

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автоматизированные системы управления»

# ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
7-06-0612-03 «Системы управления информацией»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2024

УДК 167.23  
ББК 73  
ПЗ7

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автоматизированные системы управления»  
«16» апреля 2024 г., протокол № 11

Составители: д-р физ.-мат. наук, доц. А. В. Новиков;  
канд. техн. наук Е. М. Борчик

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

Даны методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Планирование научного эксперимента», а также приведены задания к ним и список литературы для подготовки.

Учебное издание

## ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Ответственный за выпуск	А. И. Якимов
Корректор	А. Т. Червинская
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . . . . . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . . . . Уч.-изд. л. . . . . Тираж 16 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2024

## Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Однофакторный эксперимент.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Получение математической зависимости параметра оптимизации методом наименьших квадратов.....	9
3 Лабораторная работа № 3. Полный факторный эксперимент.....	11
4 Лабораторная работа № 4. Планирование эксперимента по теме магистерской диссертации.....	13
Список литературы.....	16

## Введение

Учебный план подготовки магистрантов по специальности 7-06-0612-03 «Системы управления информацией» предусматривает изучение дисциплины «Планирование научного эксперимента».

Целью учебной дисциплины является подготовка, ознакомление магистрантов с базовыми определениями и понятиями экспериментальных исследований, методикой планирования и организации экспериментальных исследований, с принципами анализа и обработки данных, изучение типичных примеров применения современных методов обработки результатов экспериментальных исследований.

Задачами учебной дисциплины являются:

- освоение специфической терминологии математической теории планирования эксперимента;
- изучение теории планирования пассивных и активных экспериментов;
- проведение экспериментов для решения инженерно-технических задач.

Лабораторные работы являются обязательной составной частью учебного процесса при изучении дисциплины и позволяют закрепить на практике полученные теоретические знания.

Индивидуальные задания по лабораторным работам выбираются в зависимости от тематики магистерской диссертации и проводимых исследований магистрантом. С учетом этого, а также с учетом большого количества информации по теме **в данных методических указаниях вместо подробного разбора определенных тематик приводятся преимущественно ссылки на первоисточники с кратким описанием по каждой работе**, в которых магистрант должен будет брать необходимую информацию и выполнять индивидуальные задания.

**Для всех работ индивидуальным заданием для магистрантов является разбор каждого из методов применительно к тематике его магистерской диссертации.**

Лабораторная работа оформляется в виде отчета, в котором кратко излагается методика выполнения работы и выполненный расчет в соответствии с тематикой магистерской диссертации.

Лабораторные работы защищаются по мере их выполнения. После защиты всех работ, выполненных в семестре, магистрант получает допуск к сдаче зачета.

# 1 Лабораторная работа № 1. Однофакторный эксперимент

**Цель работы:** ознакомиться с методикой однофакторного эксперимента.

Эксперимент – это научно поставленный опыт, наблюдение исследуемого явления в установленных условиях, позволяющих следить за ходом явления и неоднократно воспроизводить его при повторении этих условий. По сути эксперимент является сущностью научного познания, на котором основываются выводы науки. Лишь эксперимент позволяет подтвердить или опровергнуть научную версию.

Как и любая другая научная дисциплина, организация и планирование эксперимента имеют регламентируемую стандартами (ГОСТ 15895, ГОСТ 16504, ГОСТ 24026) структуру.

По ГОСТ 24026 эксперимент трактуется как система операций, воздействий, наблюдений, направленных на получение информации об объекте исследования. Он включает в себя ряд опытов, в процессе которых происходит воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях с обеспечением возможности регистрации результатов каждого опыта. Условия опытов задаются уровнями факторов, или значениями независимых переменных величин влияющих, по мнению экспериментатора, на объект исследования. По результатам опыта устанавливается значение отклика или зависимой переменной, по предположению зависящей от принятых факторов. В результате эксперимента определяется зависимость математического ожидания отклика от факторов.

Необходимо отметить, что любой эксперимент предполагает проведение тех или иных опытов.

Опыт – воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов.

По цели проведения и форме представления полученных результатов эксперимент делят на качественный и количественный.

Качественный эксперимент устанавливает только сам факт существования какого-либо явления, но при этом не дает никаких количественных характеристик объекта исследования. Любой эксперимент, каким бы сложным он ни был, всегда заканчивается представлением его результатов, формулировкой выводов, выдачей рекомендаций. Эта информация может быть выражена в виде графиков, чертежей, таблиц, формул, статистических данных или словесных описаний. Качественный эксперимент как раз и предусматривает именно словесное описание его результатов. Зачастую качественный эксперимент существенно проще количественного и не требует специальной аппаратуры.

Количественный эксперимент не только фиксирует факт существования того или иного явления, но, кроме того, позволяет установить соотношения между количественными характеристиками явления и количественными характеристиками способов внешнего воздействия на объект исследования.

Количественный эксперимент, прежде всего, предполагает количественное определение всех тех способов внешнего воздействия на объект исследования,

от которых зависит его поведение – количественное описание всех факторов.

Фактор – переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента.

В отдельном конкретном опыте каждый фактор может принимать одно из возможных своих значений – уровень фактора.

Уровень фактора – фиксированное значение фактора относительно начала отсчета.

В количественном эксперименте необходимо не только регистрировать уровни всех контролируемых факторов, но и иметь возможность устанавливать количественное описание того свойства (отклика) исследуемого явления, которое изучает (наблюдает) экспериментатор. Причем поскольку на объект исследования в процессе эксперимента всегда влияет огромное количество неконтролируемых факторов, что вносит в получаемые результаты некоторый элемент неопределенности, значение отклика, в каждом конкретном опыте, невозможно предсказать заранее. Поэтому воспроизведение исследуемого явления при одном и том же фиксированном наборе уровней всех контролируемых факторов всегда будет приводить к различным значениям отклика, т. е. отклик – это всегда случайная величина.

Отклик – наблюдаемая случайная переменная, по предположению зависящая от факторов.

Функция отклика – зависимость математического ожидания отклика от факторов.

Пассивный эксперимент – эксперимент, при котором уровни факторов в каждом опыте регистрируются исследователем, но не задаются. Поскольку при пассивном эксперименте исследователь не имеет возможность задать уровень ни одного из факторов, то при проведении опытов ему остается лишь «пассивно» наблюдать за явлением и регистрировать результаты.

Планирование пассивного эксперимента сводится к определению числа опытов, которые необходимо провести исследователю для решения поставленной перед ним задачи, а конечной целью пассивного эксперимента в большинстве случаев является получение функции отклика.

Если же экспериментатор имеет возможность не только контролировать факторы, но и управлять ими, то такой эксперимент носит название активного.

Активный эксперимент – эксперимент, в котором уровни факторов в каждом опыте задаются исследователем. Поскольку в этом случае экспериментатор имеет возможность «активно» вмешиваться в исследуемое явление, то естественно, что активный эксперимент всегда предполагает какой-либо план его проведения.

План эксперимента – совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов. Поэтому активный эксперимент всегда должен начинаться с планирования.

Планирование эксперимента – выбор плана эксперимента, удовлетворяющего поставленным требованиям.

К требованиям, предъявляемым при планировании активного эксперимента, можно отнести степень точности и надежности результатов, полученных

после проведения эксперимента, сроки и средства, имеющиеся в распоряжении исследователя, и т. д.

Алгоритм проведения эксперимента:

- определение целей эксперимента, обоснование условий, которые способствовали бы наиболее полному и всестороннему проявлению свойств, отношений, связей системы и ее компонентов;
- разработка систем показателей, измерителей, ориентиров (для производственных и социальных экспериментов), технических средств и устройств (для технических экспериментов);
- планирование эксперимента;
- наблюдение, измерение, фиксирование обнаруженных свойств, отношений, связей, тенденций развития; статистическая обработка результатов эксперимента;
- контроль эксперимента;
- предварительная классификация и сравнение статистических данных о результатах эксперимента;
- интерпретация (истолкование) результатов эксперимента.

**Пример выполнения лабораторной работы.**

Пусть необходимо взвесить на весах три тела  $A$ ,  $B$  и  $C$  разной массы при условии, что нулевое положение весов не отрегулировано. При составлении плана эксперимента принято строить матрицу планирования. В таблице 1.1 приведен первый план взвешивания. Значения «1» и «-1» в таблице соответствуют наличию или отсутствию объекта на весах.

Таблица 1.1 – Первый план эксперимента

Номер опыта	$A$	$B$	$C$	Результат взвешивания
1	-1	-1	-1	$y_0$
2	+1	-1	-1	$y_1$
3	-1	+1	-1	$y_2$
4	-1	-1	+1	$y_3$

Эксперимент состоит из четырех опытов. При первом опыте снимают показания пустых весов и выставляют их нулевое положение, затем отдельно взвешивается каждый из объектов. Расчет веса и погрешности измерений  $\sigma^2$  каждого из тел производится по следующим формулам:

$$\begin{cases} A = y_1 - y_0; \\ B = y_2 - y_0; \\ C = y_3 - y_0; \\ \sigma^2[B] = \sigma^2[C] = \sigma^2[C] = \sigma^2[y]. \end{cases} \quad (1.1)$$

Поскольку погрешности независимых измерений складываются, а вес

каждого объекта получен в результате двух измерений, погрешность составляет  $2\sigma^2$ .

Оптимально проведение эксперимента по схеме, показанной в таблице 1.2. В этом случае взвешивается отдельно каждый из объектов и все объекты вместе. Непосредственное измерение погрешности  $y_0$  не проводят.

Таблица 1.2 – Второй план эксперимента

Номер опыта	$A$	$B$	$C$	Результат взвешивания
1	+1	-1	-1	$y_1$
2	-1	+1	-1	$y_2$
3	-1	-1	+1	$y_3$
4	+1	+1	+1	$y_4$

В этом случае выигрыш при проведении эксперимента заключается в том, что масса каждого из объектов вычисляется по формулам (1.2), а дисперсия результатов оказывается вдвое меньше. Этот результат получается за счет того, что при втором плане эксперимента смещение нуля измерительной аппаратуры (весов) исключено.

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{(y_1 - y_2 - y_3 + y_4)}{2}; \\ A = \frac{(-y_1 + y_2 - y_3 + y_4)}{2}; \\ A = \frac{(-y_1 - y_2 + y_3 + y_4)}{2}; \\ \sigma^2[A] = \sigma^2 \left[ \frac{(y_1 - y_2 - y_3 + y_4)}{2} \right] = \frac{4\sigma^2[y]}{4} = \sigma^2[y]; \\ \sigma^2[B] = \sigma^2[C] = \sigma^2[y]. \end{array} \right. \quad (1.2)$$

Этот простой пример показывает возможный выигрыш от изменения плана эксперимента, т. е. планирование эксперимента позволяет либо уменьшить число измерений, либо увеличить их точность.

Подробно с примерами тематика планирования и обработки результатов однофакторного эксперимента приводится в [1, 2].

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

- 1 Изучить материал в приведенных литературных источниках.
- 2 Кратко законспектировать основную теорию по однофакторному эксперименту.
- 3 Подготовить экспериментальные данные.

4 Провести планирование эксперимента в соответствии с алгоритмом, приведенным в «Пример выполнения лабораторной работы», обеспечив минимальную погрешность измерений.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое эксперимент?
- 2 Для чего выполняются эксперименты?
- 3 Расскажите алгоритм проведения эксперимента.
- 4 Что такое однофакторный эксперимент?
- 5 Какова роль эксперимента в инженерной практике?

## **2 Лабораторная работа № 2. Получение математической зависимости параметра оптимизации методом наименьших квадратов**

***Цель работы:*** получение математической зависимости параметра оптимизации методом наименьших квадратов.

Метод наименьших квадратов (МНК) – математический метод, применяемый для решения различных задач, основанный на минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомым переменных. Он может использоваться для «решения» переопределенных систем уравнений (когда количество уравнений превышает количество неизвестных), для поиска решения в случае обычных (не переопределенных) нелинейных систем уравнений, для аппроксимации точечных значений некоторой функции. МНК является одним из базовых методов регрессионного анализа для оценки неизвестных параметров регрессионных моделей по выборочным данным.

### ***Пример выполнения лабораторной работы.***

Связь между величинами – линейная и задана выражением

$$y(x) = a_0 + a_1 x. \quad (2.1)$$

Система нормальных уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned} na_0 + a_1 \sum_i^n x_i &= \sum_i^n y_i ; \\ a_0 \sum_i^n x_i + a_1 \sum_i^n x_i^2 &= \sum_i^n y_i x_i . \end{aligned} \quad (2.2)$$

В таблице 2.1 представлены исходные данные для расчета. Значения  $y^*(x_i)$  получены с использованием выражения (2.1).

Подставляем полученные суммы в систему (2.2) и решаем ее относительно неизвестных коэффициентов:

$$6a_0 + 18a_1 = 39;$$

$$18a_0 + 71,5a_1 = 132.$$

Таблица 2.1 – Данные для расчета линейной регрессии

$y_i$	$x_i$	$x_i^2$	$y_i x_i$	$y^*(x_i)$
4	0,5	0,25	2,0	4,35
6	1,5	2,25	9,0	5,21
5,5	2,5	6,25	13,75	6,07
7	3,5	12,25	24,5	6,93
8	4,5	20,25	36,0	7,79
8,5	5,5	30,25	46,75	8,65
$\sum_i^n y_i$	$\sum_i^n x_i$	$\sum_i^n x_i^2$	$\sum_i^n y_i x_i$	

Таким образом, мы получили линейное уравнение регрессии, которое имеет вид:

$$y^*(x) = 3,92 + 0,86 x.$$

Подробное описание получения математической зависимости параметра оптимизации методом наименьших квадратов приводится в [1].

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

- 1 Изучить материал в приведенных литературных источниках.
- 2 Кратко законспектировать основную теорию по теме работы.
- 3 Получить методом наименьших квадратов математическую зависимость параметра оптимизации на основании данных, приведенных в таблице 2.1, положив  $x_i = 2x_i$ ,  $y_i = 2y_i$ .

4 Построить теоретическую линию регрессии и нанести на график экспериментальные данные. Проанализировать результаты аппроксимации.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое метод наименьших квадратов?
- 2 В каких случаях применяется метод наименьших квадратов?
- 3 Как влияет объем выборки на корреляционную зависимость?
- 4 При каком значении коэффициента корреляции регрессионная зависимость считается адекватной?

### 3 Лабораторная работа № 3. Полный факторный эксперимент

**Цель работы:** ознакомиться с методикой проведения полного факторного эксперимента.

Полный факторный эксперимент является одним из методов исследования, позволяющим оценить влияние нескольких факторов на исследуемый процесс или явление. Он предполагает проведение эксперимента, в котором все возможные комбинации уровней всех факторов рассматриваются и изучаются.

Основные принципы полного факторного эксперимента.

1 Фактор – это переменная, которая предполагается влияющей на переменную отклика.

2 Уровни фактора – это значения, которые может принимать фактор.

3 Исследуемый процесс или явление – это переменная отклика, значение которой зависит от уровней факторов.

4 Полный факторный эксперимент включает в себя все возможные комбинации уровней факторов.

5 Целью полного факторного эксперимента является выявление статистически значимого влияния факторов на переменную отклика, а также определение взаимодействий между факторами.

Для проведения полного факторного эксперимента необходимо:

- 1) определить факторы и их уровни;
- 2) определить методы для сбора данных и измерений переменной отклика;
- 3) провести эксперимент, включающий все комбинации уровней факторов;
- 4) анализировать данные с помощью статистических методов, таких как дисперсионный анализ, для определения статистической значимости влияния факторов и их взаимодействий.

Полный факторный эксперимент позволяет получить более точные и надежные результаты, чем частичный или однофакторный эксперимент, т. к. он учитывает все возможные варианты воздействия факторов. Однако проведение полного факторного эксперимента может потребовать больших затрат времени, ресурсов и средств, поэтому не всегда возможно использовать этот метод исследования.

Полный факторный эксперимент (ПФЭ) – совокупность нескольких измерений, удовлетворяющих следующим условиям:

- количество измерений составляет  $2^n$ , здесь  $n$  – количество факторов;
- каждый фактор принимает только два значения – верхнее и нижнее;
- в процессе измерения верхние и нижние значения факторов комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Преимуществами полного факторного эксперимента являются:

- простота решения системы уравнений оценивания параметров;
- статистическая избыточность количества измерений, которая уменьшает влияние погрешностей отдельных измерений на оценку параметров.

Полным факторным экспериментом называется эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов. Если число факторов

равно  $n$ , а число уровней каждого фактора равно  $p$ , то имеем полный факторный эксперимент типа  $p^n$ .

Описание ПФЭ и примеров его использования приводится в [2, 3].

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

1 Изучить материал в приведенных литературных источниках.

2 Кратко законспектировать основную теорию по теме работы.

3 Провести полный факторный эксперимент. Последовательность проведения эксперимента:

- подготовить экспериментальные данные;
- определить область планирования эксперимента, число действующих факторов, функцию отклика;
- провести проверку экспериментальных данных на однородность и нормальность;
- запустить программу «полный факторный эксперимент»;
- провести расчет матрицы планирования ПФЭ, занести матрицу в протокол. Необходимо обратить внимание, что матрица заполняется в строгом соответствии с планом эксперимента;
- получить уравнение регрессии. Занести результаты в отчет. Провести сравнение экспериментальных и расчетных значений. Занести в отчет полученную таблицу;
- провести оценку значимости коэффициентов регрессии и оценку адекватности полученного уравнения;
- провести анализ типа поверхности отклика, построить линии равного уровня. Результаты занести в протокол. Схематично изобразить полученную поверхность, линии равного уровня;
- рассчитать значения выходного параметра;
- рассчитать отклонение расчетного значения выходного параметра от экспериментальных данных в центре плана;
- написать выводы о проделанной работе.

### ***Контрольные вопросы***

1 Что такое полный факторный эксперимент?

2 Расскажите последовательность проведения полного факторного эксперимента.

3 В чем отличие полного факторного от однофакторного эксперимента?

4 Как определяется число опытов при полном факторном эксперименте?

5 Как определяются коэффициенты регрессии в полном факторном эксперименте?

## 4 Лабораторная работа № 4. Планирование эксперимента по теме магистерской диссертации

**Цель работы:** изучить основные методы и принципы планирования эксперимента для последующего применения их в рамках магистерской диссертации.

### Основные понятия и принципы планирования эксперимента.

Планирование научного эксперимента представляет собой систематический подход к проведению и анализу экспериментов с целью получения достоверных результатов. Основные понятия и принципы планирования научного эксперимента включают следующее.

1 Цель исследования: формулирование четкой и конкретной цели исследования является первоочередной задачей при планировании эксперимента. Цель должна быть измеримой, конкретной и релевантной для научных интересов.

2 Гипотеза: разработка теоретического предположения о возможных результатах исследования, которое затем будет проверяться в ходе эксперимента.

3 Вариативность: определение переменных, которые будут изменяться (независимые переменные) и измеряться (зависимые переменные) в ходе эксперимента. Это позволяет контролировать влияние внешних факторов на результаты исследования.

4 Рандомизация: случайное назначение участников или условий эксперимента позволяет минимизировать влияние случайных факторов на результаты исследования.

5 Репрезентативность выборки: выборка участников или объектов исследования должна быть репрезентативной и отражать ту группу людей или объектов, которая является предметом исследования.

6 Контроль группы: включение контрольной группы, которая не подвергается воздействию независимой переменной, позволяет сравнивать результаты эксперимента и оценивать его эффективность.

7 Анализ данных: статистический анализ результатов эксперимента позволяет оценить степень достоверности полученных результатов и сделать выводы о гипотезе и целях исследования.

Таким образом, планирование научного эксперимента требует внимательного подхода к разработке цели, гипотезы, выбору переменных, контрольной группы и анализу результатов, что позволяет получить достоверные и значимые научные выводы.

### Виды планирования (списочное, факториальное, общее).

Существует несколько видов планирования эксперимента, которые могут быть использованы в различных ситуациях для достижения определенных целей и получения нужной информации.

1 Списочное планирование эксперимента: при таком подходе исследователь составляет список различных условий или вариантов, которые предполагается проверить в эксперименте. Затем проводится серия экспериментов, каждый из которых затрагивает одно из условий или вариантов. Этот вид

планирования удобен в случаях, когда нужно проверить отдельные аспекты или гипотезы.

2 Факториальное планирование эксперимента: в данном случае исследователь проверяет воздействие нескольких факторов на исследуемую переменную одновременно. Факторы могут быть независимыми или взаимодействующими. Факториальные эксперименты позволяют более полно оценить влияние различных факторов на результат и выявить возможные взаимодействия между ними.

3 Общее планирование эксперимента: данный вид планирования сочетает в себе несколько подходов и стратегий планирования. Исследователь может использовать как списочное, так и факториальное планирование, в зависимости от поставленных целей и задач исследования. Общее планирование эксперимента позволяет получить более полную и точную информацию о влиянии различных факторов на результат и проанализировать их взаимодействие.

### **Примеры планирования эксперимента по выбранной теме магистерской диссертации.**

#### **Пример 1**

Пусть выбранная тема магистерской диссертации связана с изучением влияния различных удобрений на рост и урожайность томатов.

#### **1 Определение цели и задач исследования:**

Цель исследования: изучить влияние различных удобрений на рост и урожайность томатов.

#### **Задачи исследования:**

- подготовить почву и посадить томаты;
- применять различные виды удобрений в течение периода роста растений.
- измерять параметры роста растений (высоту, диаметр стебля, количество листьев и т. д.).
- собирать данные об урожайности томатов в конце периода роста.

#### **2 Определение факторов и уровней.**

Фактор: вид удобрения (например, мочевины, компост, минеральные удобрения).

Уровни фактора: каждый вид удобрения будет представлен в исследовании в отдельной группе.

#### **3 Выбор методики исследования:**

- планирование полевого эксперимента на участке с однородной почвой;
- рандомизация распределения удобрений на участке;
- измерение параметров роста растений;
- сбор урожая в конце периода роста растений.

#### **4 Составление плана эксперимента:**

- подготовка участка и посадка томатов;
- разделение участка на группы с различными видами удобрений;
- применение удобрений в соответствии с планом;
- измерение параметров роста и сбор данных об урожайности.

## 5 Анализ результатов и выводы:

- сравнение данных по росту и урожайности томатов в различных группах;
- статистический анализ полученных результатов;
- формулирование выводов и рекомендаций на основе полученных данных.

Таким образом, проведение эксперимента по изучению влияния удобрений на рост и урожайность томатов поможет выявить оптимальные условия для выращивания данного культурного растения.

### **Пример 2**

Вначале необходимо определить цель и задачи исследования. Например, если выбранной темой магистерской диссертации является «Оптимизация производственных процессов с помощью методов системного анализа», то целью исследования может быть повышение эффективности производства, а задачами – исследование текущих производственных процессов, разработка модели производства, определение оптимальных параметров и т. д.

После определения цели и задач исследования необходимо спланировать экспериментальную часть работы. Например, план эксперимента может включать следующие шаги.

1 Определение факторов, влияющих на производственные процессы (например, температура, давление, скорость и т. д.).

2 Определение уровней каждого фактора, которые будут использоваться в эксперименте.

3 Проведение серии экспериментов, в которых будут изменяться значения факторов согласно заранее определенному плану.

4 Сбор данных о результатах экспериментов (например, производительность, качество продукции и т. д.).

5 Анализ полученных данных с использованием методов системного анализа.

6 Сделать выводы и предложения по оптимизации производственных процессов.

Таким образом, план эксперимента позволит провести исследование в рамках выбранной темы и достичь поставленных целей и задач.

### **Анализ результатов планирования эксперимента и выводы.**

В процессе планирования эксперимента были проанализированы различные параметры и переменные, которые могут влиять на результаты исследования. Были определены цели и задачи эксперимента, выбраны методы и техники исследования, а также определены факторы, которые будут влиять на результаты.

После проведения эксперимента и анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1 Были достигнуты поставленные цели и задачи эксперимента.

2 Выявлены факторы, которые оказывают наибольшее влияние на исследуемый процесс.

3 Определены оптимальные условия для достижения желаемого результата.

4 Полученные данные позволяют сделать выводы о влиянии различных переменных на итоговый результат и предложить рекомендации для повышения эффективности исследуемого процесса.

Таким образом, результаты планирования эксперимента позволили получить ценные знания о исследуемом процессе и выделить ключевые факторы, которые следует учитывать при дальнейших исследованиях.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

- 1 Изучить материал в приведенных литературных источниках.
- 2 Кратко законспектировать основную теорию по теме работы.
- 3 Определите цель и задачи своей магистерской диссертации.
- 4 Выберите методы и приборы для проведения эксперимента.
- 5 Определите факторы, которые будут влиять на результаты эксперимента.
- 6 Постройте план эксперимента на основе выбранных факторов.
- 5 Проведите эксперимент и проанализируйте полученные данные.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что понимается под планированием эксперимента?
- 2 Какие виды планирования эксперимента существуют?
- 3 Какие основные принципы следует учитывать при планировании эксперимента?

## **Список литературы**

- 1 Обработка экспериментальных данных на ЭВМ: учебник / О. С. Логунова [и др.]. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 326 с.
- 2 **Гребенникова, И. В.** Методы математической обработки экспериментальных данных: учебно-методическое пособие / И. В. Гребенникова. – 2-е изд., стер. – Москва : Флинта, 2017. – 124 с.
- 3 **Карманов, Ф. И.** Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad: учебное пособие / Ф. И. Карманов, В. А. Острейковский. – Москва: КУРС; ИНФРА-М, 2018. – 208 с.