

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**

**Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ**

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе №4**  
**по дисциплине «Анализ, моделирование и оптимизация систем»**  
**Тема: Планирование и проведение факторных экспериментов**

Студент гр. 1310

---

Комаров Д.Е.

Преподаватель

---

Мандрикова Б.С.

Санкт-Петербург

2025

## **Цель работы**

Целью работы является изучения способа построения и анализа полного факторного эксперимента.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- 1) Запустить программу PL.EXE
- 2) Провести эксперименты
- 3) Оценить результаты.

## **Постановка задачи**

Необходимо провести полнофакторный эксперимент по заданной области планирования. Получить результаты экспериментов и по ним оценить параметры системы и сделать выводы о воспроизводимости экспериментов и адекватности модели.

Вариант 2.

## **Выполнение работы**

### **1. Планирование**

Для выполнения лабораторной работы воспользуемся программой PLAN.EXP. На рисунке 1 представлен текст варианта 2.

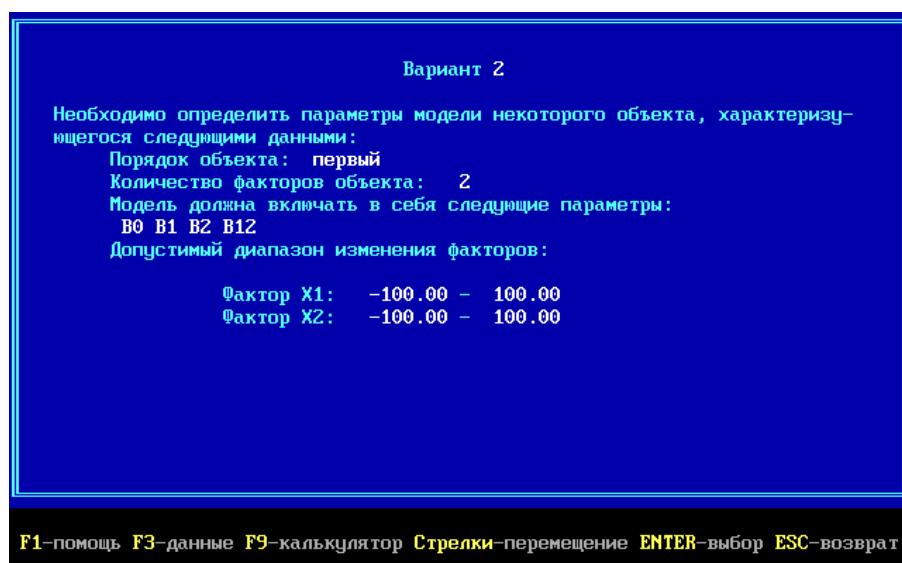


Рисунок 1 – Вариант задания

Установим область экспериментирования согласно варианту. Результат представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Область экспериментирования

Установим тип плана – полный факторный эксперимент. Результат представлен на рисунке 3.

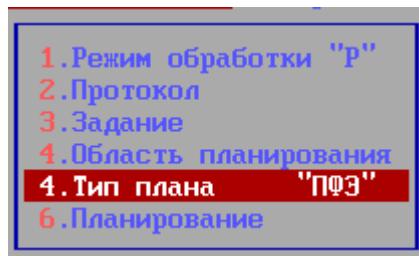


Рисунок 3 – Установка типа плана

Поскольку проводится полный факторный эксперимент и количество факторов равно 2, то количество точек, которое содержит спектр плана, может быть вычислено по формуле

$$2^2 = 4.$$

На рисунке 4 представлена установка количества точек в спектре плана

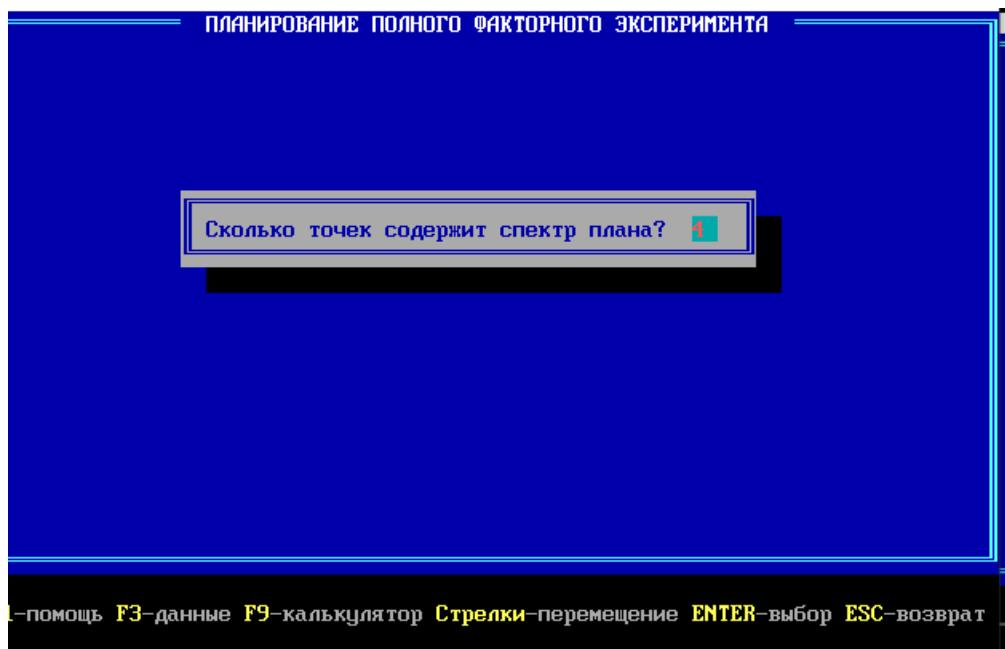


Рисунок 4 – Установка количкства точек в спектре плана

На рисунке 5 представлен спектр плана.

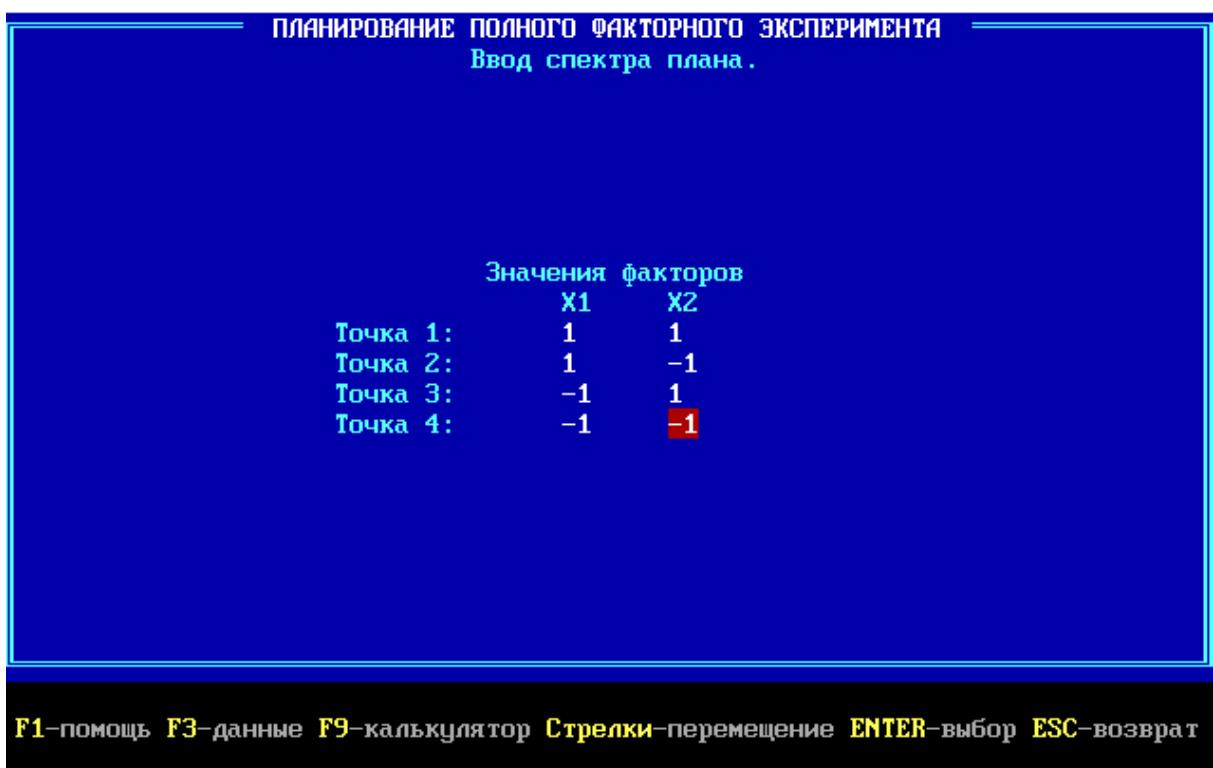


Рисунок 5 – Спектр плана

Установим 5 параллельных опытов с рандомизацией. План проведения якспериментов представлен на рисунке 6.

РАНДОМИЗАЦИЯ ОПЫТОВ					
Рекомендуется проводить опыты в следующем порядке:					
Номера опытов:					
Точка 1: 11 13 16 8 2					
Точка 2: 10 15 12 5 19					
Точка 3: 1 20 9 7 4					
Точка 4: 6 3 17 14 18					

F1 – Запишите данные по первым трем опытам. [возврат](#)

Рисунок 6 – План проведения экспериментов

## 2. Проведения основного эксперимента

На рисунке 7 представлено выполнение первого опыта.

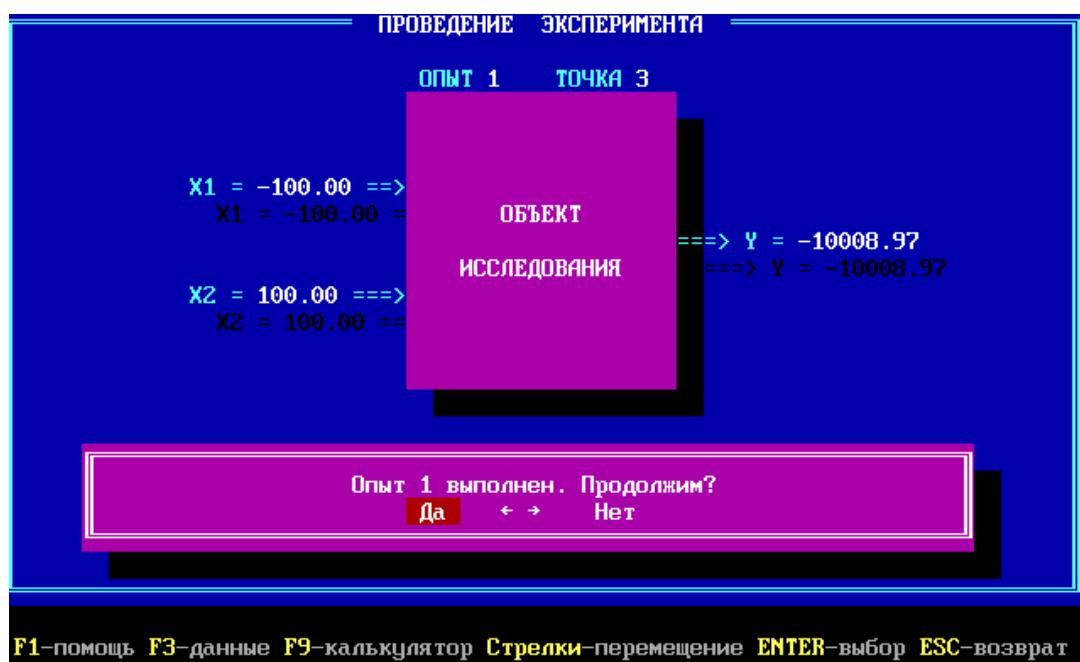


Рисунок 7 – Проведение первого опыта

Остальные опыты были выполнены по аналогии с первым. На рисунке 8 представлены значения отклика в проведенных опытах.

## ЗНАЧЕНИЯ ОТКЛИКА В ОПЫТАХ

Точка ФП	Параллельные опыты				
	1	2	3	4	5
1	10214.19	10229.03	10229.03	10214.19	10178.44
2	-9985.81	-9970.97	-9985.81	-9973.19	-9998.60
3	-10008.97	-9998.60	-9985.81	-9985.81	-9973.19
4	9826.81	9800.30	9829.03	9829.03	9829.03

F1–помощь ESC–выход

Рисунок 8 – Значения откликов

### 3. Обработка

#### 3.1 Воспроизводимость

Рассчитаем значения математического ожидания и дисперсии для полученных значений откликов. Результат представлен на рисунке 9.

## СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ДИСПЕРСИИ ОТКЛИКА

Точка ФП	Среднее значение	Оценка дисперсии
1	10212.97	427.76
2	-9982.88	125.04
3	-9990.48	187.65
4	9822.84	159.69

F1–помощь ESC–выход

Рисунок 9 –Средние значения и дисперсия точек

Выполним проверку воспроизводимости по критерию Кохрена. При уровне значимости равен 0.05. Значение критерия Кохрена вычисляется по формуле

$$k = \frac{\max_{i=1,4} D_i}{\sum_{i=1}^4 D_i} = \frac{427.76}{900.15} = 0.48$$

Число степеней свободы числителя и знаменателя равно 4, а следовательно, из таблицы, представленной на рисунке 10, получим критическое значение критерия Кохрена, равное 0.629.

ПРОВЕРКА ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТА				
Фрагмент таблицы критических значений критерия Кохрена при уровне значимости 0.05				
Число степеней свободы знаменателя	Число степеней свободы числителя			
	1	2	3	4
2	0.998	0.975	0.939	0.906
4	0.906	0.768	0.684	0.629
6	0.781	0.616	0.632	0.480
8	0.680	0.516	0.438	0.391
10	0.602	0.445	0.373	0.331
12	0.541	0.392	0.326	0.288
15	0.471	0.335	0.276	0.242
20	0.389	0.270	0.220	0.192
24	0.343	0.235	0.191	0.166
30	0.293	0.198	0.159	0.138
40	0.237	0.158	0.126	0.108

F1-

Критическое значение критерия Кохрена: 0.629

закрыть

Рисунок 10 – Критические значения критерия Кохрена

Наблюдаемое значение критерия получилось меньше критического, а следовательно гипотеза о воспроизводимости подтверждается.

Вычислим дисперсию ошибки по формуле

$$D_{\text{ош}} = \frac{\sum_{i=1}^4 D_i}{4} = 225.04.$$

Результат проверки воспроизводимости эксперимента представлена на рисунке 11.

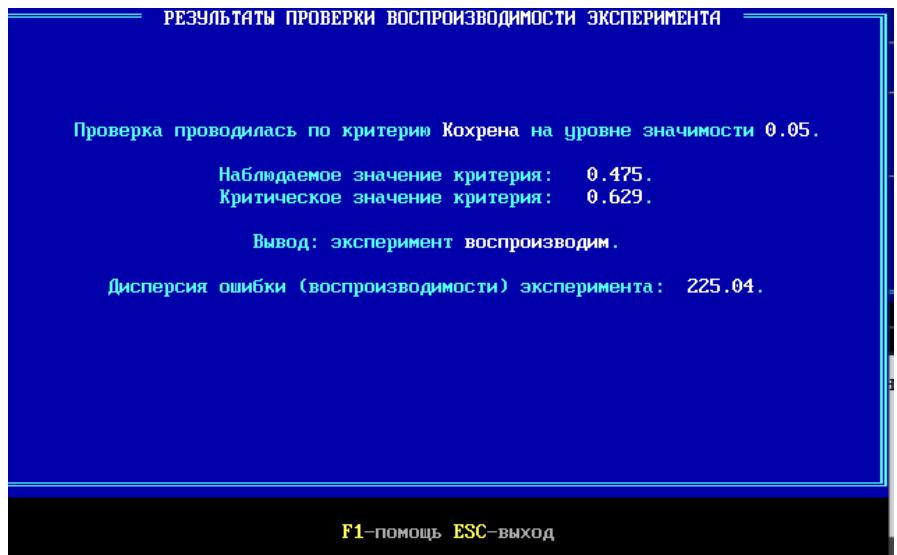


Рисунок 11 – Результат проверки воспроизводимости эксперимента

### 3.2 Модель объекта

Количество параметров модели равно 4 (4 точки). Постоянная составляющая модели вычисляется по формуле

$$m_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^4 m_i}{4} = \frac{62.45}{4} = 15.62.$$

Ее дисперсия вычисляется по формуле

$$D_{cp} = \frac{D_{\text{ош}}}{4 * 5} = 11.25.$$

Вычислим параметры B0, B1, B2, B12. Результат представлен на рисунке 12.

ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА		
Обозначение	Оценка	Дисперсия
B0	15.615	11.252
B1	99.434	11.252
B2	95.633	11.252
B12	10002.292	11.252

Рисунок 12 – Параметры B0, B1, B2, B12

Оценим значимость полученных оценок параметров при помощи критерия Стьюденты при уровне значимости 0.05. Количество степеней свободы вычисляется по формуле

$$(5 - 1) * 4 = 16.$$

Тогда из таблицы, представленной на рисунке 13, получим критическое значение критерия стьюдента  $t_{kp}=2.12$ .

ПРОВЕРКА ЗНАЧИМОСТИ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА			
Фрагмент таблицы критических значений критерия Стьюдента при уровне значимости 0.05			
Число степеней свободы	Критическое значение	Число степеней свободы	Критическое значение
1	12.706	40	2.021
2	4.302	44	2.015
4	2.776	48	2.011
8	2.306	50	2.009
12	2.179	55	2.004
16	2.119	60	2.000
20	2.086	65	1.997
24	2.064	70	1.994
28	2.048	80	1.990
30	2.042	90	1.987
32	2.036	100	1.984
34	2.032	120	1.980
36	2.028	150	1.976

F1 – Надо выбрать из таблицы критическое значение критерия. зврат

Рисунок 13 – Критические значения критерия стьюдента

Результат проверки значимости оценок параметров представлен на рисунке 14. Как можно заметить, все оценки оказались значимыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ЗНАЧИМОСТИ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ			
Обозначение	Оценка	Критерий	
B0	15.615	4.66	
B1	99.434	29.64	
B2	95.633	28.51	
B12	10002.292	2981.86	

F1 – Оценки всех параметров модели значимы. зврат

Рисунок 14 – Результат проверки значимости оценок

### 3.3 Адекватность

Определим адекватность модели по критерию Фишера при уровне значимости 0.05. Число степеней свободы дисперсии адекватности может быть вычислено по формуле

$$4 - 4 = 0.$$

Следовательно, дисперсию адекватности вычислить невозможно, она равна 0.

Число степеней свободы числителя равно 0, знаменателя 16. Следовательно критическое значение критерия фишера равно 0 и модель адекватна. Результат проверки критерия Фишера представлен на рисунке 15

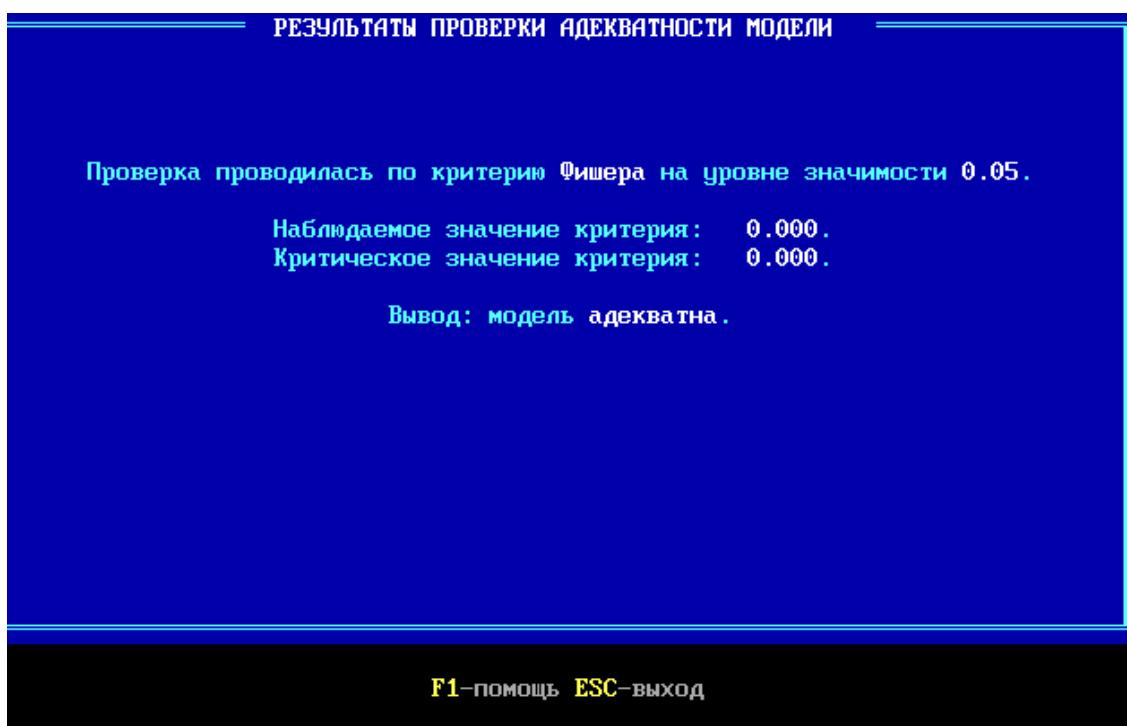


Рисунок 15 – Результат проверки модели на адекватность

### Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы было проведено планирование и проведения факторного эксперимента.

Была проведена обработка результатов эксперимента. Была проведена оценка воспроизводимости эксперимента по критерию Кохрена. Был сделан вывод, что эксперимент воспроизводим.

Была проведена оценка параметров модели объекта и расчет значимости этой оценки при помощи критерия Стьюдента. Все полученные оценки оказались значимыми.

Была проведена проверка адекватности модели при помощи критерия Фишера. Был сделан вывод, что модель адекватна.