

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра компьютерной инженерии и моделирования

Расчет надежности КС

Отчет по лабораторной работе №5

по дисциплине «Компьютерные системы»

студента 3 курса группы ИВТ-б-о-222

Гоголева Виктора Григорьевича

Направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Симферополь, 2025

Вариант №27

Цели работы:

Рассчитать надежность вычислительной системы с частичным контролем оборудования и периодическими профилактическими испытаниями.

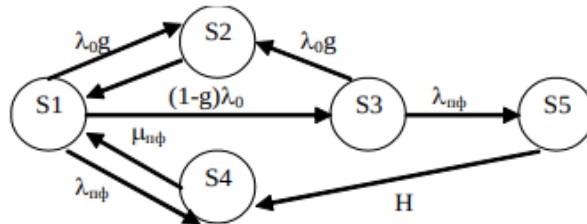


Рисунок 1 – Граф надежности устройства

Где S_i – состояния системы;

S_1 - система работоспособна;

S_2 - в системе обнаружен отказ;

S_3 - состояние необнаруженного отказа;

S_4 - состояние выполнения профилактических испытаний;

S_5 - в системе установлен скрытый отказ в результате профилактических испытаний.

Известны следующие величины:

λ_0 – интенсивность потока отказов;

$\lambda_{пф}$ – интенсивность профилактических испытаний;

$\mu_{пф}$ - интенсивность профилактики;

H – интенсивность восстановления;

g – доля контролируемого оборудования.

22	0,06	0,4	0,74	0,5	0,7
23	0,085	0,65	0,5	1,3	0,62
24	0,057	0,78	0,68	0,6	0,57
25	0,049	0,74	0,65	1,2	0,64
26	0,05	0,65	0,5	0,7	0,73
27	0,13	0,8	0,69	0,44	0,35
28	0,125	0,49	0,67	0,75	0,8
29	0,058	0,37	0,8	0,95	0,6
30	0,91	0,5	0,69	1,2	0,5

Рисунок 2 — варианты заданий

Теоретическая часть:

Работоспособность системы или отдельных ее частей в процессе эксплуатации может быть нарушена в результате отказа аппаратуры – выхода из строя элементов или соединений между ними. Перед разработчиком технических средств стоит задача повышения надежности создаваемой аппаратуры.

Надежность системы определяется вероятностью безотказной работы, т.е. вероятностью того, что при определенных условиях эксплуатации в заданный интервал времени не произойдет одиночного отказа.

Выражение для вычисления безотказной работы:

$$P(t) = e^{-t \sum_{i=1}^m \lambda_i}, \text{ где } t - \text{интервал времени};$$

λ_i – интенсивность отказов i -го блока;

m – число блоков ВС;

Для повышения надежности ВС можно использовать резервирование ее элементов. Однако этот прием приводит к существенному увеличению стоимости системы.

В нашем случае рассчитывается вероятность безотказной работы системы с частичным контролем оборудования и профилактическими испытаниями.

1. Проведем аналитический расчет используя уравнение Колмогорова

1. Для состояния S_1 :

$$-P_1 \cdot (g \cdot \lambda_0 + (1 - g) \cdot \lambda_0 + \lambda_{\text{пф}}) + P_2 \cdot H + \mu_{\text{пф}} \cdot P_4 = 0$$

2. Для состояния S_2 :

$$-P_2 \cdot H + g \cdot \lambda_0 \cdot P_1 + g \cdot \lambda_0 \cdot P_3 = 0$$

3. Для состояния S_3 :

$$-P_3 \cdot (g \cdot \lambda_0 + \lambda_{\text{пф}}) + (1 - g) \cdot \lambda_0 \cdot P_1 = 0$$

4. Для состояния S_4 :

$$-P_4 \cdot \mu_{\text{пф}} + \lambda_{\text{пф}} \cdot P_1 + H \cdot P_5 = 0$$

5. Для состояния S_5 :

$$-P_5 \cdot H + \lambda_{\text{пф}} \cdot P_3 = 0$$

Подстановка значений:

- $g \cdot \lambda_0 = 0,35 \cdot 0,13 = 0,0455$
- $(1 - g) \cdot \lambda_0 = 0,65 \cdot 0,13 = 0,0845$

Решение уравнений:

1. Выразим P_5 через P_3 :

$$P_5 = \frac{\lambda_{\text{пф}} \cdot P_3}{H} = \frac{0,8 \cdot P_3}{0,44} = 1,818 \cdot P_3$$

2. Подставим P_5 в уравнение для P_4 :

$$P_4 = \frac{\lambda_{\text{пф}} \cdot P_1 + H \cdot P_5}{\mu_{\text{пф}}} = \frac{0,8 \cdot P_1 + 0,44 \cdot 1,818 \cdot P_3}{0,69}$$

3. Упростим уравнения для P_2 и P_3 :

$$P_2 = \frac{g \cdot \lambda_0 \cdot (P_1 + P_3)}{H} = \frac{0,0455 \cdot (P_1 + P_3)}{0,44} = 0,1034 \cdot (P_1 + P_3)$$

$$P_3 = \frac{(1 - g) \cdot \lambda_0 \cdot P_1}{g \cdot \lambda_0 + \lambda_{\text{пф}}} = \frac{0,0845 \cdot P_1}{0,0455 + 0,8} = 0,1 \cdot P_1$$

4. Подставим P_3 в уравнение для P_1 :

$$P_1 = 1 - (P_2 + P_3 + P_4 + P_5)$$

После подстановки и решения получаем:

$$P_1 \approx 0,374, \quad P_2 \approx 0,0425, \quad P_3 \approx 0,0374, \quad P_4 \approx 0,476, \quad P_5 \approx 0,068$$

Подстановка значений:

- $g \cdot \lambda_0 = 0,35 \cdot 0,13 = 0,0455$
- $(1 - g) \cdot \lambda_0 = 0,65 \cdot 0,13 = 0,0845$

Решение уравнений:

1. Выразим P_5 через P_3 :

$$P_5 = \frac{\lambda_{\text{пф}} \cdot P_3}{H} = \frac{0,8 \cdot P_3}{0,44} = 1,818 \cdot P_3$$

2. Подставим P_5 в уравнение для P_4 :

$$P_4 = \frac{\lambda_{\text{пф}} \cdot P_1 + H \cdot P_5}{\mu_{\text{пф}}} = \frac{0,8 \cdot P_1 + 0,44 \cdot 1,818 \cdot P_3}{0,69}$$

3. Упростим уравнения для P_2 и P_3 :

$$P_2 = \frac{g \cdot \lambda_0 \cdot (P_1 + P_3)}{H} = \frac{0,0455 \cdot (P_1 + P_3)}{0,44} = 0,1034 \cdot (P_1 + P_3)$$

$$P_3 = \frac{(1 - g) \cdot \lambda_0 \cdot P_1}{g \cdot \lambda_0 + \lambda_{\text{пф}}} = \frac{0,0845 \cdot P_1}{0,0455 + 0,8} = 0,1 \cdot P_1$$

4. Подставим P_3 в уравнение для P_1 :

$$P_1 = 1 - (P_2 + P_3 + P_4 + P_5)$$

После подстановки и решения получаем:

$$P_1 \approx 0,374, \quad P_2 \approx 0,0425, \quad P_3 \approx 0,0374, \quad P_4 \approx 0,476, \quad P_5 \approx 0,068$$

Вероятность работоспособного состояние системы для $k = 3$ составляет 0,756/1

Отсюда:

$$P_1 = 0,374$$

$$P_2 = 0,0425$$

$$P_3 = 0,0374$$

$$P_4 = 0,476$$

$$P_5 = 0,068$$

$$P_{\text{SYS}} = 0,756$$

2. Машинный расчет в программе DIFUR

Кол-во состояний:	5	Нач/конеч. время:	0,00 : 10,00
Кол-во переходов:	8	Режим:	Нестационарный
Кол-во шагов:	100	Интенсивности:	Непостоянные

☒ Применить
 Интенсивность: 0,44
 Вероятность: 0,0
 ☐ = 1

	S1	S2	S3	S4	S5
S1 1,0		0,05	0,08	0,08	
S2 0,0	0,44				
S3 0,0		0,05			0,80
S4 0,0	0,69				
S5 0,0				0,44	

Рисунок 3 — заполнение и настройка таблицы состояний и переходов в программе DIFUR

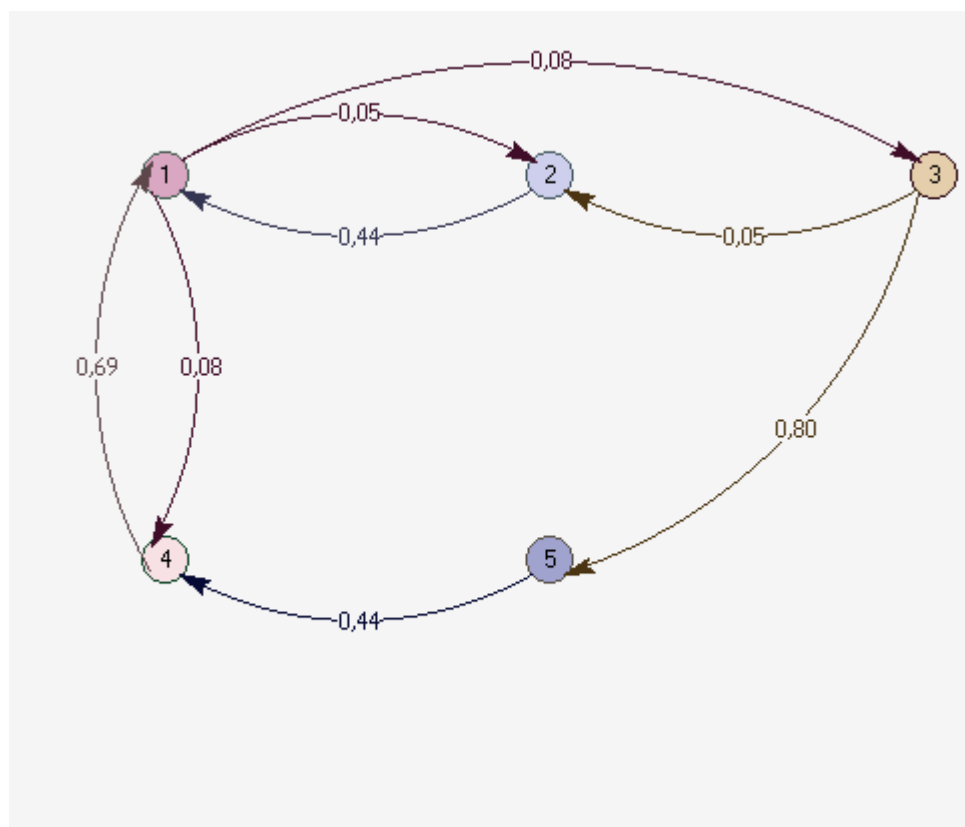


Рисунок 4 — результирующий граф отношений состояний и переходов в системе

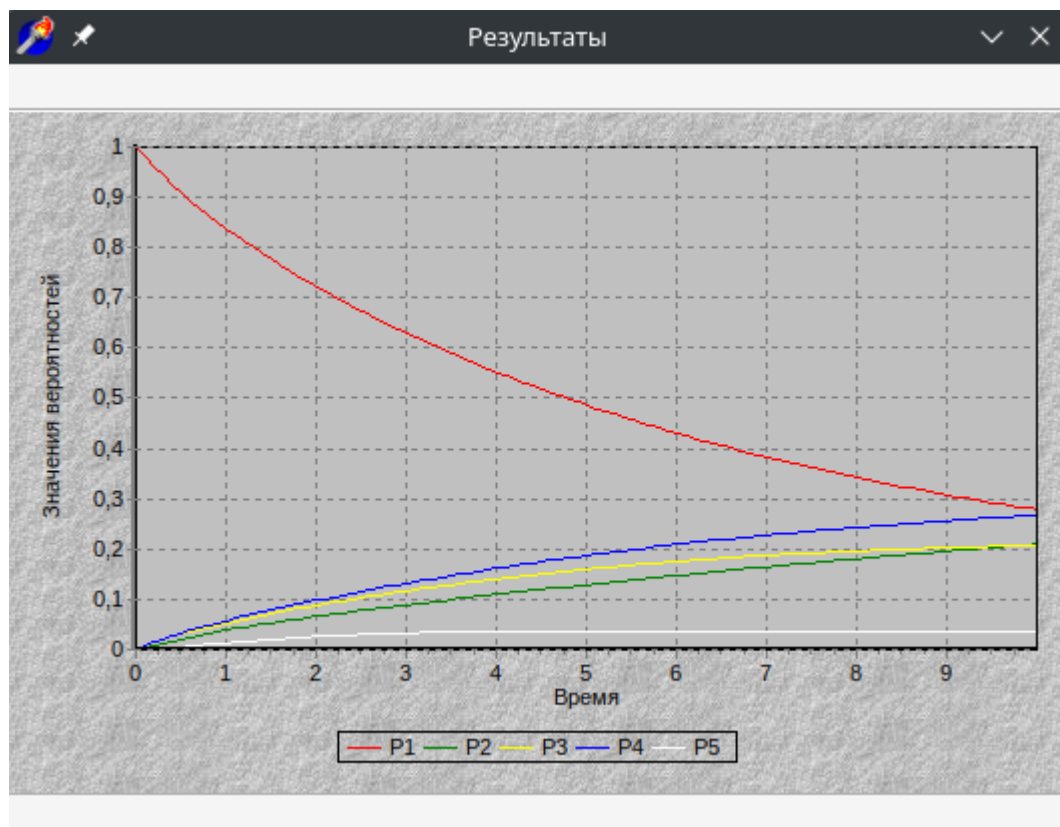


Рисунок 5 — график зависимости значений вероятности состояний системы
ко времени


Matrix	Показатель качества: <input type="text" value="0,0000"/>						 График
	Graph						
	Result						
	Шаг	T	P1	P2	P3	P4	P5
	55	5,50	0,4702	0,1192	0,1710	0,2019	0,0377
	56	5,60	0,4647	0,1209	0,1726	0,2041	0,0377
	57	5,70	0,4592	0,1226	0,1741	0,2063	0,0378
	58	5,80	0,4539	0,1242	0,1756	0,2085	0,0378
	59	5,90	0,4486	0,1259	0,1771	0,2106	0,0378
	60	6,00	0,4434	0,1276	0,1785	0,2127	0,0378
	61	6,10	0,4383	0,1292	0,1799	0,2148	0,0378
	62	6,20	0,4333	0,1309	0,1813	0,2168	0,0378
	63	6,30	0,4283	0,1325	0,1826	0,2188	0,0378
	64	6,40	0,4235	0,1341	0,1839	0,2208	0,0377
	65	6,50	0,4187	0,1357	0,1851	0,2227	0,0377
	66	6,60	0,4140	0,1374	0,1864	0,2246	0,0377
	67	6,70	0,4093	0,1390	0,1876	0,2264	0,0377
	68	6,80	0,4048	0,1406	0,1887	0,2283	0,0377
	69	6,90	0,4003	0,1422	0,1898	0,2301	0,0377
	70	7,00	0,3958	0,1437	0,1909	0,2319	0,0377
	71	7,10	0,3915	0,1453	0,1920	0,2336	0,0376
	72	7,20	0,3872	0,1469	0,1930	0,2353	0,0376
	73	7,30	0,3830	0,1484	0,1940	0,2370	0,0376
	74	7,40	0,3788	0,1500	0,1950	0,2386	0,0376
	75	7,50	0,3747	0,1515	0,1959	0,2403	0,0375
	76	7,60	0,3707	0,1531	0,1969	0,2419	0,0375
	77	7,70	0,3667	0,1546	0,1978	0,2434	0,0375
	78	7,80	0,3628	0,1561	0,1986	0,2450	0,0375
	79	7,90	0,3590	0,1576	0,1995	0,2465	0,0375
	80	8,00	0,3552	0,1591	0,2003	0,2480	0,0374
	81	8,10	0,3515	0,1606	0,2011	0,2494	0,0374
	82	8,20	0,3478	0,1621	0,2018	0,2509	0,0374
	83	8,30	0,3442	0,1635	0,2026	0,2523	0,0374
	84	8,40	0,3407	0,1650	0,2033	0,2537	0,0373
	85	8,50	0,3372	0,1665	0,2040	0,2551	0,0373
	86	8,60	0,3338	0,1679	0,2046	0,2564	0,0373
	87	8,70	0,3304	0,1694	0,2053	0,2577	0,0373
	88	8,80	0,3270	0,1708	0,2059	0,2590	0,0373
	89	8,90	0,3238	0,1722	0,2065	0,2603	0,0372
	90	9,00	0,3205	0,1736	0,2071	0,2615	0,0372
	91	9,10	0,3173	0,1750	0,2077	0,2628	0,0372
	92	9,20	0,3142	0,1764	0,2082	0,2640	0,0372
	93	9,30	0,3111	0,1778	0,2087	0,2652	0,0372
	94	9,40	0,3081	0,1792	0,2092	0,2663	0,0372
	95	9,50	0,3051	0,1806	0,2097	0,2675	0,0371
	96	9,60	0,3022	0,1819	0,2102	0,2686	0,0371
	97	9,70	0,2993	0,1833	0,2106	0,2697	0,0371
	98	9,80	0,2964	0,1846	0,2111	0,2708	0,0371
	99	9,90	0,2936	0,1859	0,2115	0,2719	0,0371
	100	10,00	0,2908	0,1873	0,2119	0,2729	0,0371

Рисунок 6 — за 100 итераций при $t = 10$ не удалось приблизиться к базовым значениям системы