

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.04 Логика и методология науки в агроинженерии**

**Направление подготовки (специальность) 35.04.06 – Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»**

**Форма обучения заочная**

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1.</b>	<b>Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Лекция № 1 Наука и ее формы в учебном процессе и производстве .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Лекция № 2 Общая схема хода научного исследования .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>Лекция № 3 Теоретические и методические основы проведения многофакторных экспериментов .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4</b>	<b>Лекция № 4 Методика статистической обработки экспериментальных данных ....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>Методические указания по проведению практических занятий.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-1 Агротехническая оценка условий и результатов работы сельскохозяйственных агрегатов .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-2 Методика изготовления тензодатчиков .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-3 Методика проведения лабораторных и полевых экспериментов .....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-4 Поиск оптимального решения однофакторной задачи .....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-5 Интерпретация результатов многофакторных экспериментов .....</b>	<b>18</b>
<b>2.6.</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-6 Построение криволинейной модели .....</b>	<b>20</b>
<b>2.7.</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-7 Построение криволинейной модели. Регрессионная статистика. Дисперсионный анализ .....</b>	<b>21</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

**Тема:** «Наука и ее формы в учебном процессе и производстве»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Основные понятия.
2. Классификация наук.
3. Научно-исследовательская работа студентов.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Основные понятия.

Наука — сфера исследовательской деятельности, направленная на получение новых знаний о природе, обществе и мышлении. В настоящее время развитие науки связано с разделением и кооперацией научного труда, созданием научных учреждений, экспериментального и лабораторного оборудования. Являясь следствием общественного разделения труда, наука возникает вслед за отделением умственного труда от физического и превращением познавательной деятельности в специфический род занятий особой группы людей. Появление крупного машинного производства создает условия превращения науки в активный фактор самого производства. В условиях научно-технической революции происходит коренная перестройка науки, уже не просто следующей за развитием техники, а обгоняющей ее, становящейся ведущей силой прогресса материального производства. Оказывая стимулирующее воздействие на общественное производство, наука пронизывает все факторы общественной жизни. Необходимость научного подхода в материальном производстве, в экономике и в политике, в сфере управления и в системе образования заставляет науку развиваться более быстрыми темпами, чем любую другую отрасль деятельности.

Современное общество во всех его элементах и во всех видах его деятельности пронизано влиянием науки и техники. В наши дни наука становится во все большей мере производительной силой общества. Все формы физического и умственного труда: медицина, транспорт, связь, быт современного человека — испытывают на себе глубокое преобразующее действие научно-технического прогресса.

2. Классификация наук.

Классификация наук — это раскрытие их взаимной связи на основании определенных принципов и выражение этих связей в виде логически обоснованного расположения или ряда. Марксистская классификация наук раскрывает взаимосвязь естественных, технических, общественных наук и философии. В основе этой классификации лежат специфические особенности изучаемых различными науками объектов материального мира. «Классификация наук, из которых каждая анализирует отдельную форму движения, является вместе с тем классификацией, расположением согласно внутренне присущей им последовательности, самих этих форм движения, и в этом именно и заключается ее значение».

Проблема, классификации наук - это проблема структуры всего научного знаний. Чтобы правильно показать ее современное состояние, а тем более тенденции ее перспективного развития, необходимо взглянуть на нее с исторической точки зрения.

3. Научно-исследовательская работа студентов.

Основной задачей высшей школы в современных условиях является подготовка специалистов всесторонне развитых, способных непрерывно пополнять и углублять

свои знания, повышать идейный, теоретический и профессиональный уровень, активно участвовать в ускорении научно-технического прогресса. В этих целях в высшей школе постоянно осуществляются меры, направленные на повышение эффективности учебно-воспитательного процесса и научно-исследовательской работы путем интеграции науки, образования и производства, оперативного и гибкого обновления содержания учебного материала. Особое внимание уделяется развитию творческих способностей будущих специалистов путем внедрения активных форм обучения, призванных формировать у студентов самостоятельность и творческую активность, ответственный подход к овладению знаниями. Во многих вузах уже имеется значительный опыт в этом направлении, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем, позволяющих вести диалог с ЭВМ. Всевозрастающее значение в деле повышения качества подготовки специалиста, отвечающего требованиям науки, техники и культуры, приобретает научно-исследовательская работа, выполняемая профессорско-преподавательским составом. Она имеет триединую цель: решение актуальных научных и народнохозяйственных задач, улучшение качества подготовки будущих специалистов для народного хозяйства и повышение квалификации преподавателей. Чем выше научный потенциал вуза, тем содержательнее и современнее его учебно-методическая база.

Развитие научно-исследовательской работы в высших учебных заведениях создало условия для широкого привлечения студентов к научным исследованиям — важного фактора повышения качества подготовки специалистов в соответствии с современными требованиями научно-технической революции. Еще в 20-х годах при некоторых кафедрах стали создаваться студенческие научные кружки, наиболее талантливые студенты стали принимать участие в исследованиях, проводимых научно-педагогическими коллективами.

В последние годы такое участие студентов в научно-исследовательской работе перестало удовлетворять требованиям, предъявляемым к высшей школе страны со стороны бурно развивающихся науки, техники, производства. Возникла объективная потребность в том, чтобы все будущие специалисты в процессе обучения проходили школу научно-технического творчества, так как сам характер труда специалиста независимо от того, на каком участке трудится специалист, во все большей мере становится творческим и требует соответствующей подготовки. «Одним из основных способов развития аналитического и творческого мышления должно стать непереносное участие студентов в научных исследованиях, реальных проектных и конструкторско-технологических разработках», — говорится в Основных направлениях перестройки высшего и среднего специального образования.

## **1. 2 Лекция № 2 (2 часа).**

**Тема: «Общая схема хода научного исследования»**

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Общая структура исследования.
2. Структура научной работы.
3. Актуальные методы исследования.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Общая структура исследования.

Весь ход научного исследования можно представить в виде следующей логической схемы:

1. Обоснование актуальности выбранной темы.

2. Постановка цели и конкретных задач исследования.
3. Определение объекта и предмета исследования.
4. Выбор методов (методики) проведения исследования.
5. Описание процесса исследования.
6. Обсуждение результатов исследования.
7. Формулирование выводов и оценка полученных результатов.

Обоснование актуальности выбранной темы — начальный этап любого исследования. В применении к диссертации понятие "актуальность" имеет одну особенность. Диссертация, как уже указывалось, является квалификационной работой, и то, как ее автор умеет выбрать тему и насколько правильно он эту тему понимает и оценивает с точки зрения своевременности и социальной значимости, характеризует его научную зрелость и профессиональную подготовленность.

Освещение актуальности должно быть не многословным. Начинать ее описание из далека нет особой необходимости. Достаточно в пределах одной машинописной страницы показать главное — суть проблемной ситуации, из чего и будет видна актуальность темы. Таким образом, формулировка проблемной ситуации — очень важная часть введения. Поэтому имеет смысл остановиться на понятии "проблема" более подробно.

Любое научное исследование проводится для того, чтобы преодолеть определенные трудности в процессе познания новых явлений, объяснить ранее неизвестные факты или выявить неполноту старых способов объяснения известных фактов. Эти трудности в наиболее отчетливой форме проявляют себя в так называемых проблемных ситуациях, когда существующее научное знание оказывается недостаточным для решения новых задач познания.

Проблема всегда возникает тогда, когда старое знание уже обнаружило свою несостоятельность, а новое знание еще не приняло развитой формы. Таким образом, проблема в науке — это противоречивая ситуация, требующая своего разрешения. Такая ситуация чаще всего возникает в результате открытия новых фактов, которые явно не укладываются в рамки прежних теоретических представлений, т.е. когда ни одна из теорий не может объяснить вновь обнаруженные факты.

Правильная постановка и ясная формулировка новых проблем нередко имеет не меньшее значение, чем решение их самих. По существу, именно выбор проблем, если не целиком, то в очень большой степени определяет стратегию исследования вообще и направление научного поиска в особенности. Не случайно принято считать, что сформулировать научную проблему — значит показать умение отделить главное от второстепенного, выяснить то, что уже известно и что пока неизвестно науке о предмете исследования.

Таким образом, если соискателю удастся показать, где проходит граница между знанием и незнанием о предмете исследования, то ему бывает нетрудно четко и однозначно определить научную проблему, а следовательно, и сформулировать ее суть.

Отдельные диссертационные исследования ставят целью развитие положений, выдвинутых той или иной научной школой. Темы таких диссертаций могут быть очень узкими, что отнюдь не умаляет их актуальности. Цель подобных работ состоит в решении частных вопросов в рамках той или иной уже достаточно апробированной концепции. Таким образом, актуальность таких научных работ в целом следует оценивать с точки зрения той концептуальной установки, которой придерживается диссертант, или того научного вклада, который он вносит в разработку общей концепции.

Между тем, соискатели часто избегают брать узкие темы. Это неправильно. Дело в том, что работы, посвященные широким темам, часто бывают поверхностными и мало самостоятельными. Узкая же тема прорабатывается более глубоко и детально. Вначале кажется, что она настолько узка, что и писать не о чем. Но по мере

ознакомления с материалом это опасение исчезает, исследователю открываются такие стороны проблемы, о которых он раньше и не подозревал.

Актуальные научные решения, лежащие в основе диссертационной работы, могут рассматриваться как заявки на изобретения и открытия, если они отличаются новизной и дают положительный эффект.

## **2. Структура научной работы.**

От доказательства актуальности выбранной темы логично перейти к формулировке цели предпринимаемого исследования, а также указать на конкретные задачи, которые предстоит решать в соответствии с этой целью. Это обычно делается в форме перечисления (изучить..., описать..., установить..., выяснить..., вывести формулу и т.п.).

Формулировки этих задач необходимо делать как можно более тщательно, поскольку описание их решения должно составить содержание глав диссертационной работы. Это важно также и потому, что заголовки таких глав рождаются именно из формулировок задач предпринимаемого исследования.

Далее формулируются объект и предмет исследования. Объект — это процесс или явление, порождающее проблемную ситуацию и избранное для изучения. Предмет — это то, что находится в границах объекта.

Объект и предмет исследования как категории научного процесса соотносятся между собой как общее и частное. В объекте выделяется та его часть, которая служит предметом исследования. Именно на него и направлено основное внимание диссертанта, именно предмет исследования определяет тему диссертационной работы, которая обозначается на титульном листе как ее заглавие.

## **3. Актуальные методы исследования.**

Очень важным этапом научного исследования является выбор методов исследования, которые служат инструментом в добывании фактического материала, являясь необходимым условием достижения поставленной в такой работе цели.

Описание процесса исследования — основная часть диссертационной работы, в которой освещаются методика и техника исследования с использованием логических законов и правил.

Очень важный этап хода научного исследования — обсуждение его результатов, которое ведется на заседаниях профилирующих кафедр, ученых советов, на заседаниях, где дается предварительная оценка теоретической и практической ценности диссертации и коллективный отзыв.

Заключительным этапом хода научного исследования являются выводы, которые содержат то новое и существенное, что составляет научные и практические результаты проведенной диссертационной работы.

### **1. 3 Лекция № 3 (2 часа).**

**Тема:** «Теоретические и методические основы проведения многофакторных экспериментов»

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Общие положения.
2. Основные идеи теории планирования.
3. Математические модели.

#### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Общие положения.

Высокая производительность и качество механической обработки деталей при минимальной себестоимости могут быть достигнуты при условии, что технологический процесс (ТП), инструмент и режимы резания являются оптимальными для данных условий обработки.

Под оптимальными режимами понимают такое сочетание значений факторов ТП, при которых ожидается наилучшее значение параметра оптимизации.

В качестве параметров оптимизации ТП могут быть приняты:

- а) показатели качества обработки (точность, шероховатость, и т.д.);
- б) показатели производительности и себестоимости обработки;
- в) показатели стойкости режущего инструмента, усилия, температура резания и другие.

В качестве факторов ТП могут рассматриваться физические и механические характеристики материалов обрабатываемой заготовки и инструмента, элементы режимов резания, геометрии режущего инструмента, применяемые СОТС и т.д.

Решение задачи оптимизации ТП на практике затруднено недостаточной информацией об исследуемом процессе и наличием большого числа факторов  $x_j$ , влияющих на параметры оптимизации  $y_i$ .

Эти обстоятельства практически исключают теоретический путь решения задачи оптимизации конкретных ТП. Экспериментальный путь решения этой задачи становится наиболее реальным с использованием прогрессивных методов теории планирования много- факторных экспериментов (МФЭ).

Использование этих методов позволяет не только построить математические модели используемых ТП в виде уравнений:

$$y_j = f(x_1; x_2; \dots; x_n) \quad (1)$$

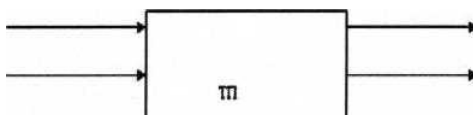
но и выполнить оптимизацию параметров  $y_i$  при проведении экспериментов.

МФЭ в отличие от классического (1-факторного) метода позволяет одновременно учитывать всё множество действующих факторов, при этом в каждом опыте варьируют одновременно все факторы на разных уровнях в соответствии с принятым планом. При этом большинство разработанных планов МФЭ являются оптимальными как по числу опытов, так и по точности эксперимента.

## 2. Основные идеи теории планирования.

Основные идеи теории планирования МФЭ состоят в следующем. Исследуемый ТП представляется в виде «чёрного» ящика - рис. 1, на входе которого имеется множество факторов  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , а выход характеризуется параметрами  $y_1, y_2, \dots, y_k$ .

Искомые параметр представляют в виде разложения в ряд Тейлора по степеням факторов, при этом оценки коэффициентов ряда находят в результате статистической обработки заранее спланированного и проведённого МФЭ. В итоге получают уравнение регрессии (функцию отклика):



$$Y' = b_0 + \sum b_{ix_i} + \sum b_{ij} X_i X_j + \sum b_{ii} X_i^2 + \dots \quad (2)$$

которое и является математической моделью исследуемого ТП.

Теоретической основой для нахождения коэффициентов  $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$  служит метод наименьших квадратов, для корректного применения которого необходимо соблюдать ряд предпосылок [1]. Наш анализ показал, что для большинства ТП

преимуществами МФЭ являются:

- а) чёткий план проведения эксперимента;
- б) обработка результатов МФЭ формализована, в связи с чем её возможно проводить на ЭВМ;
- в) с увеличением числа факторов точность эксперимента повышается;
- г) число необходимых опытов снижается в 3... 10 раз по сравнению с классическим методом (при одинаковой точности обоих методов);
- д) по аналитической зависимости (2), полученной при обработке результатов МФЭ, можно оценить влияние каждого из факторов  $x_i$ , на исследуемый параметр  $y_j$ , что создаёт предпосылки для управления и оптимизации исследуемого ТП.

Отмеченные преимущества МФЭ определяют высокую эффективность их применения в практике технологии машиностроения и других отраслях производства.

Исследования показали широкий спектр возможных областей применения МФЭ в технологии машиностроения, в частности МФЭ используют для решения следующих практических задач:

- а) технологии металлов и композиционных материалов (литьё, обработка давлением, порошковая металлургия, производство биметаллов и т.д.);
- б) сварки (практически все виды), склеивания, термообработки, нанесения покрытий, и т.д.;
- в) обработки резанием (практически все её виды);
- г) разработки и внедрения нетрадиционных ТП (пластическое деформирование, ротационная вытяжка, вибрационная обработка, термофрикционная обработка, электрофизические методы обработки и т.д.)

В настоящее время автор располагает банком данных, содержащим более 300 примеров применения МФЭ в технологии машиностроения и других отраслях промышленности.

### 3. Математические модели.

Наш анализ показал, что наиболее широко при этом применяют следующие планы и методы теории планирования МФЭ:

- 1) планы первого порядка: ПФЭ (полного факторного эксперимента) и ДФЭ (дробного факторного эксперимента);
- 2) планы второго порядка: ОЦКП (ортогонального центрального композиционного плана) и РЦКП (рототабельного центрального композиционного плана);
- 3) оптимизация методом крутого восхождения(КВ) или симплексного планирования(СП).

Если ожидаемая математическая модель имеет вид:

$$y'_i = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j \quad (3)$$

то рекомендуется план ПФЭ типа  $2^k$ , где 2 - число уровней варьирования каждого из факторов, k - число факторов.

Если математическая модель ожидается в виде:

$$y' = b_0 + \sum b_i x_i \quad (4)$$

то допустимо ограничиться планом ДФЭ типа  $2^{k-p}$ , где p - число факторов, приравненных к взаимодействию (априорно незначимому) других факторов.

Если математическая модель ожидается в виде:

$$y' = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{iii} x_i^2 \quad (5)$$

то применяют планы ОЦКП или РЦКП. Эти планы строят на основе ПФЭ с добавлением опытов в центре плана и в «звёздных» точках (их координаты находят по соответствующим формулам).

Оптимизация методом КВ производится на основе математической модели вида



(3) или (4) с последующим движением в направлении градиента исследуемого параметра. Метод СП не требует предварительного получения модели процесса и предполагает последовательное движение в направлении, противоположном наихудшему значению параметра, полученному в предыдущей серии опытов.

#### **1. 4 Лекция № 4 (2 часа).**

**Тема:** «Методика статистической обработки экспериментальных данных»

##### **1.4.1 Вопросы лекции:**

1. Методы статистической обработки результатов эксперимента.
2. Методы вторичной статистической обработки результатов эксперимента.
3. Методика обработки экспериментальных данных.

##### **1.4.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Методы статистической обработки результатов эксперимента.

Методами статистической обработки результатов эксперимента называются математические приемы, формулы, способы количественных расчетов, с помощью которых показатели, получаемые в ходе эксперимента, можно обобщать, приводить в систему, выявляя скрытые в них закономерности. Речь идет о таких закономерностях статистического характера, которые существуют между изучаемыми в эксперименте переменными величинами.

Некоторые из методов математико-статистического анализа позволяют вычислять так называемые элементарные математические статистики, характеризующие выборочное распределение данных, например выборочное среднее, выборочная дисперсия, мода, медиана и ряд других. Иные методы математической статистики, например дисперсионный анализ, регрессионный анализ, позволяют судить о динамике изменения отдельных статистик выборки. С помощью третьей группы методов, скажем, корреляционного анализа, факторного анализа, методов сравнения выборочных данных, можно достоверно судить о статистических связях, существующих между переменными величинами, которые исследуют в данном эксперименте.

Все методы математико-статистического анализа условно делятся на первичные и вторичные. Первичными называют методы, с помощью которых можно получить показатели, непосредственно отражающие результаты производимых в эксперименте измерений. Соответственно под первичными статистическими показателями имеются в виду те, которые применяются в самих психодиагностических методиках и являются итогом начальной статистической обработки результатов психодиагностики. Вторичными называются методы статистической обработки, с помощью которых на базе первичных данных выявляют скрытые в них статистические закономерности.

К первичным методам статистической обработки относят, например, определение выборочной средней величины, выборочной дисперсии, выборочной моды и выборочной медианы. В число вторичных методов обычно включают корреляционный анализ, регрессионный анализ, методы сравнения первичных статистик у двух или нескольких выборок.

2. Методы вторичной статистической обработки результатов эксперимента.

С помощью вторичных методов статистической обработки экспериментальных данных непосредственно проверяются, доказываются или опровергаются гипотезы, связанные с экспериментом. Эти методы, как правило, сложнее, чем методы первичной статистической обработки, и требуют от исследователя хорошей подготовки в области элементарной математики и статистики.

Обсуждаемую группу методов можно разделить на несколько подгрупп:

1. Регрессионное исчисление.
2. Методы сравнения между собой двух или нескольких элементарных статистик (средних, дисперсий и т.п.), относящихся к разным выборкам.
3. Методы установления статистических взаимосвязей между переменными, например их корреляции друг с другом.
4. Методы выявления внутренней статистической структуры эмпирических данных (например, факторный анализ). Рассмотрим каждую из выделенных подгрупп методов вторичной статистической обработки на примерах.

### 3. Методика обработки экспериментальных данных.

Вся процедура обработки экспериментальных данных может быть разделена на два этапа. На первом производится первичная обработка сведений, полученных при проведении эксперимента по химическому равновесию, с целью определения значений констант равновесия. К этому же этапу относится и статистическая обработка данных, позволяющая провести выбраковку ошибочных сведений.

На втором этапе полученные значения констант равновесия подвергаются анализу с целью непосредственного определения роли энтальпийного и энтропийного факторов в равновесии позиционной изомеризации изучаемых веществ и выработки подходов к прогнозированию равновесия превращений родственных структур.

Исключение грубых ошибок внутри серии определений константы равновесия. Для каждой температуры исследования сериями считали опыты, различающиеся между собой либо составом исходной смеси, либо количеством катализатора. Отбраковку промахов в сериях проводили с использованием критерия - наибольшего по абсолютной величине нормированного выборочного отклонения:

$$\xi(K_i, S^*) = \frac{(K_i - K_{x,j})}{S^*},$$

Расчет среднего арифметического значения константы равновесия и дисперсии воспроизводимости в сериях после исключения грубых ошибок:

$$K_{x,j} = \frac{1}{n_j} \sum K_i, \quad S_{0j}^2 = \frac{1}{n_j - 1} \sum (K_i - K_{x,j})^2$$

Сопоставление дисперсий воспроизводимости констант равновесия в сериях при одной температуре. Эта стадия дисперсионного анализа является весьма полезной, так как позволяет контролировать ошибки воспроизводимости, возникающие на всех этапах получения экспериментальной информации. Проверку равенства дисперсий воспроизводимости в сериях выполняли по двум критериям: Фишера - если число серий равнялось двум и Бартлетта - когда количество серий превышало два. Если нуль-гипотеза выполнялась, то дисперсию воспроизводимости вычисляли по следующей формуле:

$$S_1^2 = (\sum f_j)^{-1} \cdot \sum f_j S_j^2$$

Для всех изученных в данной работе превращений дисперсии воспроизводимости констант равновесия в сериях были однородны.

Проверку значимости расхождения средних значений констант равновесия в сериях.

$$S_2^2 = \frac{\sum \omega_j}{m-1} (K_{x,j} - K_x)^2$$

Для этого вычисляли дисперсию  $S_2^2$ :

Проверку гипотезы равенства средних значений констант равновесия в сериях проводили с помощью распределения Фишера. Если нуль-гипотеза выполнялась, то вычисляли сводную дисперсию

$$S^2 = \frac{(f_1 \cdot S_1^2 \cdot f_2 \cdot S_2^2)}{f_1 + f_2}$$

с числом степеней свободы  $f = f_1 + f_2$ . На этом обработка заканчивалась.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **2.1 Практическое занятие № 1 ( 2 часа).**

**Тема:** «Агротехническая оценка условий и результатов работы сельскохозяйственных агрегатов»

#### **2.1.1 Задание для работы:**

1. Определение твердости почвы.
2. Определение глубины обработки почвы.
3. Определение твердости металлов.

#### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Общая характеристика внешних условий

Одним из условий правильного планирования и проведения испытаний с. х. техники является наличие достоверной информации о природно-производственных условиях, которые относятся к объективным факторам условия проведения испытаний, которые в значительной мере определяют общие закономерности эксплуатационно-технологических процессов работы.

В первую очередь необходимо учитывать главные факторы, характеризующие природно-климатические и производственные условия, которые влияют на тяговые свойства и рабочее сопротивление машин, технологию выполнения рабочего процесса и режимы работы агрегатов.

Большое влияние на показатели работы мобильных агрегатов имеют такие факторы природно-производственных и метеоклиматических условий, как физическое состояние почвы и обрабатываемой биологической массы которые, микро - и макрорельеф полей и исследовательских участков, их размеры, и т. д.

Статистический анализ указанных факторов может быть проведен на примере отдельных типичных районов и областей почвенно-климатических зон на основе многолетнего сбора материалов и проведения специальных исследований.

В связи с большим объемом необходимых данных, количество и место определения показателей необходимо планировать методом случайных испытаний, использовать при этом таблицу случайных чисел, учитывая при этом типичные условия и их крайние (экстремальные) отклонения.

Структура и содержание агротехнической оценки.

Агротехническую оценку при испытанных машин необходимо проводить в оптимальные агротехнические сроки, которые установлены для данной зоны уборки с. х. культуры. Причем общая характеристика данной культуры должна отвечать показателям характеристики культуры, которые установленные в ТЗ на разработку машины, которая проходит испытание.

Показатели агротехнической оценки при испытании с. х. машин можно условно поделить на три основные группы, которые имеют такую структуру:

- 1) первая характеризует технологические возможности машины, к которым

относятся:

А) предельные показатели агротехнического фона;  
Б) показатели режимов работы машины;  
В) показатели технологических характеристик условий проведения испытаний, например, влажность обрабатываемого материала, засоренность поля сорняками, плотность и неровность почвы, скорость движения, пропускная способность, урожайность культуры и т. д.

2) вторая характеризует качество выполнения машиной технологического процесса в типичных зональных условиях при оптимальных и допустимых предельных режимах работы, которое регламентируется исходными требованиями на каждый тип машины;

3) третья характеризует показатели стабильности выполнения технологического процесса в разных зональных и эксплуатационных условиях.

Агротехническая оценка машины включает в себе проведение таких видов работ:

- 1) определение условий проведения испытаний;
- 2) выбор режимов работы;
- 3) определение показателей качества работы.

К условиям проведения испытаний относятся:

- 1) метеорологические условия, т. е. температура воздуха, относительная влажность воздуха, осадки, скорость ветра, атмосферное давление;
- 2) характеристики поля или участка, т. е. рельеф поля (участка), микрорельеф участка, засоренность посевов и почвы сорняками и камнями, толщина пласта дерна и степень связанности дерна;
- 3) характеристика почвы, т. е. тип почвы и название по механическому составу, фракционный состав почвы, влажность и плотность почвы в заданном пласте, плотность почвы;
- 4) характеристика культуры, т. е. название культуры, урожайность культуры на поле или участке, специфические показатели для отдельных культур, например, зерновые - высота, влажность скошенного валка и т. д.;
- 5) корнеплоды - отклонение корнеплодов от осевой линии рядка, расположение головок относительно поверхности почвы, интервал между растениями и т. д.;
- 6) посевной материал - влажность семян, их фракционный состав, засоренность посторонними примесями и т. д.

При выборе режимов работы определяют границы изменения:

- 1) скорости движения машины или агрегата;
- 2) глубину хода рабочих органов;
- 3) кинематические, гидравлические или электрические режимы работы, если они предусмотрены изменяемыми в ТЗ, например: границы изменения угловой скорости обращения молотильного барабана, роторного барабана фрезы, битерного вала очистителя головок корнеплодов, амплитуду решетного состояния, границы изменения рабочих давлений гидромоторов и т. д.;
- 4) физических величин зачетных участков для испытаний или объема материала, который поступает на обработку и т. п.;
- 5) количество проб, которые необходимо взять при проведении испытаний на одном режиме;
- 6) и других специфических величин, которые характерны для режимов работы данного типа испытываемой машины, например, расстояние перевозки собранного материала и т. д.

К показателям качества работы относят функциональные показатели качества выполнения технологического процесса.

### **2.1.3 Результаты и выводы:**

Написать отчет и сделать выводы по представленной информации в практической работе.

## **2.2 Практическое занятие № 2 ( 2 часа).**

**Тема:** «Методика изготовления тензодатчиков»

### **2.2.1 Задание для работы:**

1. Характеристики тензорезисторов.
2. Методика изготовления тензодатчиков.
3. Проверка качества изготовления тензодатчиков.

### **2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:**

В конструкции электронных весов применяются тензодатчики различных типов: тензорезисторный, индуктивный, емкостной, оптико-поляризационный, пьезоэлектрический, волоконно-оптический. Наибольшую популярность среди производителей электронных весов получили тензорезисторные датчики или тензодатчики.

Тензодатчик (тензорезисторный датчик) - преобразователь силы, измеряющий массу методом преобразования измеряемой величины (массы) в другую измеряемую величину (выходной сигнал) с учетом влияния силы тяжести и выталкивающей силы воздуха, действующих на взвешиваемый объект.

Тензодатчик (рис. 1) состоит из:

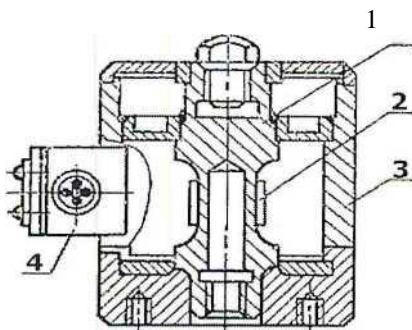


Рисунок 1 -Конструкция тензодатчика

1. Упругий элемент - тело воспринимающее нагрузку, изготавливается преимущественно из легированных углеродистых сталей предварительно термообработанные, для получения стабильных характеристик. Конструктивно может быть изготовлен в виде стержня, кольца, тел вращения, консоли. Широкое распространение получили конструкции в виде стержня (или нескольких стержней);
2. Тензорезистор - фольговый или проволочный резистор, приклеенный к упругому элементу (стержень), изменяющий свое сопротивление пропорционально деформации упругого элемента, которая в свою очередь пропорциональна нагрузке;
3. Корпус датчика - предназначен для защиты упругого элемента и тензорезистора от механических повреждений и влияния окружающей среды. Имеет различное исполнение IP (Ingress Protection Rating) в соответствии с международным стандартом IEC60529 (DIN40050, ГОСТ 14254-96);
4. Герметичный ввод (кабельный разъем) - предназначен для подключения тензодатчика ко вторичному прибору (весовой индикатор, электронный усилитель, АЦП) при помощи кабеля. Возможны варианты подключения по 6-ти и 4-х проводной

схеме. Тензодатчики комплектуются, кабелями различной длины, существуют конструкции с возможностью замены кабеля. На Рис.2 отображена конструкция тензодатчика с упругим элементом в виде кольца поз.1.

5.  $U_{пит}$  - напряжение питания измерительного моста, как правило в интервалах 3-30В напряжения переменного или постоянного тока,  $U_{сигн}$  - напряжение измерительной диагонали моста,  $R_1, R_2, R_3, R_4$  - сопротивления плеч измерительного моста,  $R_K$  - добавочное сопротивление, необходимое для компенсации изменения температуры окружающей среды и выравнивания чувствительности.

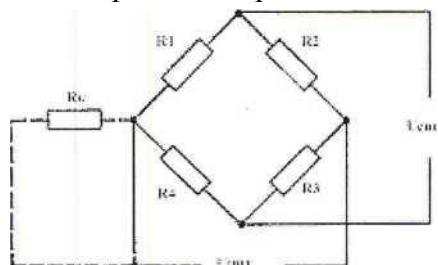


Рисунок 1 - Мост Уитстона

Чувствительность - это отношение выходного напряжения сигнала  $U_{сигн}$  [мВ (мили- Вольт)] к входному напряжению питания тензометрического моста  $U_{пит}$  [В (Вольт)]. Как правило, в паспортных данных к тензодатчику чувствительность (номинальная) обозначается  $C_n$ . К примеру, если указано  $C_n=2\text{мВ/В}$  и номинальная нагрузка  $E_{max}=10\text{т}$  (тонн), то следует понимать, что при  $U_{пит}=10\text{В}$  и воздействии груза массой 1 т.,  $U_{сигн}=2\text{мВ}$ .

В настоящее время существует множество наработок в области тензометрии, технологиях изготовления тензорезисторов и тензодатчиков. Нормирующим документом для производителя тензодатчиков является Рекомендации МОЗМ (OIML) Р60 (R60). Производители весового оборудования применяют в конструкциях своих весов различные типы тензодатчиков, в зависимости от предназначения и условий эксплуатации весового оборудования.

От выбора типа тензодатчика, узла встройки, конструкции платформы, качества фундамента (основания) весов зависит надежность и качественная работа, которая невозможна без вторичных преобразователей сигнала или весовых индикаторов (терминалов).

### 2.2.3 Результаты и выводы:

Написать отчет и сделать выводы по представленной информации в практической работе.

## 2.3 Практическое занятие № 3 ( 2 часа).

**Тема:** «Методика проведения лабораторных и полевых экспериментов»

### 2.3.1 Задание для работы:

1. Требования к полевым испытаниям машин.
2. Характеристики экспериментальной техники.
3. Методика проведения испытаний.

### 2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Экспериментом мы называем ту часть исследования, которая заключается в том, что исследователь осуществляет манипулирование переменными, и наблюдает эффекты производимые этим воздействием на другие переменные. Эксперимент может быть многомерным в следующих двух отношениях. План эксперимента может содержать более чем одну «независимую» переменную. Или более чем одну

«зависимую» переменную.

Целью всякого эксперимента является проверка гипотез о причинной связи между явлениями: исследователь создает или разыскивает определенную ситуацию, приводит в действие гипотетическую причину и наблюдает за изменениями в естественном ходе событий, фиксирует их соответствие или несоответствие предположениям, гипотезам.

Само по себе понятие «эксперимент» означает действие, направленное на создание условий в целях осуществления того или иного явления и по возможности наиболее частого, т. е. не осложняемого другими явлениями. Основной целью эксперимента являются выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Постановка и организация эксперимента определяются его назначением. Эксперименты, которые проводятся в различных отраслях науки, являются химическими, биологическими, физическими, психологическими, социальными и т. п. Они различаются по способу формирования условий (естественных и искусственных); по целям исследования (преобразующие, констатирующие, контролирующие, поисковые, решающие); по организации проведения (лабораторные, натурные, полевые, производственные и т.п.); по структуре изучаемых объектов и явлений (простые, сложные); по характеру внешних воздействий на объект исследования (вещественные, энергетические, информационные); по характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования (обычный и модельный); по типу моделей, исследуемых в эксперименте (материальный и мысленный); по контролируемым величинам (пассивный и активный); по числу варьируемых факторов (однофакторный и многофакторный); по характеру изучаемых объектов или явлений (технологические, социометрические) и т. п. Конечно, для классификации могут быть использованы и другие признаки.

Из числа названных признаков естественный эксперимент предполагает проведение опытов в естественных условиях существования объекта исследования (чаще всего используется в биологических, социальных, педагогических и психологических науках). Искусственный эксперимент предполагает формирование искусственных условий (широко применяется в естественных и технических науках).

Преобразующий (созидательный) эксперимент включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и другими объектами. Исследователь в соответствии со вскрытыми тенденциями развития объекта исследования преднамеренно создает условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта. Констатирующий эксперимент используется для проверки определенных предположений.

В процессе этого эксперимента констатируется наличие определенной связи между воздействием на объект исследования и результатом, выявляется наличие определенных фактов. Контролирующий эксперимент сводится к контролю за результатами внешних воздействий на объект исследования с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

Поисковый эксперимент проводится в том случае, если затруднена классификация факторов, влияющих на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных предварительных (априорных) данных. По результатам поискового эксперимента устанавливается значимость факторов, осуществляется отсеивание незначимых.

Решающий эксперимент ставится для проверки справедливости основных

положений фундаментальных теорий в том случае, когда две или несколько гипотез одинаково согласуются со многими явлениями. Это согласие приводит к затруднению, какую именно из гипотез считать правильной. Решающий эксперимент дает такие факты, которые согласуются с одной из гипотез и противоречат другой.

Примером решающего эксперимента служат опыты по проверке справедливости ньютоновской теории истечения света и волнообразной теории Гюйгенса. Эти опыты были поставлены французским ученым Фуко (1819—1868). Они касались вопроса о скорости распространения света внутри прозрачных тел. Согласно гипотезе истечения, скорость света внутри таких тел должна быть больше, чем в пустоте. Но Фуко своими опытами доказал обратное, т. е. что в менее плотной среде скорость света большая. Этот опыт Фуко и был тем решающим опытом, который решил спор между двумя гипотезами (в настоящее время гипотеза Гюйгенса заменена электромагнитной гипотезой Максвелла).

Другим примером решающего эксперимента может служить спор между Птолемеем и Коперником о движении Земли. Решающий опыт Фуко с маятником окончательно решил спор в пользу теории Коперника.

Лабораторный эксперимент проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т. Чаще всего в лабораторном эксперименте изучается не сам объект, а его образец, этот эксперимент позволяет доброкачественно, с требуемой повторностью изучить влияние одних характеристик при варьировании других, получить хорошую научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов. Однако такой эксперимент не всегда полностью моделирует реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурного эксперимента. Натурный эксперимент 1 проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Этот вид эксперимента часто используется в процессе натурных испытаний изготовленных систем.

В зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются на производственные, полевые, полигонные, полунатурные и т. п. Натурный эксперимент всегда требует тщательного продумывания и планирования, рационального подбора методов исследования. Практически во всех случаях основная научная проблема натурного эксперимента — обеспечить достаточное соответствие (адекватность) условий эксперимента реальной ситуации, в которой будет работать впоследствии создаваемый объект. Поэтому центральными задачами натурного эксперимента являются: изучение характеристик воздействия среды на испытуемый объект; идентификация статистических и динамических параметров объекта; оценка эффективности функционирования объекта и проверка его на соответствие заданным требованиям.

### **2.3.3 Результаты и выводы:**

Написать отчет и сделать выводы по представленной информации в практической работе.

## **2.4 Практическое занятие № 4 ( 2 часа).**

**Тема:** «Поиск оптимального решения однофакторной задачи»

### **2.4.1 Задание для работы:**

1. Аналитический вариант.
2. Графический вариант.
3. Программный вариант.

### **2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**



Полученная модель позволяет найти оптимальный уровень затрат обеспечивающий максимальный уровень рентабельности. Для этого можно воспользоваться средствами Excel меню Сервис / Поиск решения.

Открыв Лист Книги Excel, и выбрав в качестве целевой ячейки \$H\$2, занесем в нее формулу  $= 13,418 + 4,939 \cdot x - 0,21 \cdot x^2$ . Активизируем «Равной максимальному значению». В качестве интервала изменяемых значений ячеек укажем \$H\$4 и введем в нее начальное значение поиска равное 5. Нажав кнопку «Выполнить» получим решение (рис. 1 и 2).

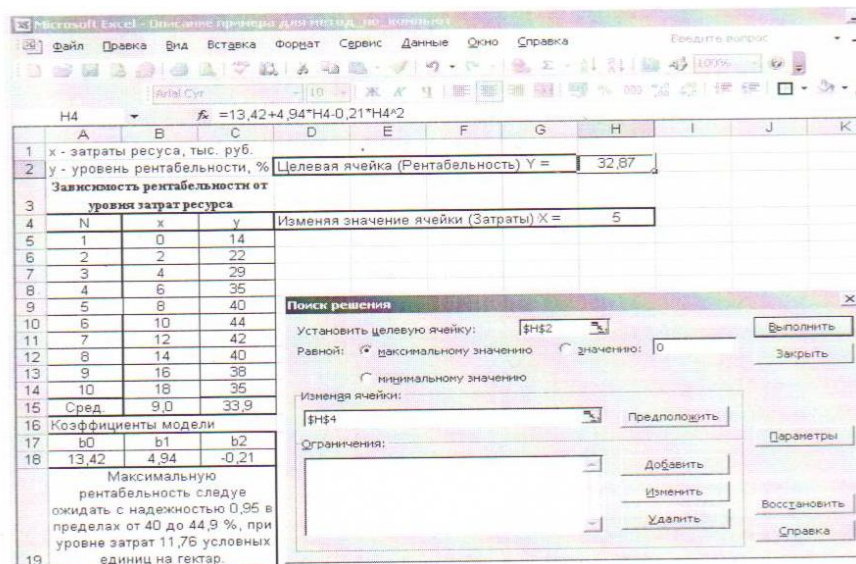


Рис. 1 – Результаты решения

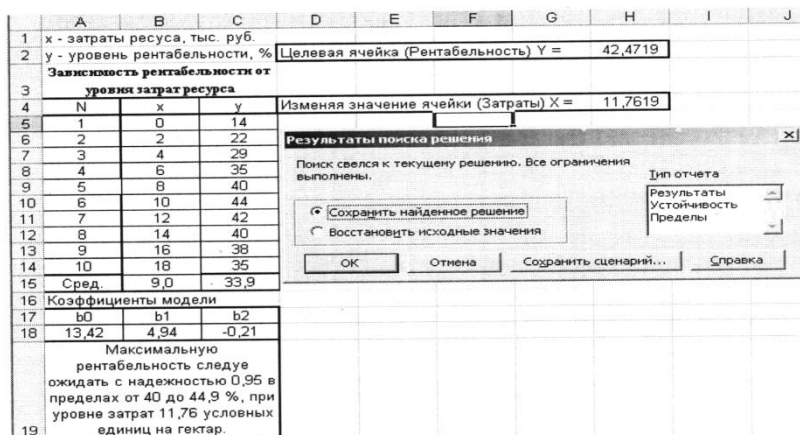


Рис. 2 – Результаты решения (продолжение)

Таким образом, с надежностью 95% можно ожидать, что при уровне затрат равном 11,762 рентабельность не выйдет за пределы  $y = 13,418 + 4,939 \cdot x - 0,21 \cdot x^2 \pm t_y \cdot S_m = 42,472 \pm 2,31 \cdot 1,117$  (доверительный интервал).

Критерий Стьюдента  $t_y$  можно определить с помощью функции Листа

#### 2.4.3 Результаты и выводы:

Написать отчет и сделать выводы по представленной информации в практической работе.

## **2.5 Практическое занятие № 5 ( 2 часа).**

**Тема: «Интерпретация результатов многофакторных экспериментов»**

*(указывается тема практического занятия в соответствии с рабочей программой дисциплины)*

### **2.5.1 Задание для работы:**

1. Внутригрупповая дисперсия.
2. Межгрупповая дисперсия.
3. Общая дисперсия.

### **2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:**

В настоящее время множественная регрессия - один из наиболее распространенных методов моделирования. Основная цель множественной регрессии - построить модель с большим числом факторов, определив при этом влияние каждого из них в отдельности, а также совокупное их воздействие на показатель качества функционирования объекта исследования.

Построение уравнения множественной регрессии начинается с решения вопроса о спецификации модели. Спецификация включает в себя два круга вопросов: отбор факторов и выбор вида уравнения регрессии.

*Факторы, включаемые во множественную регрессию, должны отвечать следующим требованиям.*

1. Они должны быть количественно измеримы. Если необходимо включить в модель качественный фактор, не имеющий количественного измерения, то ему нужно придать количественную определенность (например, в модели урожайности качество почвы задается в виде баллов; в модели стоимости объектов недвижимости учитывается место нахождения недвижимости: районы могут быть проранжированы).

2. Факторы не должны быть коррелированы и тем более находиться в точной линейной связи.

Включение в модель факторов с высокой корреляцией, когда  $R_{yx1} < R_{x1x2}$  для зависимости  $y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \varepsilon$  может привести к нежелательным последствиям — система нормальных уравнений может оказаться плохо обусловленной и повлечь за собой неустойчивость и ненадежность оценок коэффициентов регрессии.

Если между факторами существует высокая корреляция, то нельзя определить их изолированное влияние на результативный показатель и параметры уравнения регрессии оказываются *не-интерпретируемыми*. Так, в уравнении  $y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \varepsilon$

предполагается, что факторы  $x_1$  и  $x_2$  независимы друг от друга, то есть коэффициент

корреляции  $g_{x_1x_2} = 0$  Тогда можно говорить, что параметр  $b_1$  измеряет силу влияния

фактора  $x_1$  на результат  $y$  при неизменном значении фактора  $x_2$ . Если же  $g_{x_1x_2} = 1$ , то с изменением фактора  $x_1$ , фактор  $x_2$  не может оставаться неизменным. Отсюда  $b_1$  и нельзя интерпретировать как показатели раздельного влияния  $x_1$  и  $x_2$  на  $y$

Включаемые во множественную регрессию факторы должны объяснить вариацию независимой переменной. Если строится модель с набором  $k$  факторов, то для нее рассчитывается показатель детерминации  $K_d = R^2$ : который фиксирует долю объясненной вариации результативного признака за счет рассматриваемых в регрессии  $k$  факторов.

Влияние других, неучтенных в модели факторов оценивается как  $1 - R^2$  с соответствующей остаточной дисперсией (здесь  $R$  - коэффициент множественной

корреляции).

При дополнительном включении в регрессию  $k + 1$  фактора коэффициент детерминации должен возрасти, а остаточная дисперсия уменьшаться. При  $R_{k+1}^2 \geq R_k^2$  и  $S_{k+1}^2 \leq S_k^2$

Надо иметь в виду, что исправленная остаточная дисперсия  $\wedge_{ост}$  вычисляется по Формуле:  $S_{ост} = D_{ост} \times \frac{N}{N-L}$ ;

$$D_{ост} = \frac{\sum_{j=1}^N (y_j - y_{j\text{ расч}})^2}{N}$$

$L$  - число определяемых выборочных коэффициентов в математической модели (для однофакторной модели  $L = 2$ );

$(N - L)$  - число степеней свободы;

$D_{ост}$  - остаточная дисперсия;

$y_j$  - наблюдаемое (фактическое) значение параметра оптимизации в  $j$ -ом наблюдении (опыте);

$y_{j\text{ расч}}$  - рассчитанное по модели значение параметра оптимизации для условий  $j$ -ого наблюдения.

При небольшом числе наблюдений  $N$  увеличение числа определяемых коэффициентов  $L$  число степеней свободы для исправленной остаточной дисперсии  $(N - L)$  может резко уменьшиться, и исправленная остаточная дисперсия резко возрастет. Это приведет к снижению значимости коэффициентов регрессии за счет повышения ошибок при их определении методом наименьших квадратов, и к потере адекватности математической модели в целом, так как в качестве критерия для проверки адекватности математической модели принята случайная величина, распределенная по закону Фишера-Снедекора, наблюдаемое значение которой вычисляется по формуле  $F_i = \frac{S_o^2}{S_{инo}^2}$

Определяют исправленную выборочную факторную дисперсию по формуле:

$$S_{\phi}^2 = D_{\phi} \cdot \frac{N}{k_1}$$

где:  $N$  - число наблюдений;  $D_{\phi} = D_o - D_{ост}$

$k_1$ , - число степеней свободы для факторной дисперсии,  $k_1 = k_o - k_2$ ,

$k_1 = (N-1) - (N-L) = L - 1$ ;

$L$  - число коэффициентов в математической модели;

$k_o = N - 1$  - число степеней свободы для общей дисперсии;

$k_2 = N - L$  - число степеней свободы для остаточной дисперсии.

Из таблицы критических точек распределения Фишера для уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы для факторной (верхней) дисперсии  $k_1 = L - 1$ , и числа степеней свободы для остаточной (нижней) дисперсии  $k_2 = N - L$ , берется критическое значение  $F_k(\alpha, k_1, k_2)$

Если наблюдаемое значение  $F_n$  меньше критического  $F_k(\alpha, k_1, k_2)$  то нет оснований отвергнуть гипотезу о равенстве генеральных дисперсий, то есть дисперсия остаточная соизмерима (мало отличается) от дисперсии факторной. Следовательно, рассеивание результатов наблюдения за счет изменения уровня факторов равно рассеиванию, обусловленному случайными причинами и неточностью математической модели, поэтому, нет оснований, принять гипотезу об адекватности математической модели.

Если наблюдаемое значение  $F_n$  больше критического,  $F_k(\alpha, k_1, k_2)$  то математическая модель признается адекватной. Признавая гипотезу адекватной, мы

рискуем с вероятностью  $\alpha$  совершить ошибку первого рода, то есть отбросить заведомо справедливую гипотезу о равенстве факторной и остаточной дисперсий (принять неадекватную математическую модель адекватной).

### 2.5.3 Результаты и выводы:

Написать отчет и сделать выводы по представленной информации в практической работе.

## 2.6 Практическое занятие № 6 ( 2 часа).

**Тема:** «Построение криволинейной модели»

### 2.6.1 Задание для работы:

1. Регрессия.
2. Линия регрессии.
3. Подбор коэффициентов модели.

### 2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

Для построения модели вида  $y = a_0 + a_1 \times x + a_2 \times x^2$  составим систему нормальных линейных уравнений. Для этого примем  $x_1 = x$  и  $x_2 = x^2$ . Чтобы методом наименьших квадратов найти выборочные коэффициенты ( $a_0, a_1$  и  $a_2$ ), необходимо минимизировать сумму квадратов отклонений результатов наблюдений от результатов расчета по модели, то есть из условия:

$$\sum_{j=1}^n (y_j - a_0 - a_1 x_j - a_2 x_j^2)^2 \rightarrow \min$$

где  $N$  - число наблюдений.

Приравняв нулю частные производные от этой суммы квадратов отклонений, взятые по неизвестным коэффициентам  $a_0, a_1$  и  $a_2$ , получим систему так называемых нормальных уравнений:

$$\begin{aligned} a_0 + a_1 \times x + a_2 \times x^2 &= y & a_0 \times x + a_1 \times x^2 + a_2 \times x^3 &= x \times y & a_0 \times x^2 + a_1 \times x^3 + a_2 \times x^4 &= x^2 \times y. \end{aligned}$$

Тогда для нашего примера эта система примет вид

N	X	$x^2$	$x^3$	$x^4$	y	$x \cdot y$	$x^2 \cdot y$
1	0	0	0	0	14	0	0
2	2	4	8	16	22	44	88
3	4	16	64	256	29	116	464
4	6	36	216	129	35	210	1260
5	8	64	512	409	40	320	2560
6	10	100	1000	1000	44	440	4400
7	12	144	1728	20736	42	504	6048
8	14	196	2744	38416	40	560	7840
9	16	256	4096	65536	38	608	9728
10	18	324	5832	104976	35	630	11330
Сре	9	114	162	245	33,9	343	4372

$$a_0 + 9a_1 + 114a_2 = 33,9$$

$$9a_0 + 114a_1 + 1620a_2 = 343,2$$

$$114a_0 + 1620a_1 + 24532a_2 = 4372,8$$

Решая которую, получим  $a_0 = 13,42$ ;  $a_1 = 4,94$ ;  $a_2 = -0,21$ .

### 2.6.3 Результаты и выводы:

Написать отчет и сделать выводы по представленной информации в практической работе.

### 2.7 Практическое занятие № 7 ( 2 часа).

**Тема:** «Построение криволинейной модели. Регрессионная статистика. Дисперсионный анализ.»

*(указывается тема практического занятия в соответствии с рабочей программой дисциплины)*

#### 2.7.1 Задание для работы:

1. Интервальная оценка.
2. Статистическая проверка гипотез.
3. Коэффициент Стьюдента.

#### 2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

Уравнение регрессии

$$Y=4,887+1,955X+0,01929X^2$$

$$S = 3,29937 \text{ R-Sq} = 91,5\% \text{ R-Sq (adj)} = 89,8\%$$

Источник DF SS MS F P

Регрессия 2 1174,06 587,032 53,93 0,000 Error 10 108,86 10,886

Total 12 1282,92

Источник DF SS F P

Линейный 1 1172,98 117,36 0,000

Параболический 1 1,08 0,10 0,759

Эта первая сложная модель, с регрессионным уравнением и со значением R-квадрат (91,5%), которая превышает предыдущую на 0,1%. Но так как разница незначительная мы с легкостью можем использовать первую, простую, линейную модель.

Кубическая модель

Уравнение регрессии

$$Y=11,73-1,597X+0,4989X^2-0,01860X^3$$

$$S = 3,31121 \text{ R-Sq} = 92,3\% \text{ R-Sq (adj)} = 89,7\%$$

Источник DF SS MS FP

Регрессия 3 1184,25 394,749 36,00 0,000 Error 9 98,68 10,964

Total 12 1282,92

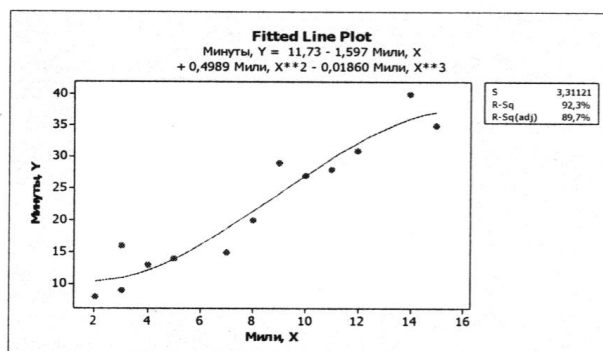
Источник DF SS F P

Линейный 1 1172,98 117,36 0,000

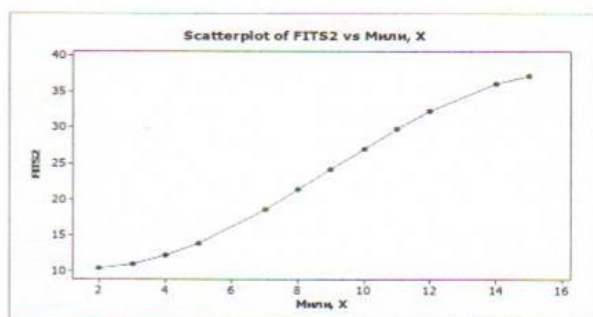
Параболический 1 1,08 0,10 0,759

Кубический 1 10,18 0,93 0,360

Хотя коэффициент детерминации показывает наилучшую модель, p-value параболической и кубической модели не позволяют использовать их как подходящую модель.



линейная криволинейная модель кубическая



Экспоненциальная модель:  $Y = b_1 + b_2 \cdot x + b_3 \cdot \exp(kx) + \epsilon$

$K=0,1$

Корреляционная матрица.

1,00000 0,95619 0,94400 0,95619 1,00000 0,98367 0,94400 0,98367 1,00000

Данная матрица показывают, что оба предиктора существенно влияют на наш  $Y$ , но корреляция между предикторами высокая и есть проблема мультиколлинеарности. Поэтому мы будем рассматривать модель  $Y = b_1 + b_2 \cdot x + b_3 \cdot e^{Ax}$ , по отдельности:

$Y = b_1 + b_2 \cdot x$ ,

$Y = e^{Ax}$ ,  $Y = b_1 + b_2 \cdot x$ ,

Регрессионное уравнение:

$Y = 3,91 + 2,27X$

Предиктор	Coef	SE Coef	T	P
Константа	3,909	1,880	2,08	0,062
X	2,2736	0,2099	10,83	0,000

$S = 3,16143$   $R-Sq = 91,4\%$   $R-Sq(adj) = 90,7\%$

Источник	DF	SS	MS	F	P
Регрессия	1	1173,01	1173,0	117,36	0,000
Residual Error	11	109,9	10,0		
Total	12	1282,9			

$Y = a_0 + a_1 \cdot e^{Ax}$  Регрессионное уравнение:

$Y = -0,22 + 9,18e^{Ax}$

Предиктор	Coef	SE Coef	T	P
Константа	-0,220	2,534	-0,09	0,932
$e^{Ax}$	9,1849	0,9680	9,49	0,000

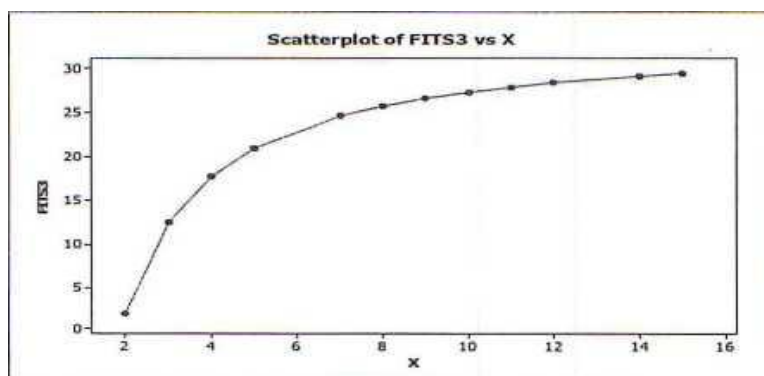
$S = 3,56333$   $R-Sq = 89,1\%$   $R-Sq(adj) = 88,1\%$

Источник	DF	SS	MS	F	P
Регрессия	1	1143,3	1143,39	0,04	0,000

Residual Error 11 139,7 12,7

Total 12 1282,9

Коэффициент детерминации экспоненциальной модели высокий, но предложенная линейная модель имеет более высокие показатели.



Линейный-лог  $y_t = b_1 + b_2 \cdot (x_t) + e_t$

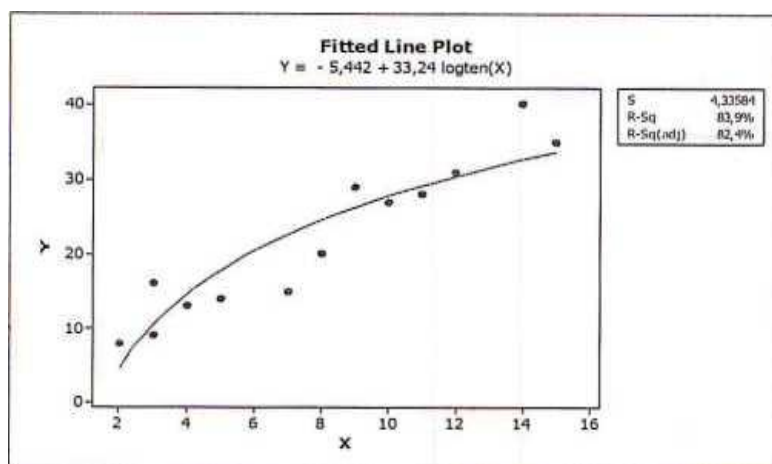
Уравнение регрессии:

$$Y = -5,442 + 33,24 \log_{10}(X)$$

S = 4,33584 R-Sq = 83,9% R-Sq (adj) = 82,4%

R-квадрат ниже чем предыдущие модели.

Источник	DF	SS	MS	F	P
Регрессия	1	1076,13	1076,13	57,24	0,000
Error	11	206,79	18,80		
Total	12	1282,92			



Логообратная  $\ln(y_t) = b_1 + b_2/x_t + e_t$

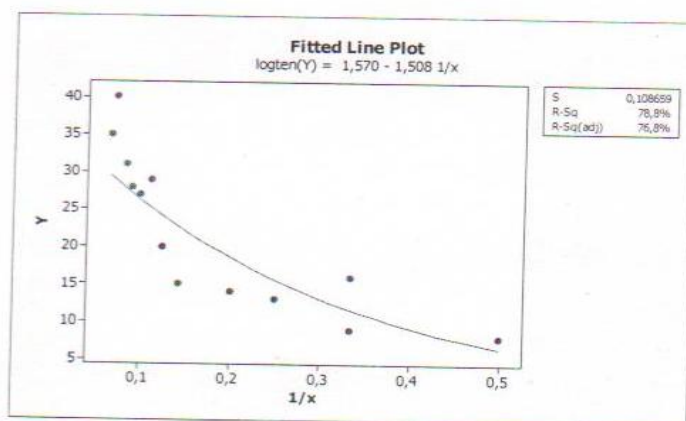
Уравнение регрессии:

$$\ln(Y) = 1,570 - 1,508 \cdot 1/x$$

S = 0,108659 R-Sq = 78,8% R-Sq (adj) = 76,8%

Источник	DF	SS	MS	F	P
Регрессия	1	0,481603	0,481603	340,79	0,000
Error	11	0,129875	0,011807		
Total	12	0,611478			

Вывод. Коэффициент детерминации объясняет изменения в Y всего лишь на 78,8% изменений в X. По отношению к другим моделям, показатель не высокий. Его рассматриваем.



При рассмотрении линейных и криволинейных моделей, получено несколько моделей с высокими показателями R-квадрат. Это модели линейная, параболическая, кубическая, экспоненциальная и несколько лог-моделей. Все показатели R-квадрат находились в пределах 88 и 92, поэтому модели были более или менее равнозначны. Из всех перечисленных, самая легкая модель это линейная модель, кроме этого она имеет коэффициент детерминации (91,4%), объясняющий изменения в Y изменениями в X, являющийся одним из высоких.

### 2.7.3 Результаты и выводы:

Написать отчет и сделать выводы по представленной информации в практической работе.