

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

Кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления

Отчет по лабораторной работе № 4
по дисциплине «Компьютерное моделирование»

Тема: «Моделирование надежности системы»

Выполнил: Ольховский Н. С., ИТА-123

Проверила: Самойлова Т. А.

Москва 2025

Задание

Вариант 13 представлен на рис. 1.

№	Среднее время наработки на отказ, тыс. час.										Заданное время работы, тыс. час.	Номера блоков			Число опытов
	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6	τ_7	τ_8	τ_9	τ_{10}	T_z				N_{op}
13	13	21	6	13	17	25	17	13	16	8	6	4	5	8	9

Рис. 1 – Задание

Схема изображена на рис. 2.

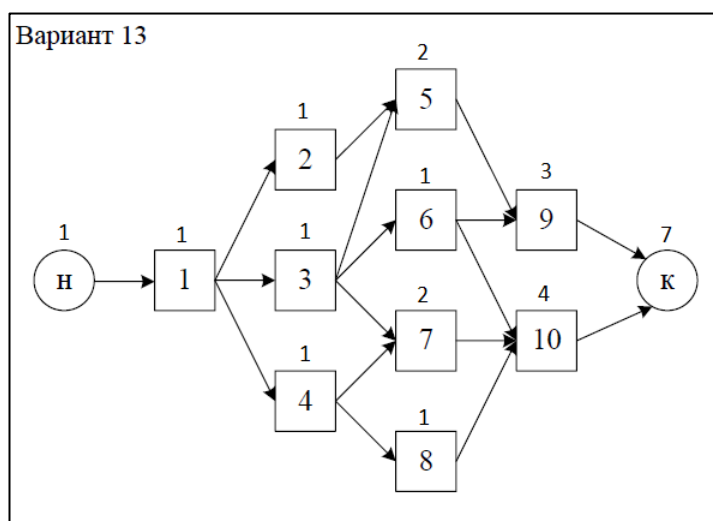


Рис. 2

Перечень возможных цепочек

- 1) 1-2-5-9
- 2) 1-3-5-9
- 3) 1-3-6-9
- 4) 1-3-6-10
- 5) 1-3-7-10
- 6) 1-4-7-10
- 7) 1-4-8-10

Текст программы

Ниже приведен текст программы моделирования надежности системы.

```
tic;
% заданные параметры
ts = [13e3; 21e3; 6e3; 13e3; 17e3; 25e3; 17e3; 13e3; 16e3; 8e3];
Tz = 6e3;
N = 9e4;
r = {[1,2,5,9], [1,3,5,9], [1,3,6,9], [1,3,6,10], [1,3,7,10], [1,4,7,10], [1,4,8,10]};
count = 0; T = zeros(N, 1);
for k = 1:N
    % генерация времен отказов компонентов
    t = exprnd(ts);
    tmin = zeros(length(r), 1);
    % расчет минимального времени для каждого пути
    for j = 1:length(r)
        components = r{j};
        tmin(j) = min(t(components));
    end
    % время отказа системы
    T(k) = max(tmin);
    % проверка на соответствие Tz
    if T(k) >= Tz
        count = count + 1;
    end
end
% расчёт
P = count / N;
Sr = mean(T);
Med = median(T);
[h, a] = hist(T, 137);
[~, nmax] = max(h);
if nmax == 1
    Mod = a(1) / 2;
else
```

```

Mod = (a(nmax-1) + a(nmax)) / 2;
end
% гистограмма
hist(T, 137);
title('Гистограмма времени наработки на отказ');
xlabel('Время');
ylabel('Частота');
Tm = toc;

```

Результаты выполнения

Гистограмма времени наработки на отказ системы изображена на рис. 3.

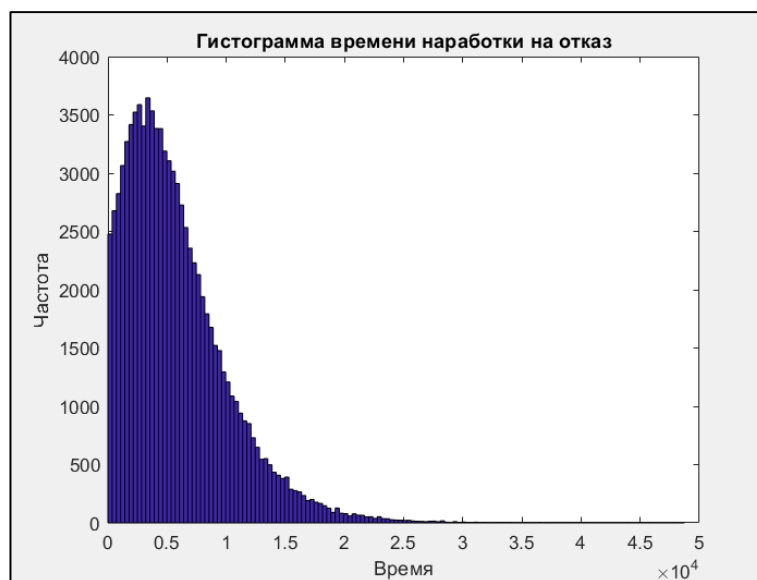


Рис. 3

На рис. 4 и в таблице 1 представлены результаты работы программы.

Workspace				
Name ^	Value	Min	Max	Mean
count	35828	35828	35828	35828
h	<i>1x137 double</i>	0	3240	656.9343
j	7	7	7	7
k	90000	90000	90000	90000
Med	4.9175e+03	4.9175e+03	4.9175e+03	4.9175e+03
Mod	3.5417e+03	3.5417e+03	3.5417e+03	3.5417e+03
P	0.3981	0.3981	0.3981	0.3981
Sr	5.8360e+03	5.8360e+03	5.8360e+03	5.8360e+03
T	<i>90000x1 double</i>	0.1732	4.4108e+04	5.8360e+03
Tm	2.0184	2.0184	2.0184	2.0184

Рис. 4

Таблица 1 – Результаты выполнения программы

Медиана	Мода	Среднее	P (надѐжность)
4917.4828	3541.6872	5835.9685	0.3981

Текст программы

Ниже приведен текст программы исследования зависимости времени наработки на отказ от среднего времени блока 4.

tic;

Nop = 9; % количество вариантов параметров

Nb = 10; % количество компонентов

Tz = 6e3; % заданное время работы

N = 10e4; % количество симуляций

ts = zeros(Nop, Nb);

for j = 1:Nop

 ts(j, :) = [13e3; 21e3; 6e3; 5e3*j; 17e3; 25e3; 17e3; 13e3; 16e3; 8e3];

end

r = {[1,2,5,9], [1,3,5,9], [1,3,6,9], [1,3,6,10], [1,3,7,10], [1,4,7,10], [1,4,8,10]};

len = length(r);

P = zeros(Nop,1);

Sr = zeros(Nop,1);

Med = zeros(Nop,1);

Mod = zeros(Nop,1);

T_all = zeros(N, Nop); % время наработки на отказ для каждой симуляции и варианта

for i = 1:Nop

 count = 0;

 T = zeros(N,1);

 for k = 1:N

 t = exprnd(ts(i, :));

```

tmin = zeros(len,1);
for m = 1:len
    tmin(m) = min(t(r{m}));
end
T(k) = max(tmin);
if T(k) >= Tz
    count = count + 1;
end
end
P(i) = count / N;
Sr(i) = mean(T);
Med(i) = median(T);
[h, a] = hist(T, 137);
[~, nmax] = max(h);
if nmax == 1
    Mod(i) = a(1) / 2;
else
    Mod(i) = (a(nmax-1) + a(nmax)) / 2;
end
T_all(:,i) = T;
end
figure;
plot(5e3*(1:Nop), P, '-o');
xlabel('Время наработки на отказ \tau_4');
ylabel('Вероятность работы системы P');
title('Зависимость вероятности работы системы от \tau_4');
grid on;
Tm = toc;

```

Результаты выполнения

График изображен на рис. 6.

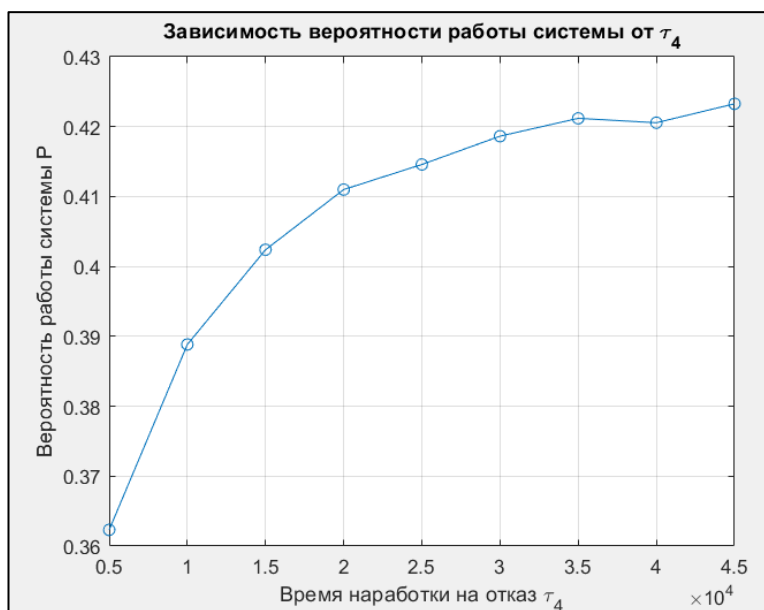


Рис. 6

Среднее время наработки на отказ системы, его медиана и мода, вероятность (P) того, что системы проработает не меньше, чем заданное время T_Z , представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Зависимость времени наработки на отказ от среднего времени блока 4

№ опыта	$\bar{\tau}_4$	P	Среднее	Медиана	Мода
1	5000	0,3589	5480	4577	2923
2	10000	0,3884	5722	4829	2382
3	15000	0,4049	5883	4981	2602
4	20000	0,4090	5952	5020	2733
5	25000	0,4143	6012	5058	3062
6	30000	0,4171	6056	5097	3847
7	35000	0,4226	6105	5131	3024
8	40000	0,4235	6122	5150	2951
9	45000	0,4261	6147	5170	2877

Время моделирования — 17.6248 секунд.

При увеличении среднего времени наработки на отказ блока 4 с 5000 до 45000 часов вероятность работы системы P возросла незначительно с 0,3589 до 0,4261, оставаясь ниже 50%. Это свидетельствует о том, что значительное улучшение надежности блока 4 имеет ограниченно небольшое влияние на общую вероятность безотказной работы системы в данной конфигурации.

Текст программы

Ниже приведены измененные фрагменты текста программы исследования зависимости времени наработки на отказ от среднего времени блока 5.

...

```
ts(j, :) = [13e3; 21e3; 6e3; 13e3; 5e3*j; 25e3; 17e3; 13e3; 16e3; 8e3];
```

...

Результаты выполнения

График изображен на рис. 7.

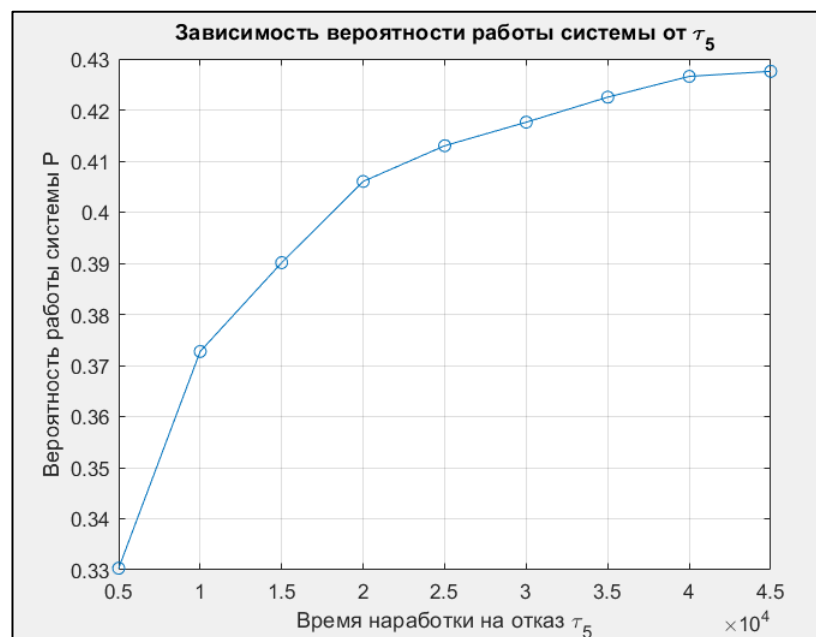


Рис. 7

Среднее время наработки на отказ системы, его медиана и мода, вероятность того, что системы проработает не меньше, чем заданное время T_Z , представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Зависимость времени наработки на отказ от среднего времени блока 5

№ опыта	$\bar{\tau}_5$	P	Среднее	Медиана	Мода
1	5000	0,3288	5099	4361	2626
2	10000	0,3730	5534	4714	2775
3	15000	0,3937	5763	4879	3341
4	20000	0,4073	5938	4992	2334
5	25000	0,4143	6046	5061	2671
6	30000	0,4196	6129	5096	2664
7	35000	0,4218	6174	5132	2881
8	40000	0,4258	6224	5152	2677
9	45000	0,4280	6262	5181	2853

Время моделирования — 19.2340 секунд.

Рост τ_5 с 5000 до 45000 часов привёл к увеличению вероятности P с 0,3288 до 0,4280. Значение увеличения вероятности работы системы сравнимо с прошлым опытом, что указывает на слабое влияние блока 5 на общую вероятность безотказной работы системы и невысокую критичность этого компонента для системы в данной конфигурации.

Текст программы

Ниже приведены измененные фрагменты текста программы исследования зависимости времени наработки на отказ от среднего времени блока 8.

...

```
ts(j, :) = [13e3; 21e3; 6e3; 13e3; 17e3; 25e3; 17e3; 5e3*j; 16e3; 8e3];
```

...

Результаты выполнения

График изображен на рис. 8.



Рис. 8

Среднее время наработки на отказ системы, его медиана и мода, вероятность того, что системы проработает не меньше, чем заданное время T_Z , представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Зависимость времени наработки на отказ от среднего времени блока 8

№ опыта	$\bar{\tau}_8$	Вероятность	Среднее	Медиана	Мода
1	5000	0,38917	5748	4843	3188
2	10000	0,39735	5821	4921	3202
3	15000	0,39931	5852	4930	2702
4	20000	0,40113	5874	4954	3542
5	25000	0,40200	5898	4934	3036
6	30000	0,40153	5886	4953	2766
7	35000	0,40538	5913	4971	2706
8	40000	0,40457	5901	4977	3361
9	45000	0,40291	5906	4963	2777

Время моделирования — 19.6771 секунд.

Рост τ_8 с 5000 до 45000 часов привёл к увеличению вероятности P с 0,38917 до 0,40291. Вероятность работы системы возросла крайне незначительно, что указывает на практическое отсутствие влияния блока 8 на общую вероятность безотказной работы системы и невысокую критичность этого компонента для системы в данной конфигурации.