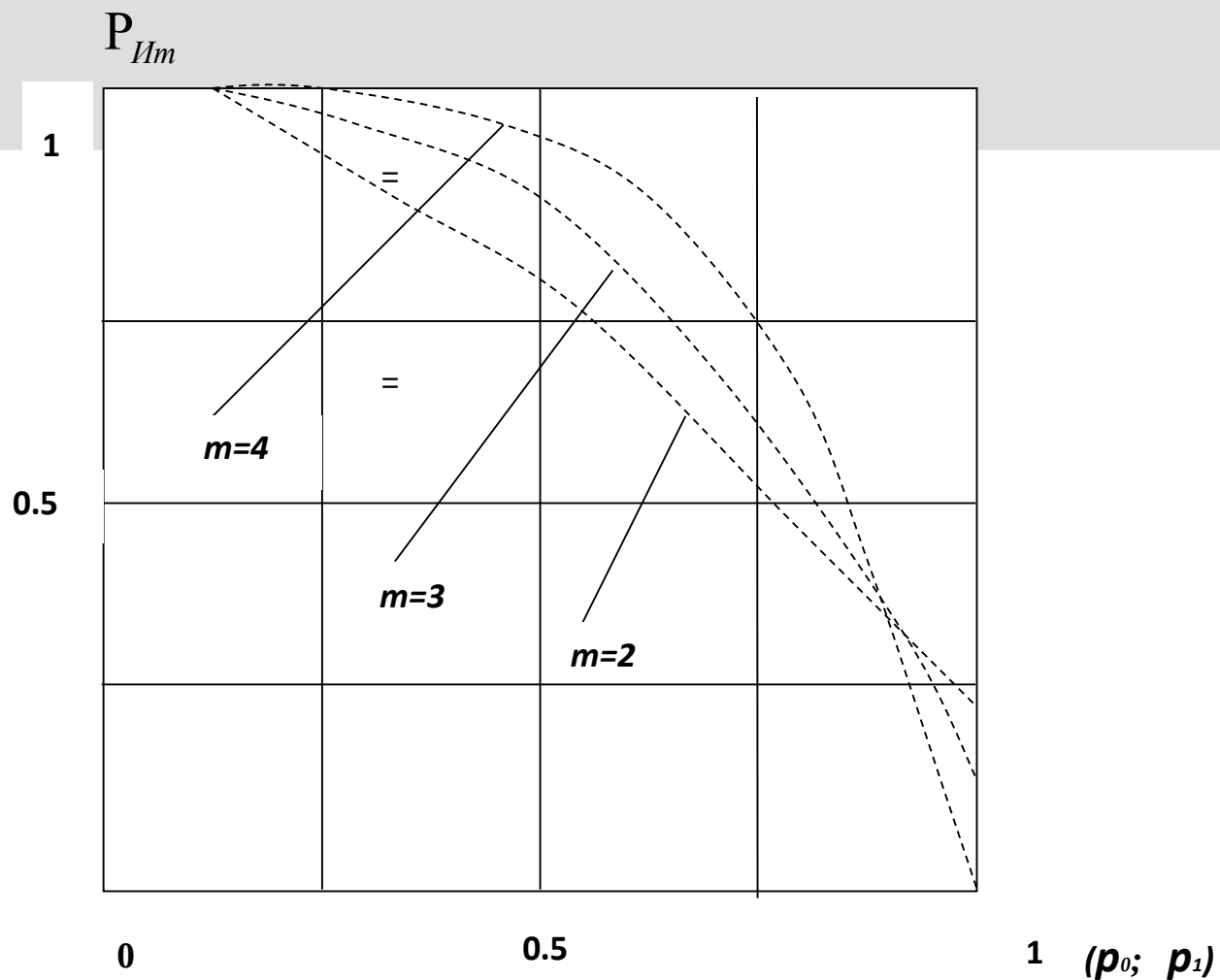
x_1	x_2	y	G_{x_j}	$P(l_i), i=1,2,3,4$	$P_{ИЛИ2}$
0	0	0	$p_0 p_0$	$P(l_{00}) = \beta\beta = \beta^2$	$P_{0,0} = G_{0,0}\beta^2 = p_0^2\beta^2$
0	1	1	$p_0 p_1$	$P(l_{01}) = \beta q + \bar{\beta}q + \bar{\beta}\bar{q} = 1 - \beta\bar{q}$	$P_{0,1} = p_0 p_1 (1 - \beta\bar{q})$
1	0	1	$p_0 p_1$	$P(l_{10}) = 1 - \beta\bar{q}$	$P_{1,0} = p_1 p_0 (1 - \beta\bar{q})$
1	1	1	$p_1 p_1$	$P(l_{11}) = 1 - (1 - q)^2$	$P_{1,1} = p_1^2 [1 - (1 - q)^2]$

$$P_{ИЛИ2} = P_{0,0ИЛИ} + P_{0,1ИЛИ} + P_{1,0ИЛИ} + P_{1,1ИЛИ}$$

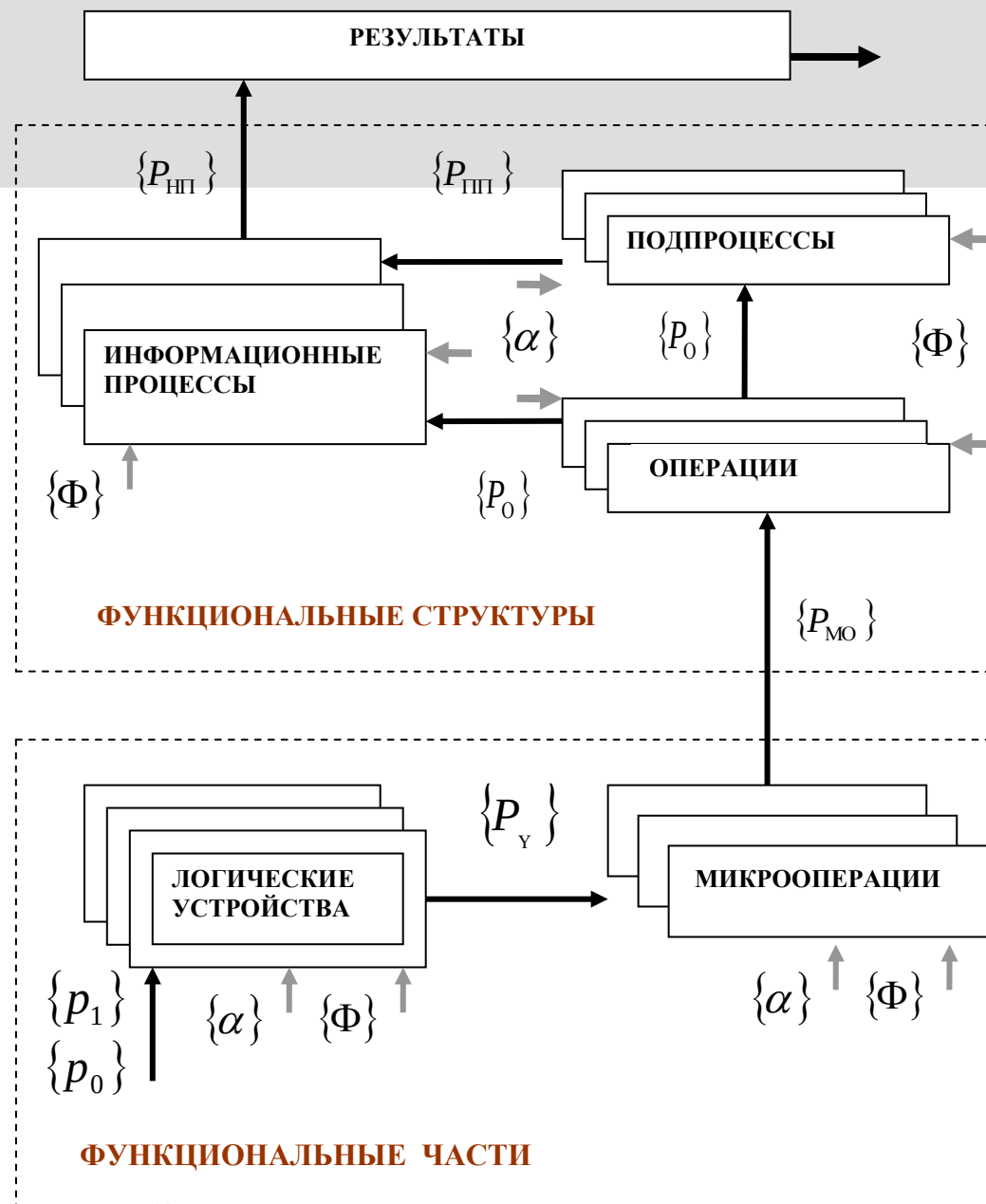
ЭЛЕМЕНТ **И** НА ДВА ВХОДА

x_1	x_2	y	G_{x_j}	$P(l_i), i=1,2,3,4$	$P_{И2}$
0	0	0	$p_0 p_0$	$P(l_{00}) = 1 - (1 - \beta)^2$	$P_{0,0} = G_{0,0}\beta^2 = p_0^2 [1 - (1 - \beta)^2]$
0	1	0	$p_0 p_1$	$P(l_{01}) = 1 - q(1 - \beta)$	$P_{0,1} = p_0 p_1 [1 - q(1 - \beta)]$
1	0	0	$p_1 p_0$	$P(l_{10}) = 1 - q(1 - \beta)$	$P_{1,0} = p_1 p_0 [1 - q(1 - \beta)]$
1	1	1	$p_1 p_1$	$P(l_{11}) = q^2$	$P_{1,1} = p_1^2 q^2$

$$P_{И2} = P_{0,0И} + P_{0,1И} + P_{1,0И} + P_{1,1И}$$



Зависимость надежности элементов I (---) от числа входов m и вероятностей p_0 и p_1 при $q = \beta = 0.5$.



К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ СБОЙНЫХ ОШИБОК НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ НАДЕЖНОСТЬ

ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СБОЙНЫХ ОШИБОК

Вероятность правильного выполнения информационного процесса оценивается по

следующей формуле: $\hat{P}_{\Pi} = \prod_{i=1}^n P_{Oi}^{\overline{M}v_i}$,

где $i = 1, 2, \dots, n$; n - число разновидностей операций в процессе.

Пример. Оценить вероятность правильного однократного выполнения информационного процесса, среднее время реализации которого в системе составляет $\overline{t}_{\Pi} = 1\text{мс}$ при исходных данных табл. 1 и при условии однократного выполнения каждого составного процесса.

1. Рассчитывают среднее время выполнения составного процесса

$$\overline{t}_{\Pi\Pi} = \overline{t}_{\Pi} / 3 = 0.33\text{мс}.$$

2. Определяют искомую вероятность

$$\ln \hat{P}_{\Pi} = \frac{\overline{t}_{\Pi}}{\overline{t}_{\Pi\Pi}} \sum_{i=1}^3 v_i \ln P_{\Pi\Pi i} = 3 \cdot [0.1 \cdot \ln(1 - 4 \cdot 10^{-8}) + 0.4 \cdot \ln(1 - 8 \cdot 10^{-9}) + 0.5 \cdot \ln(1 - 3 \cdot 10^{-9})];$$

$$\hat{P}_{\Pi} = 1 - 2.6 \cdot 10^{-8}.$$

$$\ln \hat{P}_{\Pi} = \frac{\overline{t}_{\Pi}}{\overline{t}_O} \sum_{i=1}^n v_i \ln P_{Oi} \quad \overline{t}_O = \sum_{i=1}^n v_i \overline{t}_{Oi}$$

Таблица 1. Исходные данные к примеру II. 5.1.

Параметры	Вероятность правильного выполнения процесса (P_{Π})	Частота использования в программе (v)
Номер процесса		
Первый	$1 - 4 \cdot 10^{-8}$	0.1
Второй	$1 - 8 \cdot 10^{-9}$	0.4
Третий	$1 - 3 \cdot 10^{-9}$	0.5

Для ряда систем есть возможность прогнозировать вероятности правильного выполнения различных типов операций по следующей формуле:

$$\ln P_{Oi} = n_{1i} \ln P_{\text{СИС}} + n_{2i} P_{\text{БИС}} + n_{3i} P_{\text{СБИС}},$$

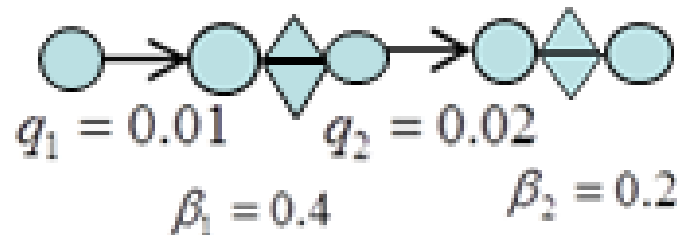
К ОЦЕНКЕ ОШИБОК ВО ВХОДНЫХ ДАННЫХ

Оценка вероятности ошибки в результатах обработки данных

ПРИМЕР 1 Определить вероятность наличия ошибки на выходе информационной цепи, содержащей две последовательные операции обработки, если после каждой операции обработки следует операция однократного комплексного контроля с идеальным исправлением обнаруженных ошибок.

Исходные данные: $q_1 = 0.01$ $q_2 = 0.02$ $\beta_1 = 0.4$ $\beta_2 = 0.2$

РЕШЕНИЕ.



$$Q_{\Sigma} = [1 - (1 - q_1 \beta_1)(1 - q_2)] \beta_2 \approx q_1 \beta_1 \beta_2 + q_2 \beta_2 = 4.8 \cdot 10^{-3}$$

Оценка вероятности ошибки в результатах обработки данных методом информационных цепей Г. В. Дружинина

К ОЦЕНКЕ ОШИБОК ВО ВХОДНЫХ СООБЩЕНИЯХ

ПРИМЕР

Сообщение от ЦП к ЛП в системе диспетчерской централизации представляет собой n последовательно передаваемых бит информации.

Предполагается, что канал биномиальный, т.е. вероятность k ошибок на длине сообщения n определяется как

$P(k, n) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$ где p – вероятность ошибки на бит; $m = 96 + 8N$ – длина блока информационных бит; $n = 112 + 8N$ – длина всего сообщения в битах; N – количество байт данных сообщения; 16 – количество контрольных бит (код CRC);

При приеме сообщения должен быть реализован информационный процесс, включающий следующие информационные процессы: 1. проверка правильности типа пакета; 2. определение адреса отправителя; 3. определение адреса получателя; 4. проверка длины сообщения; 5. проверка правильности контрольных бит (проверка контрольной суммы).

Эти процессы в соответствии с уровнями иерархии упорядочиваются таким образом:

1-5; 2-4; 3-3; 4-2; 5-1. При приеме сообщения вначале выполняется процесс 5 (1), затем 4(2), затем 3, затем 2(4), затем 1(5). Вероятность ошибки (трансформации) всего сообщения:

$$G_{\tilde{N}} = \prod_{i=0}^4 G_i \approx \left(1 - \frac{1}{2^{16}} \sum_{i=r+1}^n C_n^i p^i (1-p)^{n-i}\right) \prod_{j=1}^4 \frac{2^{16} + 1 - K_j}{2^{16}}$$

Данное выражение получено в предположении, что вероятность $1 - (1-p)^{16} \approx 1$

К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА- ОПЕРАТОРА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ НАДЕЖНОСТЬ

Вероятности ошибок человека – оператора (пример)

Класс оператора в	Вид ошибки	Вероятность Ошибки
Оператор – технолог	<i>Ошибки считывания информации</i>	
	Одинарного алфавитно – цифрового знака	$2 \cdot 10^{-4}$
	5- буквенного слова при хорошем различении	$3 \cdot 10^{-4}$
	Проверочного списка или цифрового показания	$1 \cdot 10^{-3}$
	Аналогового индикатора	$5 \cdot 10^{-3}$
	10-значного числа	$6 \cdot 10^{-3}$
	<i>Неисполнение отдельного требования при наличии памятки (инструкции) на рабочем месте</i>	10^{-3}
	То же при отсутствии памятки и содержании в инструкции до 10 требований более 10 требований	$3 \cdot 10^{-3}$ 10^{-2} $5 \cdot 10^{-3}$

К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА- ОПЕРАТОРА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ НАДЕЖНОСТЬ

Пример. Оператор – технолог участвует в выполнении в системе информационного процесса. Работа требует внимания, рутинная. Временная напряженность – 20с. Оператор средней квалификации. Режим работы нормальный, эргономика удовлетворительная. Требуется определить вероятность безошибочной работы оператора.

Решение.

По таблице находят численные значения актуальных факторов:

Длительность (требует внимания) – 0.01;

Временная напряженность (20Р) – 0.5;

Оператор (средняя квалификация) – 1;

Трудности (нормальный режим) – 1;

Эргономика (удовлетворительная) – 5.

Перемножая приведенные численные значения актуальных факторов, находим прогноз ошибки оператора $Q=0.025$ и вероятность его однократной безошибочной работы

$$P_{\text{оп}} \leq P_2 = 1 - Q = 0.975.$$

Таблица. Исходные данные в методе TESEO

Факторы	Численные значения
Деятельность	
Простая	0.001
Требующая внимания	0.01
Не рутинная	0.1
Временная напряженность (в единицах времени)	
2Р ИЛИ 3НР (2 единицы рутинная или 3 единицы не рутинная)	10
10Р ИЛИ 30НР	1
20Р	0.5
45НР	0.3
60НР	0.1
Оператор	
Квалифицированный специалист	0.5
Средней квалификации	1
Слабо подготовленный	3
Трудности	
Аварии	3
Возможность аварии	2
Нормальный режим	1
Эргономика (условия взаимодействия оператора с системой)	
Отличная	0.7
Хорошая	1
Удовлетворительная	3-7
Очень плохая	10

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ

Вероятность безошибочного выполнения процесса

$$P_i = \prod_{j=0}^{m_i-1} P_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad m_i \in M,$$

m_i - количество уровней иерархии при выполнении i - го процесса; P_{ij} - вероятность безошибочного выполнения процесса j - го уровня иерархии в составе данного процесса; n - количество процессов, выполняемых в ИС в текущий момент времени; M - конечное множество возможных процессов, выполняемых в информационной системе

Поток заявок на выполнение данного информационного процесса регулярный с интервалом времени между заявками T . Вероятность безошибочного выполнения информационного процесса при данном условии задается следующим выражением:

$$P_i(T, 2T, \dots, nT) = P_i^n, \quad \text{где } n = 1, 2, \dots, j, \dots$$

При этих обстоятельствах случайная величина ошибки моделируется геометрическим распределением с математическим ожиданием времени до наступления ошибки

$$T_i(n) = \frac{T(1 - P_i^n)}{1 - P_i}.$$

При большом количестве реализаций процесса ($n \rightarrow \infty$) формула преобразуется к виду

$$T_i(\infty) = T_i = \frac{T}{G_i}$$

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ

Поток заявок на выполнение данного информационного процесса случайный I

моделируется в виде простейшего потока с интенсивностью Ω_i .

Вероятность безошибочного выполнения информационного процесса в течение времени t задается следующим выражением:

$$P_i(t) = \sum_{n=0}^{\infty} P_i(n, t) P_i^n = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\Omega_i t)^n}{n!} e^{-\Omega_i t} P_i^n = \exp(-\Omega_i G_i t)$$

средняя наработка до ошибки в выполнении процесса вычисляется по формуле:

$$T_i = \int_0^{\infty} \exp(-\Omega_i (1 - P_i) t) dt = \frac{1}{\Omega_i G_i}$$

условия трансформации ошибки в частичный функциональный отказ
формализуются в виде вероятности сложного события

условная вероятность трансформации ошибки в частичный функциональный отказ может
быть описана следующим выражением

$$g_{i\Phi\Phi} = P\{(R_i \notin R) \vee (\delta_i > \delta_{\text{ДОП}}) \vee (\tau_i > \tau_{\text{ДОП}})\}.$$

$$g_{i\Phi\Phi} = g_{i1} \vee g_{i2} \vee g_{i3} = g_{i1} + g_{i2} + g_{i3}.$$

вероятность частичного функционального отказа информационной системы равна

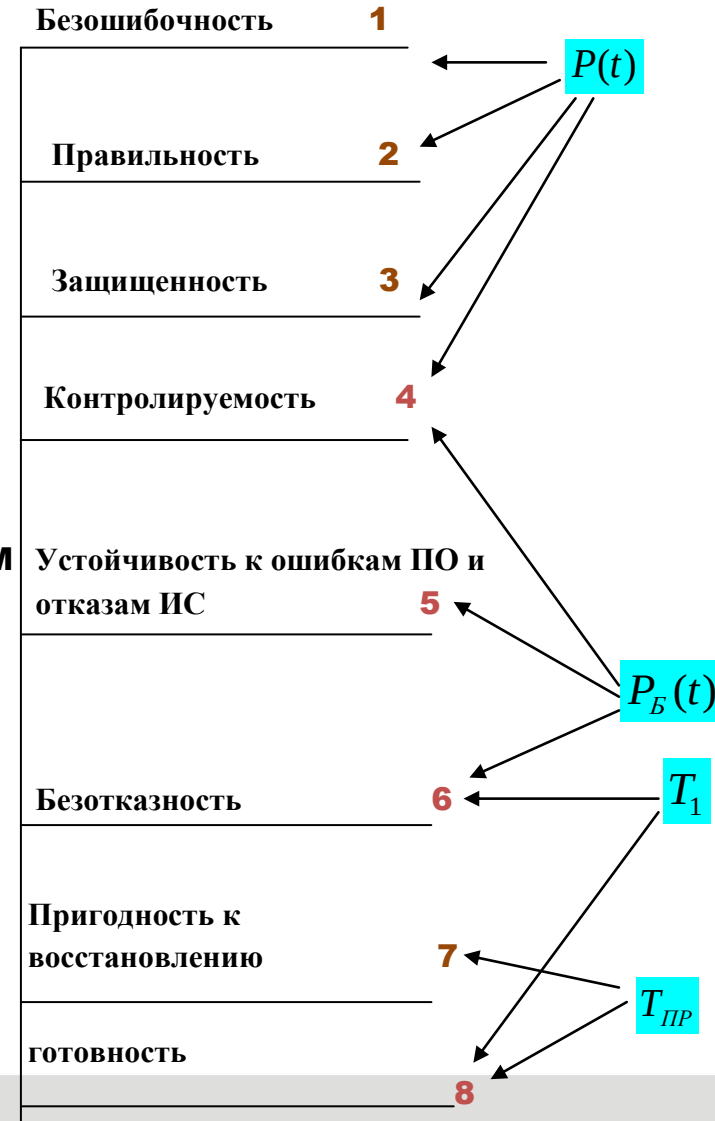
$$G_{i\Phi} = (1 - P_i) g_{i\Phi\Phi} = G_i g_{i\Phi\Phi}.$$

СВОЙСТВА И ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММ

Свойства

Показатели

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ ПРОГРАММ



ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММ

❑ Вероятность безошибочного выполнения программы - P

❑ Вероятность отсутствия ошибки в результатах выполнений программы в течение заданного времени

$$P(t) = 1 - \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\gamma t} \sum_{k=na}^{na+a-1} (\gamma \cdot t)^k / k! \cdot [1 - (P \cdot P_{\Pi})^n]$$

$$\gamma = M / D; a = M^2 / D \quad P(t) \approx \exp[-\gamma \cdot (1 - \sqrt[n]{P \cdot P_{\Pi}}) \cdot t]$$

❑ Вероятность отсутствия частичных функциональных отказов в работе системы при выполнении программы в течение заданного времени

$$P_{\Phi}(t) = P(t)g_{\Phi T}$$

$$g_{\Phi T} = P\{(R \notin R) \vee (\delta > \delta_{\text{доп}}) \vee (\tau > \tau_{\text{доп}})\}$$

❑ Вероятность отсутствия частичных функциональных отказов в работе отказоустойчивой системы

$$P_B(t) = P(A) + P(B) = P_{\text{оо}}(t)[1 - G(t)g_{\Phi T} + G(t)g_{\Phi T}\alpha \cdot \beta]$$

❑ Среднее время между частичными функциональными отказами информационной системы относительно данной программы

$$T = \int_0^{\infty} P_B(t)dt = T_1 + T_2$$

ПРИМЕР

На этапе отладки проведено тестирование программы. Результаты тестирования приведены в таблице. Известно, что программа в составе информационной системы предназначена для формирования команд управления подчиненным объектом в реальном масштабе времени. Заявки на выполнение программы поступают с интенсивностью $\gamma = 3600$ 1/ч при условии простейшего потока заявок. Вероятность трансформации проявленной ошибки программы в функциональный отказ составляет $g_{\phi T} = 0.01$. Предполагается, что интенсивность отказов средств обеспечения отказоустойчивости системы составляет $\lambda_{oo} = 10^{-6} \frac{1}{ч}$. Также задано, что вероятность правильного обнаружения отказов оценивается на уровне $\alpha = 0.99$, а вероятность успешного парирования обнаруженного функционального отказа - $\beta = 0.95$. Среднее время простоя информационной системы вследствие устранения ошибки программы равно $\tau = 2.5$ ч.

Требуется рассчитать показатели функциональной надежности программы при заданном времени работы системы 8ч в предположении отсутствия сбойных ошибок, а также в предположении, что при исправлении обнаруженных ошибок новые дефекты не вносятся в программу.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРИМЕРУ

Номер этапа тестирования	Длительность этапа тестирования [ч]	Количество выявленных ошибок программы
1	12	2
2	11	3
3	12	1
4	8	0
5	10	0
6	11	1
7	12	2
8	13	0
9	9	0
10	10	1

ПРИМЕР

- Определяют первоначальное количество N и интенсивность проявления ошибок в программе по формулам Шумана:

$$\sum_{j=1}^k m_j \cdot \frac{\sum_{j=1}^k t_j}{\sum_{j=1}^k \frac{m_j}{N - n_{j-1}}} = \sum_{j=1}^k (N - n_{j-1}) t_j \quad \text{где } N \text{ — неизвестное число, } k=10, m \text{ и } n \text{ заданы в табл.,}$$

$$n_j = m_1 + m_2 + \dots + m_j \quad \text{По данным табл. путем подбора находят } N=11.$$

интенсивность ошибок программы

$$\lambda = C(N - n_k) = \frac{\sum_{j=1}^k \frac{m_j}{N - n_{j-1}}}{\sum_{j=1}^k t_j} (N - n_k) = 0.017 \frac{1}{ч}$$

- Вероятность правильного однократного выполнения программы после ее отладки

$$P = (1 - \frac{\lambda}{\gamma}) / P_{\Pi} = (1 - \frac{0.017}{3600}) / 1 = 1 - 4.75 \cdot 10^{-6}$$

$$\lambda = \gamma(1 - PP_{\Pi}) \quad , \text{ так как в условиях задачи принято, что сбойные ошибки отсутствуют.}$$

$$P_{\Pi} = 1$$

ПРИМЕР

- Вероятность отсутствия ошибки в результатах выполнения программы в течение заданного времени $t = 8ч$

$$P(t) = \exp(-\lambda t) = \exp(-8 \cdot 0.017) \approx 0.86$$

- Среднее время до ошибки программы

$$T = \frac{1}{\lambda(1-P)} = \frac{1}{0.017} = 58.82ч$$

- Вероятность отсутствия отказов в работе информационной системы при выполнении программы в течение заданного времени $t = 8ч$

$$\begin{aligned} P_B(t) &= \exp(-\lambda_{OO}t)[1 - (1 - \alpha\beta)g_{\phi T}(1 - \exp(-\lambda t))] \\ &= 1 - 0.88 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

- Среднее время до частичного функционального отказа отказоустойчивой информационной системы

$$\begin{aligned} T_O &= \frac{1 - g_{\phi T}(1 + \alpha\beta)}{\lambda_{OO}} + \frac{g_{\phi T}(1 + \alpha\beta)}{\lambda + \lambda_{OO}} = \\ &= \frac{1 - 0.01 \cdot (1 + 0.99 \cdot 0.95)}{10^{-6}} + \frac{0.01 \cdot (1 + 0.99 \cdot 0.95)}{0.017 + 10^{-6}} = 9.8 \cdot 10^5 ч \end{aligned}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Функциональная надежность есть составная часть общей теории надежности.
- Предмет функциональной надежности - исследование безошибочности выполняемых услуг (действий, процессов, функций), оказываемых потребителю.
- Функциональная надежность не предназначена для исследования всех этапов жизненного цикла объекта - этот раздел надежности предназначен для изучения кратковременных одиночных процессов или совокупности этих процессов, реализуемых через детерминированные или случайные отрезки времени
- Функциональная надежность не связана с техническим обслуживанием и ремонтом техники.
- Теория функциональной надежности пригодна как для информационных систем, систем и сетей передачи информации, так и для исследования различных технологических процессов