

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятский государственный университет»

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

Сравнительный анализ готовности вычислительных систем

Отчет по лабораторной работе №1 дисциплины
«Высокопроизводительные вычислительные комплексы»

Вариант 6

Выполнил студент группы ИВТ-41 _____/Крючков И. С./
Проверил _____/Мельцов В. Ю./

Киров 2023

1. Задание

Список заданий на лабораторную работу:

- 1) в соответствии с номером задания выбрать из таблицы численные значения параметров I , f и h (количество процессоров, блоков памяти и устройств ввода-вывода), характеризующих задачу, и вероятности безотказной работы P_1 процессора, P_2 блока памяти и P_3 устройства ввода-вывода.
- 2) составить модели:
 - однопроцессорной вычислительной системы;
 - дуплексной вычислительной системы;
 - триплексной вычислительной системы;
 - двухпроцессорной вычислительной системы с одним резервным блоком памяти и одним резервным устройством ввода-вывода;
 - двухпроцессорной вычислительной системы с двумя резервными блоками памяти и двумя резервными устройствами ввода-вывода;
 - двухпроцессорной вычислительной системы с f резервными блоками памяти и с h резервными устройствами ввода-вывода (состав аппаратуры совпадает с составом дуплексной вычислительной системы, но отличается организацией).
- 3) выполнить вручную расчет коэффициентов готовности с точностью в 2 значащие цифры для однопроцессорной, дуплексной, триплексной и первого варианта двухпроцессорной вычислительной системы;
- 4) выполнить сравнительный анализ готовности вычислительных систем с различной организацией и написать отчет.

2. Выполнение лабораторной работы

2.1. Однопроцессорная вычислительная система

Схема модели однопроцессорной ВС приведена на рисунке 1.

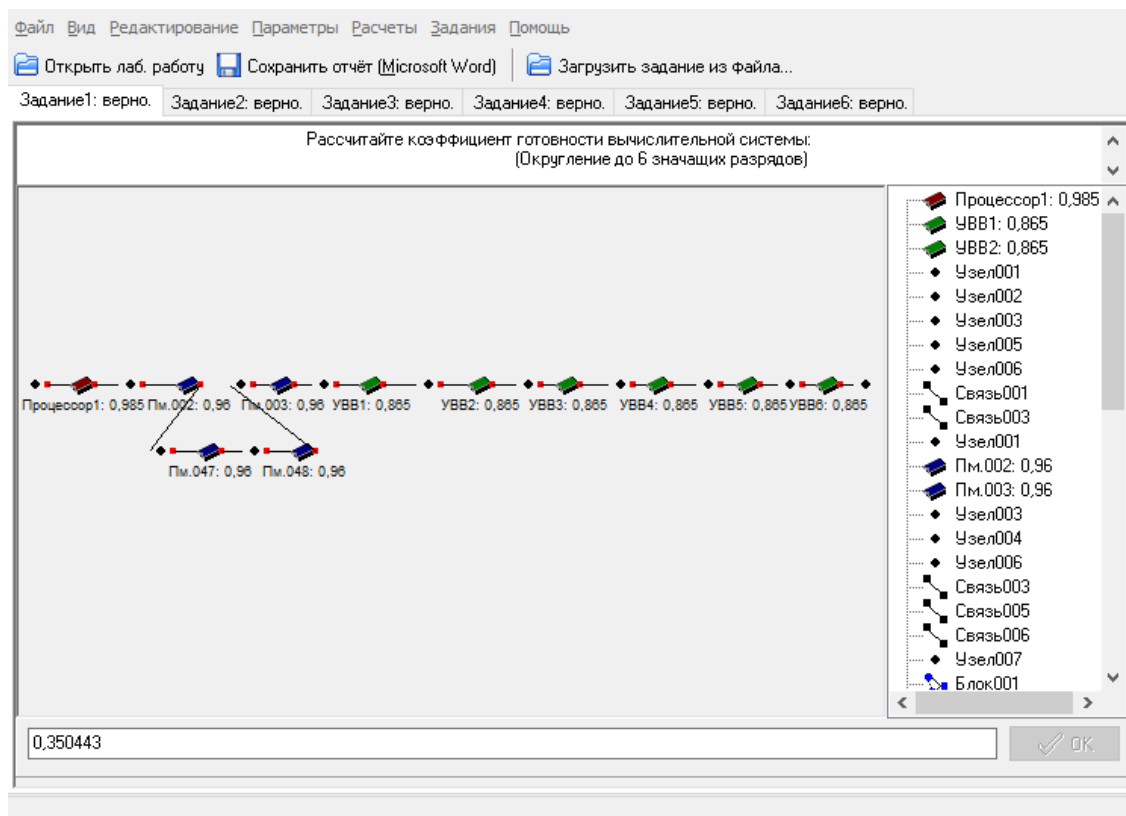


Рисунок 1 – Однопроцессорная ВС

$I = 1$	$P_1 = 0.985$
$f = 4$	$P_2 = 0.960$
$h = 6$	$P_3 = 0.865$

Расчетные формулы:

$$G_{\text{пр}} = P_1;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{1};$$

$$G_{\text{пм}} = P_2^4;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}}}{4};$$

$$G_{\text{увв}} = P_3^6;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{увв}} = \frac{G_{\text{увв}}}{6};$$

$$G_{\text{вс}} = G_{\text{пр}} * G_{\text{пм}} * G_{\text{увв}};$$

$$K_{\text{вс}} = K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} * K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} * K_{\text{эфф}}^{\text{увв}}$$

Подстановка значений:

$$G_{\text{пр}} = 0,985$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = 0,985$$

$$G_{\text{пм}} = 0,960^4 = 0,849347$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{0,849347}{4} = 0,212337$$

$$G_{\text{увв}} = 0,865^6 = 0,418887$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{увв}} = \frac{0,418887}{6} = 0,069815$$

$$G_{\text{вс}} = 0,985 * 0,849347 * 0,418887 = 0,350444$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{вс}} = 0,985 * 0,212337 * 0,069815 = 0,010602$$

2.2. Дуплексная вычислительная система

Схема дуплексной вычислительной системы представлена на рисунке 2.

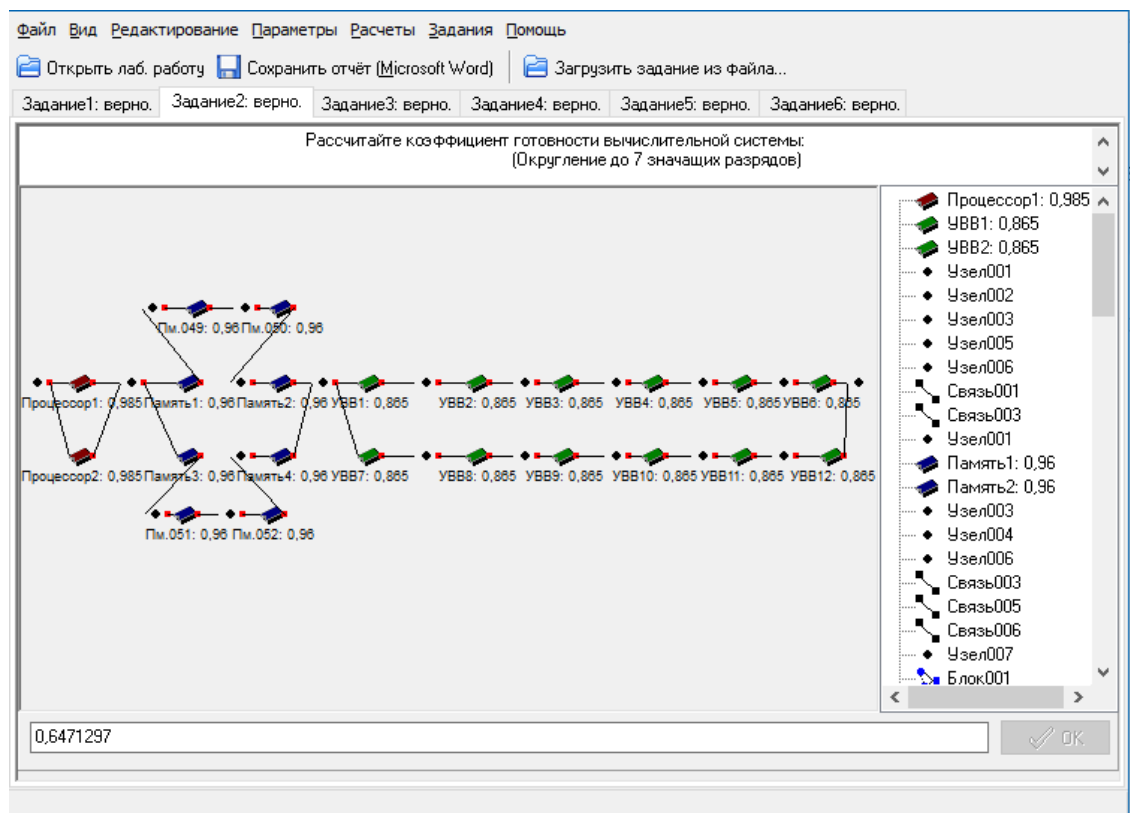


Рисунок 2 – Дуплексная вычислительная система

I = 2	P ₁ = 0.985
f = 8	P ₂ = 0.960
h = 12	P ₃ = 0.865

Расчетные формулы:

$$G_{\text{пр}} = 1 - (1 - P_1)^2;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{2};$$

$$G_{\text{пм}} = 1 - (1 - P_2^4)^2;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}}}{8};$$

$$G_{\text{убв}} = 1 - (1 - P_3^6)^2;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{убв}} = \frac{G_{\text{убв}}}{12};$$

$$G_{\text{вс}} = G_{\text{пр}} * G_{\text{пм}} * G_{\text{убв}};$$

$$K_{\text{вс}} = K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} * K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} * K_{\text{эфф}}^{\text{убв}}$$

Подстановка значений:

$$G_{\text{пр}} = 1 - (1 - 0.985)^2 = 0,999775$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{0,999775}{2} = 0,499888$$

$$G_{\text{пм}} = 1 - (1 - 0.960^4)^2 = 0,977304$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{0,977304}{8} = 0,122163$$

$$G_{\text{убв}} = 1 - (1 - 0.865^6)^2 = 0,662307$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{убв}} = \frac{0,662307}{12} = 0,055192$$

$$G_{\text{вс}} = 0,999775 * 0,977304 * 0,662307 = 0,647130$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{вс}} = 0,499888 * 0,122163 * 0,055192 = 0,003370$$

2.3. Триплексная вычислительная система

Схема триплексной модели ВС представлена на рисунке 3.

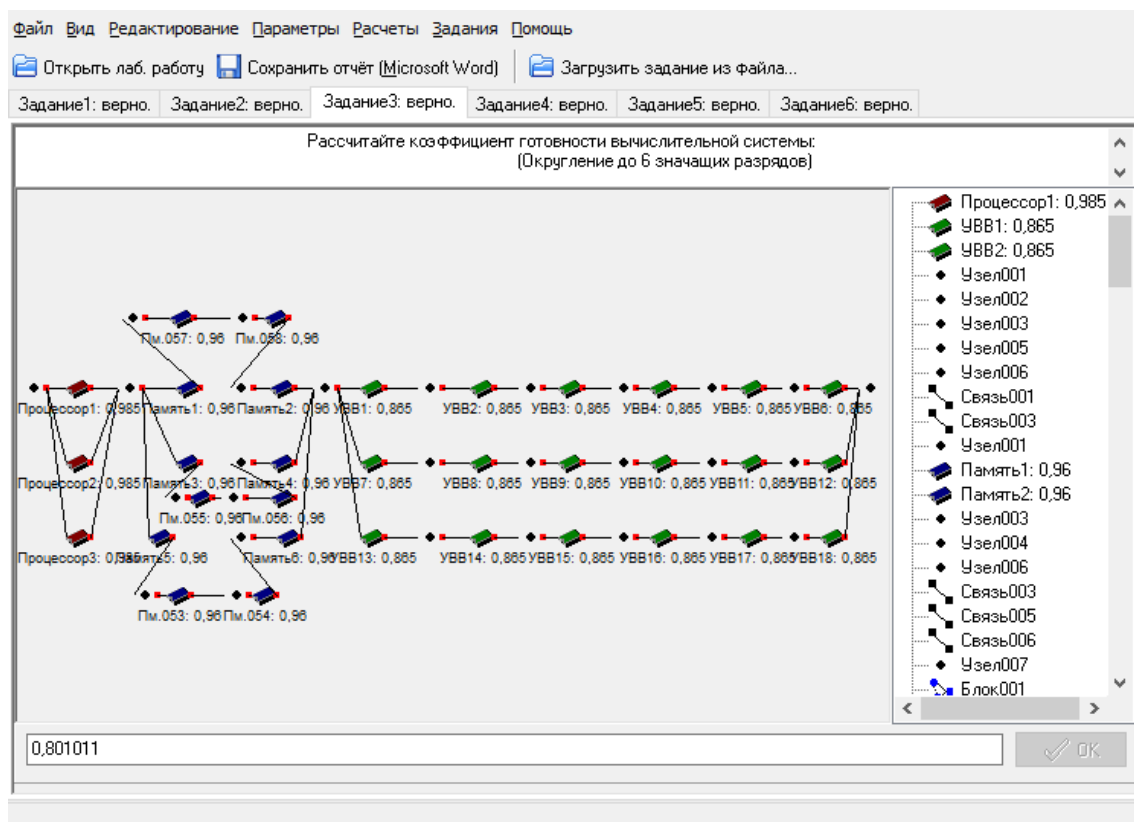


Рисунок 3 – Триплексная модель вычислительной системы

$I = 3$	$P_1 = 0.985$
$f = 12$	$P_2 = 0.960$
$h = 18$	$P_3 = 0.865$

Расчетные формулы:

$$G_{\text{пр}} = 1 - (1 - P_1)^3;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{3};$$

$$G_{\text{пм}} = 1 - (1 - P_2^4)^3;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}}}{12};$$

$$G_{\text{увб}} = 1 - (1 - P_3^6)^3;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{увб}} = \frac{G_{\text{увб}}}{18};$$

$$G_{\text{вс}} = G_{\text{пр}} * G_{\text{пм}} * G_{\text{увб}};$$

$$K_{\text{вс}} = K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} * K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} * K_{\text{эфф}}^{\text{увб}}$$

Подстановка значений:

$$G_{\text{пр}} = 1 - (1 - 0.985)^3 = 0,999997$$

$$K_{\varepsilon\phi\phi}^{\text{пр}} = \frac{0,999997}{3} = 0,333332$$

$$G_{\text{IM}} = 1 - (1 - 0.960^4)^3 = 0,996581$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{0,996581}{12} = 0,083048$$

$$G_{\text{yBB}} = 1 - (1 - 0.865^6)^3 = 0,803762$$

$$K_{\varepsilon\phi\phi}^{\text{yBB}} = \frac{0,803762}{18} = 0,044653$$

$$G_{BC} = 0,999997 * 0,996581 * 0,803762 = 0,801012$$

$$K_{\Phi\Phi}^{\text{BC}} = 0,333332 * 0,083048 * 0,044653 = 0,001236$$

2.4. Двухпроцессорная ВС с одним резервным блоком памяти и устройством ввода-вывода

Схема двухпроцессорной ВС с одним резервным блоком памяти и устройством ввода-вывода представлена на рисунке 4.

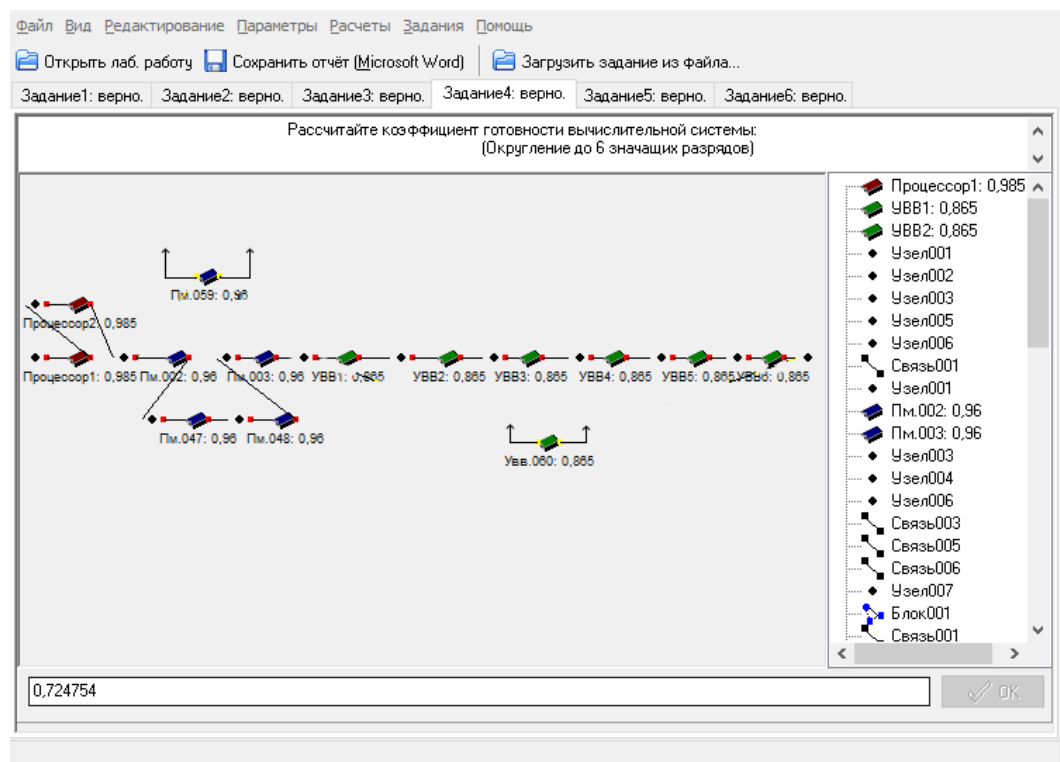


Рисунок 4 – ВС с одним резервными блоков памяти и устройством ввода-вывода.

I = 2	P ₁ = 0.985
f = 5	P ₂ = 0.960
h = 7	P ₃ = 0.865

Расчетные формулы:

$$P_{m,n} = C_n^m * p^m * q^{n-m};$$

$$C_n^m = \frac{n!}{m! (n - m)!};$$

$$G_{\text{пр}} = P_1^2;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{2};$$

$$G_{\text{пм}} = P_{4,5} + P_{5,5};$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}}}{5};$$

$$G_{\text{yвв}} = P_{6,7} + P_{7,7};$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{yвв}} = \frac{G_{\text{yвв}}}{7};$$

$$G_{\text{вс}} = G_{\text{пр}} * G_{\text{пм}} * G_{\text{yвв}};$$

$$K_{\text{вс}} = K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} * K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} * K_{\text{эфф}}^{\text{yвв}}$$

Подстановка значений:

$$G_{\text{пр}} = 0.985^2 = 0,970225$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{0,970225}{2} = 0,485113$$

$$P_{4,5} = 5 * 0,960^4 * 0.04 = 0,169869$$

$$G_{\text{пм}} = 0,169869 + 0.960^5 = 0,985242$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{0,985242}{5} = 0,197048$$

$$P_{6,7} = 7 * 0.865^6 * 0.135 = 0,395848$$

$$G_{\text{yвв}} = 0,395848 + 0.865^7 = 0,758185$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{yвв}} = \frac{0,758185}{7} = 0,108312$$

$$G_{\text{вс}} = 0,970225 * 0,985242 * 0,758185 = 0,724754$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{ВС}} = 0,485113 * 0,197048 * 0,108312 = 0,014354$$

2.5. Двухпроцессорная вычислительная система с двумя резервными блоками памяти и двумя резервными устройствами ввода-вывода

Схема двухпроцессорной ВС с двумя резервными блоками памяти и двумя резервными устройствами ввода-вывода представлена на рисунке 5.

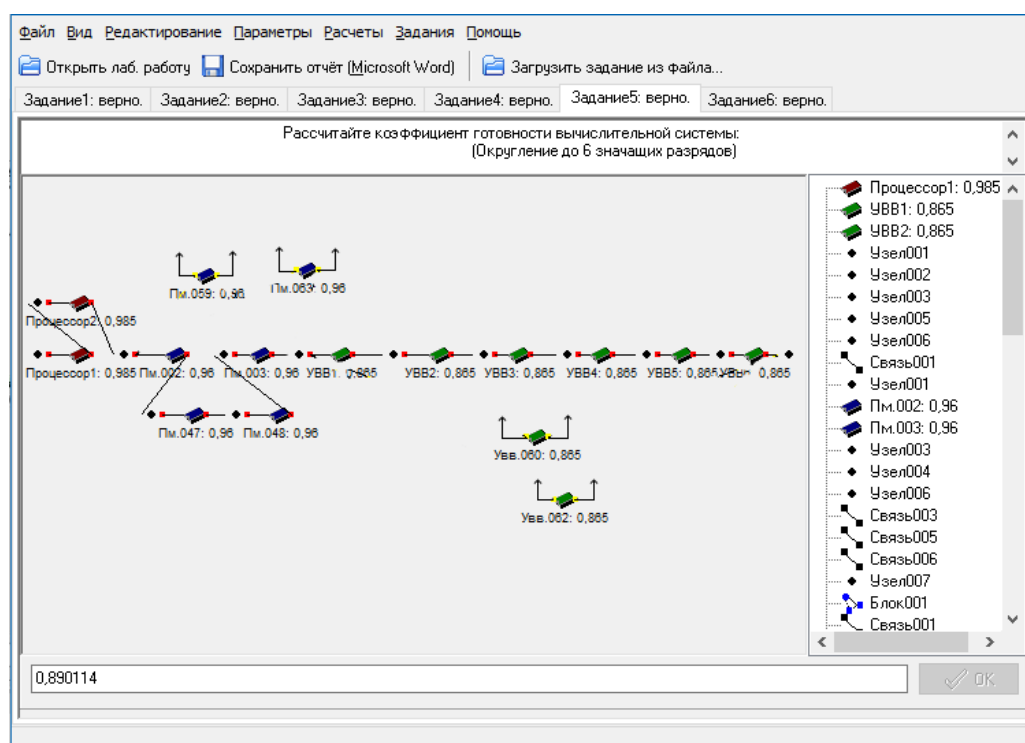


Рисунок 5 – ВС с 2 резервными блоками памяти и УВВ

I = 2	$P_1 = 0.985$
f = 6	$P_2 = 0.960$
h = 8	$P_3 = 0.865$

Расчетные формулы:

$$P_{m,n} = C_n^m * p^m * q^{n-m};$$

$$C_n^m = \frac{n!}{m! (n - m)!};$$

$$G_{\text{пр}} = P_1^2;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{2};$$

$$G_{\text{пм}} = P_{4,6} + P_{5,6} + P_{6,6};$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}}}{6};$$

$$G_{\text{увв}} = P_{6,8} + P_{7,8} + P_{8,8};$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{увв}} = \frac{G_{\text{увв}}}{8};$$

$$G_{\text{вс}} = G_{\text{пр}} * G_{\text{пм}} * G_{\text{увв}};$$

$$K_{\text{вс}} = K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} * K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} * K_{\text{эфф}}^{\text{увв}}$$

Подстановка значений:

$$G_{\text{пр}} = 0.985^2 = 0,970225$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{0,970225}{2} = 0,485113$$

$$P_{4,6} = 15 * 0,960^4 * 0,04^2 = 0,020384$$

$$P_{5,6} = 6 * 0,960^5 * 0,04 = 0,195689$$

$$G_{\text{пм}} = 0,020384 + 0,195689 + 0,960^6 = 0,998831$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{0,998831}{6} = 0,166472$$

$$P_{6,8} = 28 * 0,865^6 * 0,135^2 = 0,213758$$

$$P_{7,8} = 8 * 0,865^7 * 0,135 = 0,391324$$

$$G_{\text{увв}} = 0,213758 + 0,391324 + 0,865^8 = 0,918504$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{увв}} = \frac{0,918504}{8} = 0,114813$$

$$G_{\text{вс}} = 0,970225 * 0,998831 * 0,918504 = 0,890114$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{вс}} = 0,485113 * 0,166472 * 0,114813 = 0,009272$$

2.6. Двухпроцессорная вычислительная система с 4 резервными блоками памяти и 6 резервными устройствами ввода-вывода

Вычислительная система с 4 резервными блоками памяти и 6 резервными устройствами ввода-вывода представлена на рисунке 6.

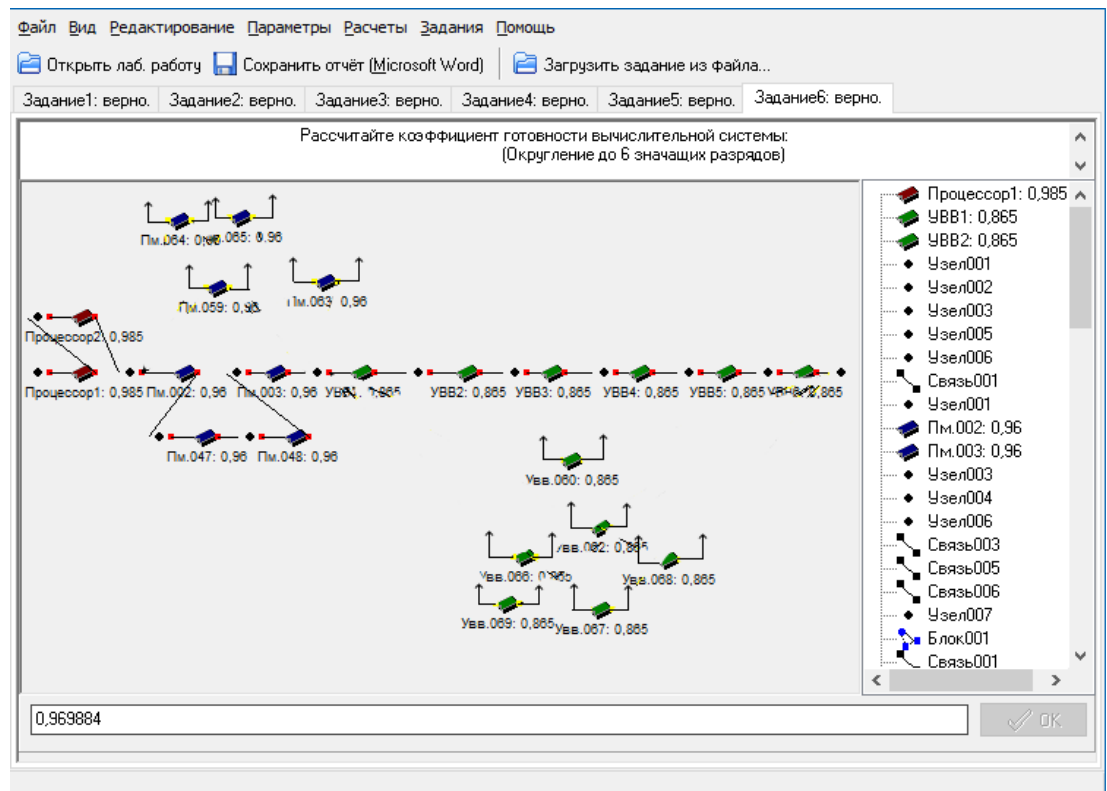


Рисунок 6 – ВС с 4 резервными блоками памяти и 6 резервными устройствами ввода-вывода

$I = 2$	$P_1 = 0.985$
$f = 8$	$P_2 = 0.960$
$h = 12$	$P_3 = 0.865$

Расчетные формулы:

$$P_{m,n} = C_n^m * p^m * q^{n-m};$$

$$C_n^m = \frac{n!}{m! (n - m)!};$$

$$G_{\text{пр}} = P_1^2;$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{2};$$

$$G_{\text{пм}} = 1 - \sum_{i=0}^3 P_{i,8};$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}}}{8};$$

$$G_{y_{BB}} = 1 - \sum_{i=0}^5 P_{i,12};$$

$$K_{\text{эфф}}^{y_{BB}} = \frac{G_{y_{BB}}}{12};$$

$$G_{BC} = G_{\text{пр}} * G_{\text{пм}} * G_{y_{BB}};$$

$$K_{BC} = K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} * K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} * K_{\text{эфф}}^{y_{BB}}$$

Подстановка значений:

$$G_{\text{пр}} = 0.985^2 = 0,970225$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пр}} = \frac{0,970225}{2} = 0,485113$$

$$G_{\text{пм}} = 1 - \sum_{i=0}^3 P_{i,8} = 0,999995$$

$$K_{\text{эфф}}^{\text{пм}} = \frac{0,999995}{8} = 0,124999$$

$$G_{y_{BB}} = 1 - \sum_{i=0}^5 P_{i,12} = 0,999654$$

$$K_{\text{эфф}}^{y_{BB}} = \frac{0,999654}{12} = 0,083305$$

$$G_{BC} = 0,970225 * 0,999995 * 0,999654 = 0,969884$$

$$K_{\text{эфф}}^{BC} = 0,485113 * 0,124999 * 0,083305 = 0,005052$$

Выводы:

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены следующие типы вычислительных систем:

- однопроцессорная вычислительная система без резервных блоков;
- дуплексная вычислительная система;
- триплексная вычислительная система;
- двухпроцессорная вычислительная система с резервными блоками.

Для увеличения надежности вычислительных систем используются методы добавления резервных блоков, которые при неисправности одного из блоков в системе заменяют его.

В лабораторной работе рассматривалось 6 вариантов вычислительных систем. Данные, полученные в результате выполнения лабораторной работы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики вычислительных систем

№	N ₁	P ₁	G ₁	K _{эфф} ¹	N ₂	P ₂	G ₂	K _{эфф} ²	N ₃	P ₃	G ₃	K _{эфф} ³	G _{вс}	K _{вс}
1	1	0,985	0,9850	0,9850	4	0,960	0,8493	0,2123	6	0,865	0,4188	0,0698	0,3504	0,0106
2	2		0,9997	0,4998	8		0,9773	0,1221	12		0,6623	0,0551	0,6471	0,0033
3	3		0,9999	0,3333	12		0,9965	0,0830	18		0,8037	0,0446	0,8010	0,0012
4	2		0,9702	0,9850*	5		0,9852	0,1970	7		0,7581	0,1083	0,7247	0,0143
5	2		0,9702	0,9850*	6		0,9988	0,1664	8		0,9185	0,1148	0,8901	0,0092
6	2		0,9702	0,9850*	8		0,9999	0,1249	12		0,9996	0,0833	0,9698	0,0050

В таблице 1 значения коэффициентов эффективности блоков процессора помеченные «*» не просчитаны по формуле, вместо них подставлены значения из задания №1, так как в системах из задания №4-6 используется два блока процессора, а не один и сравнить их эффективность с системами из заданий №1-3 напрямую не представляется возможным. Истинное значение коэффициента эффективности - 0.4851.

- 1) Наиболее надежной является система под номером 6, из-за большого количества резервных блоков и высокого коэффициента готовности блоков процессора (0.985) и памяти (0.960), несмотря на низкую надёжность устройств ввода-вывода (0.865).

2) Наиболее эффективной является четвертая конфигурация, так как ее коэффициент эффективности $K_{bc} = 0.0143$.

3) Построение самой эффективной вычислительной системы:

- Один процессорный блок без добавления резервных, так как он имеет высокую надежность и блоков мало.
- 4 основных блока памяти без резервных блоков, так как число блоков среднее и готовность высокая. Результаты расчетов коэффициента эффективности представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчетов

N_2 (рез-ных)	P_2	$K_{эфф}^2$
4 (0)	0,960	0,2123
5 (1)		0,1970

- 6 основных блоков УВВ с 1-3 резервными блоками, так как число блоков большое, а готовность низкая. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Расчетные формулы для 3-х резервных блоков:

$$G_{увв} = P_{6,9} + P_{7,9} + P_{8,9} + P_{9,9};$$

$$K_{эфф}^{увв} = \frac{G_{увв}}{9};$$

Подстановка значений:

$$P_{6,9} = 84 * 0,865^6 * 0,135^3 = 0,086572$$

$$P_{7,9} = 36 * 0,865^7 * 0,135^2 = 0,237729$$

$$P_{8,9} = 9 * 0,865^8 * 0,135 = 0,380807$$

$$G_{увв} = 0,086572 + 0,237729 + 0,380807 + 0,271110 = 0,976218$$

$$K_{эфф}^{увв} = \frac{0,976218}{9} = 0,108469$$

Таблица 2. Результаты расчетов

N ₃ (рез-ных)	P ₃	K _{эфф} ³
7 (1)	0,865	0,1083
8 (2)		0,1148
9 (3)		0,1084

Исходя из результатов таблицы 2 наибольший коэффициент эффективности имеет связка из 6 основных и 2 резервных блоков - $K_{эфф}^2 = 0,1148$.

Вывод: по расчетам таблиц 2 и 3, наиболее эффективная вычислительная система будет при использовании:

- 1 процессорного блока без резервных;
- 4 основных блоков памяти без резервных;
- 6 основных блоков УВВ и двух резервных.

Коэффициенты готовности и эффективности для наиболее эффективной вычислительной системы:

$$G_{bc} = 0,985 * 0,9852 * 0,9185 = 0,8913;$$

$$K_{эфф}^{bc} = 0,985 * 0,1970 * 0,1148 = 0,0223.$$

Схема наиболее эффективной вычислительной системы представлена на рисунке 7.

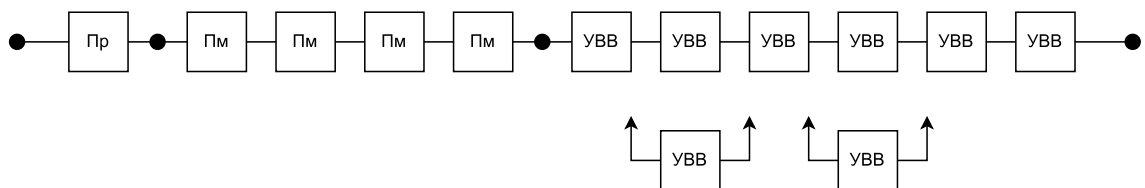


Рисунок 7 – Схема наиболее эффективной ВС