

**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 электрооборудова-
ние в сельском хозяйстве

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция № 1 Наука и ее формы в учебном процессе и производстве	3
1.2 Лекция № 2 Поиск, обработка и использование научной информации	5
1.3 Лекция № 3 Общая схема хода научного исследования	7
1.4 Лекция № 4 Теоретические исследования	9
1.5 Лекция № 5 Экспериментальные исследования	12
1.6 Лекция № 6 Методика статистической обработки экспериментальных данных ...	14
1.7 Лекция № 7 Теоретические и методические основы проведения многофакторных экспериментов	16
1.8 Лекция № 8 Аналитическая и геометрическая интерпретация результатов многофакторных экспериментов	19
2. Методические указания по проведению практических занятий	24
2.1. Практическое занятие № ПЗ-1 Агротехническая оценка условий и результатов работы сельскохозяйственных агрегатов	24
2.2. Практическое занятие № ПЗ-2 Методика изготовления тензодатчиков	25
2.3. Практическое занятие № ПЗ-3 Приборы энергетической оценки работы сельскохозяйственных агрегатов	27
2.4. Практическое занятие № ПЗ-4 Методика проведения лабораторных и полевых экспериментов	30
2.5. Практическое занятие № ПЗ-5 Поиск оптимального решения однофакторной задачи	32
2.6. Практическое занятие № ПЗ-6 Поиск оптимального решения многофакторной задачи	33
2.7. Практическое занятие № ПЗ-7 Интерпретация результатов многофакторных экспериментов	34
2.8. Практическое занятие № ПЗ-8 Построение криволинейной модели	36
2.9. Практическое занятие № ПЗ-9 Регрессионная статистика	37
2.10. Практическое занятие № ПЗ-10 Построение криволинейной модели. Регрессионная статистика. Дисперсионный анализ	39
2.11. Практическое занятие № ПЗ-11 Поиск оптимального решения однофакторной задачи	42
2.12. Практическое занятие № ПЗ-12 Поиск оптимального решения многофакторной задачи	43

2.13. Практическое занятие № ПЗ-13	Дисперсионный анализ	45
2.14. Практическое занятие № ПЗ-14	Методика дисперсионного анализа	47
2.15. Практическое занятие № ПЗ-15	Дисперсионный анализ средствами Microsoft Excel	49
2.16. Практическое занятие № ПЗ-16	Экспертные оценки. Общие сведения об оценке зависимости между исследуемыми показателями	51

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: «Поиск, обработка и использование научной информации»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Информатика как наука.
2. Документные классификации.
3. Организация работы с научной литературой.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Информатика как наука.

Важное значение имеет задача обеспечения научных исследований удобной для восприятия информацией о важнейших научных достижениях, полученных в прошлом. Таким образом, задача развития общегосударственной системы сбора, обработки, хранения, эффективного поиска и передачи информации, основанной на использовании самых современных методов и средств (в первую очередь

вычислительной техники), является чрезвычайно актуальной. Методы информатики успешно применяются для создания эффективных информационных систем и составляют основу для автоматизации научных исследований, проектирования, различных производственных процессов.

В настоящее время сформировалось понятие информатики как важной отрасли научного знания, включающей в себя несколько научных дисциплин, связанных с проблемой общения человека с ЭВМ, с созданием компьютерных систем.

В информатике можно выделить ряд направлений: техническое (инженерное), связанное с созданием вычислительной техники и разнообразных автоматизированных информационно-поисковых систем; программное, связанное с обеспечением вычислительной машины программами, позволяющими реализовать на ней задачи, решаемые пользователями; алгоритмическое, связанное с разработкой алгоритмов решения различных теоретических и практических задач и содержанием так называемых баз и банков данных.

Информационные системы. Разработка, создание и использование информационных систем для обеспечения широкого круга потребителей информацией о достижениях науки и техники, решения экономических и управленческих задач — важный раздел современной информатики. При этом термин «информатика» может использоваться для определения, как соответствующей научной дисциплины, так и связанной с ней области деятельности. Именно такой подход имеется в виду при использовании ряда родственных терминов: общегосударственная система обработки и передачи информации, государственная система научно-технической информации, система информационного обеспечения ученых и специалистов и др. Обычно эти термины обозначаются понятиями «информационная система» и «система информационного обеспечения».

2. Документные классификации.

Традиционным средством упорядочения документальных фондов являются библиотечно-библиографические (документные) классификации. Наибольшее распространение получила Универсальная десятичная классификация (УДК), которая используется более чем в 50 странах мира и юридически является собственностью Международной федерации по документации (МФД), отвечающий за дальнейшую разработку таблиц УДК, их состояние и издание. В СССР УДК введена с 1963г. в качестве единой системы классификации всех публикаций по точным, естественным наукам и технике. УДК является международной универсальной системой, позволяющей детально представить содержание документальных фондов и обеспечить оперативный поиск информации, обладает возможностью дальнейшего развития и совершенствования.

Отличительными чертами УДК являются охват всех отраслей знаний, возможность неограниченного деления на подклассы, индексация арабскими цифрами, наличие развитой системы определителей и индексов. В СССР издаются полные, средние, отраслевые издания и рабочие схемы, а также методические пособия по классификации.

УДК состоит из основной и вспомогательных таблиц. Основная таблица содержит понятия и соответствующие им индексы, с помощью которых систематизируют человеческие знания. Первый ряд делений основной таблицы

УДК имеет следующие классы: 0—Общий отдел. Наука Организация Умственная деятельность. Знаки и символы. Документы и публикации; 1—Философия; 2—

Религия; 3—Экономика. Труд. Право; 4—свободен с 1961 г.; 5—Математика.

Естественные науки; 6—Прикладные науки. Медицина. Техника; 7 — Искусство.

Прикладное искусство. Фотография. Музыка; 8—Языкознание Филология.

Художественная литература. Литературоведение; 9 — Краеведение. География.

Биография. История.

Через 1...2 дня с момента поступления журнала в библиотеку читатель уже может работать с ним, а при необходимости заказать копию любой статьи (например, журналы и книги, хранящиеся в ГПНТБ России, можно получить по межбиблиотечному абоненту. Этим же путем можно приобрести микрокопии или ксерокопии изданий). ГПНТБ готовит также «Указатель научно-технических иностранных журналов, не выписанных в России», содержащий сведения об отраслях науки и техники, которым предназначено издание, названия журналов, издательства и их адреса. Руководствуясь этими сведениями, любая заинтересованная организация может выписывать нужные журналы из-за рубежа.

3. Организация работы с научной литературой.

Каждому исследователю необходимо уметь искать и отбирать нужную литературу для своей работы, т. е. обладать знанием основ библиографии. Библиография ставит задачу информировать читателя об имеющихся печатных изданиях, для чего составляются указатели, каталоги, обзоры и т. д.

Процесс ознакомления с литературными источниками по интересующей проблематике необходимо начинать с ознакомления со справочной литературой

(универсальные и специальные энциклопедии, словари, справочники), затем просматриваются учетно-регистрационные издания органов НТИ (ВИНИТИ, ВНИИЦ, ВКП, ГПНТБ и другие) и библиографические указатели фундаментальных библиотек. Так, Всесоюзная государственная библиотека иностранной литературы (ВГБИЛ) издает «Сводный бюллетень новых иностранных книг, поступивших в библиотеки », Государственная библиотека им. В. И. Ленина

(ГБЛ) издает «Каталог кандидатских и докторских диссертаций», поступивших в библиотеку им. В. И. Ленина и Государственную научную медицинскую библиотеку, и «Информационный указатель библиографических списков и карточек, составленных библиотеками ».

Собственная библиография по интересующей проблеме составляется на основе библиотечных каталогов (это указатели произведений печати, имеющихся в библиотеке), представляющих собой набор карточек, в которых содержатся сведения о книгах, журналах, статьях и т.д. В карточку книги вносятся ее автор, заглавие, вид издания, место издания, издательство, год издания, количество страниц. В карточке журнальной статьи указываются автор, заглавие, название журнала, год издания, том, номер выпуска, количество страниц. В карточке газетной статьи кроме автора и заглавия приводятся название газеты, год, число и месяц. При ссылке на документы и составлении перечня источников необходимо обращать внимание на знаки препинания между элементами библиографического описания и применять их только так, как дано в карточке.

1. 3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Общая схема хода научного исследования»

1.3.1 Вопросы лекции:

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

1.3.2 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. 4 Лекция № 4 (2 часа).

Тема: «Теоретические исследования»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Значимость теоретических исследований.
2. Этапы теоретического исследования.
3. Аналитическое моделирование.

1.4.2 Краткое содержание вопросов: (

1. Значимость теоретических исследований.

Научное теоретическое познание является разновидностью рационального познания, т.е. деятельности мышления. Поэтому оно в полной мере опирается на всеобщие методы мышления: абстракцию, идеализацию, экстраполяцию. Результатом их применения оказываются понятия и суждения, отражающие сущность познаваемых явлений.

В научном познании всеобщие методы мышления конкретизируются общенаучными методами теоретического познания: сравнением и аналогией, анализом и синтезом, индукцией и дедукцией, детализацией и конструированием и т.д. Каждый из этих методов обладает достоинствами и недостатками, т.е. позволяет достичь одного и не позволяет достичь другого. Например, сравнение позволяет установить достоверное соотношение сходного и различного, но не позволяет вскрыть причину и сущность сходства и различия, в то время как использование аналогий позволяет вскрыть сущность или выдвинуть догадку о ней, но аналогия сама по себе не удостоверяема, так как извлекается не из рассматриваемого явления, а из ранее известных.

Зная ограниченность каждого из указанных методов, следует руководствоваться диалектикой их взаимоотношений: не превозносить одни из них за счет других, а использовать каждый сообразно его возможностям в различных познавательных целях, добываясь всестороннего познания явлений.

2. Этапы теоретического исследования.

Проблема (преграда, трудность - в переводе с древнегреческого) в научном познании является выражением несоответствия между достигнутым уровнем и объемом знания, с одной стороны, и потребностью в объяснении и предвидении необъясненных и новых фактов - с другой. К числу фактов относятся и противоречия между соперничающими научными теориями.

Когда наблюдается указанное несоответствие, принято говорить о наличии проблемной ситуации. При наличии множества проблемных ситуаций выбор и постановка проблем определяются объективными и субъективными условиями. Объективные условия - это необходимость изменения теоретических представлений, средств и методов познания, препятствующих решению теоретических и практических задач удовлетворения потребностей людей.

Скажем, физики почти столетие испытывают потребность в единой физической теории основных взаимодействий (гравитационных, слабых, электромагнитных и сильных), биологи - в современной теории эволюции организмов и популяций, социологи - в теории социального прогресса, семантики - в универсальной теории значений и т.д. Практические же потребности необозримы, и их удовлетворение опирается в конечном счете на создание новых научных теорий (касающихся производства средств существования, лечения болезней, сохранения окружающей среды и т.д.).

Важны также материальные возможности решения имеющихся проблем. В отличие от положения дел в теории и практике и от материальных возможностей общества, задающих объективные возможности выбора проблем, субъективные предпосылки (условия) выбора заключаются в господствующих предпочтениях общественного мнения, престиже видов исследовательской работы и образования, склонностях исследовательских коллективов и индивидов.

К примеру, не каждая страна может себе позволить исследования фундаментальных проблем, а выбор прикладных проблем зависит от соотношения естественных и гуманитарных наук в образовании, от моды на профессии и т.п. Заметно также, что различие между объективными и субъективными условиями

выбора проблем относительно: объективное в одном отношении оказывается субъективным в другом отношении, и наоборот.

Выбранная проблема подлежит представлению, постановке, т.е. выражению в языковой форме. Не существует никаких рецептов, указывающих, как надо ставить новые проблемы, в особенности фундаментальные. Но можно указать факторы и шаги постановки проблем.

Чем более фундаментальной выглядит проблема, тем более отвлеченный и общий характер приобретает ее первоначальная формулировка. Таковы формулировки проблем математической логики (определения строгой импликации, полноты аксиоматики содержательных систем и т.д.), математики (аксиоматизации теории множеств, доказательства, континуум - гипотезы и др.), физики (формулировки общей теории атомного ядра, установления носителя гравитационного поля и т.д.) и других фундаментальных наук, а также прикладных исследований (управляемого термоядерного синтеза, утилизации радиоактивных отходов, достижения гармонии человека с природой, устранения конфликтов и терроризма и многих других).

Узкие и прикладные проблемы ставятся в развитых областях исследования. В рамках общих истинных теорий формулируются проблемы возможностей их частного применения в качестве объяснения и предсказания. Скажем, термодинамика провозглашает теплопроводимость тел, отвлекаясь от их агрегатного состояния и химического состава'. Для определенных узких областей исследования возникает проблема установления зависимости теплопроводности именно от агрегатного состояния, плотности, температуры и др., или химического состава.

3. Аналитическое моделирование.

Моделирование зародилось в лабораторно- инженерной практике и опиралось на субстратное сходство оригинала и модели, которое фиксировалось рядом критериев: геометрического подобия, массового подобия и т.д. С переходом к функциональному сходству модели потеряли какое-либо субстратное сходство с оригиналом, но приобрели несоизмеримые с прежними допрактические, в частности доэкспериментальные, возможности проверки гипотез.

Таковы языковые модели (языковые каркасы), математические модели, аналоговые и цифровые ЭВМ и др. Эти модели позволяют проверить в символическом представлении применение гипотезы к различным ситуациям, хотя представление возможных ситуаций ограничено их операциональной, «исчислимой» стороной, отражаемой в программах, языковых играх и т.д.

Подобную теоретическому моделированию роль средства предварительной проверки гипотезы (или действующей теории) воображаемыми ситуациями играет мысленный эксперимент. В нем в идеализированной форме воспроизводятся существенные черты поведения объекта познания и мысленно (доказательствами и объяснением) проверяется соответствие гипотетического поведения воображаемому, но принимаемому за действительное в силу кажущейся правдоподобности. В каждой конкретной науке есть свои примеры мысленных экспериментов.

В физике, в частности, известен мысленный эксперимент Эйнштейна, Подольского и Розена, содержащий воображаемую ситуацию, относительно которой испытываются объяснительные и доказательные возможности представлений о поведении элементов квантово-механической системы авторов мысленного эксперимента и Н. Бора, олицетворявшего копенгагенскую школу.

1. 5 Лекция № 5 (2 часа).

Тема: «Экспериментальные исследования»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Практическая направленность эксперимента.
2. Физическое моделирование.
3. Теоретические предпосылки эксперимента.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Практическая направленность эксперимента.

Развитие общества в значительной степени определяется уровнем наукоемких технологий, многочисленные направления которых основаны на достижениях соответствующих отраслей естествознания.

Современное естествознание обладает большим многообразием методов исследований, среди которых эксперимент - наиболее эффективное и действенное средство познания.

Для эксперимента сегодняшнего дня характерны три основные особенности:

1) возрастание роли теоретической базы эксперимента. Во многих случаях эксперименту предшествует теоретическая работа, концентрирующая громадный труд большого числа теоретиков и экспериментаторов;

2) сложность технического оснащения эксперимента. Техника эксперимента, как правило, насыщена многофункциональной электронной аппаратурой, прецизионными механическими устройствами, высокочувствительными приборами, высокоточными преобразователями и т.п.

Большинство экспериментальных установок представляет собой полностью замкнутую систему автоматического регулирования, в которой технические средства обеспечивают заданные условия эксперимента с вполне определенной точностью, регистрируют промежуточные экспериментальные результаты и производят последовательную их обработку;

3) масштабность эксперимента. Некоторые экспериментальные установки напоминают сложные объекты крупных масштабов. Строительство и эксплуатация таких объектов стоит больших финансовых затрат. Кроме того, экспериментальные объекты могут оказать активное действие на окружающую среду.

Эксперимент базируется на практическом воздействии субъекта на исследуемый объект и часто включает операции наблюдения, приводящие не только к качественным, описательным, но и к количественным результатам, требующим дальнейшей математической обработки. С этой точки зрения эксперимент - разновидность практического действия, предпринимаемого с целью получения знания. В процессе экспериментального естественнонаучного исследования в контролируемых и управляемых условиях изучаются многообразные свойства и явления природы.

Отличаясь от простого наблюдения активным воздействием на объект, в большинстве случаев эксперимент осуществляется на основе той или иной теории, определяющей постановку экспериментальной задачи и интерпретацию результатов. Нередко основная задача эксперимента - проверка гипотез и предсказаний теории, имеющих фундаментальное, прикладное и принципиальное значение. Являясь критерием естественнонаучной истины, эксперимент представляет собой основу научного познания действительности.

Эксперимент, как и наблюдение, относится к эмпирическим формам естественнонаучного познания. Однако между ними есть существенные различия: эксперимент - преобразующая внешний мир деятельность человека, а наблюдению

свойственны черты созерцательности и чувственного восприятия исследуемого объекта. В процессе эксперимента при активном вмешательстве исследуемый объект искусственно выделяются те или иные его свойства, которые и являются предметом изучения в естественных либо в специально созданных условиях.

2. Физическое моделирование.

В процессе естественнонаучного эксперимента часто прибегают к физическому моделированию как исследуемого объекта, так и различных управляемых условий, в которых находится объект. Для этого создаются специальные установки и устройства: барокамеры, термостаты, магнитные ловушки, ускорители и т.п. С помощью их создаются сверхнизкие и сверхвысокие температуры и давления, вакуум и другие условия. В некоторых случаях моделирование исследуемого объекта - единственное средство реализации эксперимента.

Многие экспериментальные исследования направлены не только на обоснование естественнонаучной истины, но и на обработку технологий изготовления новых видов разнообразной высококачественной продукции. Именно в этом наиболее сильно проявляется практическая направленность эксперимента как прямого пути совершенствования любого технологического цикла.

Экспериментальные средства по своей сути не однородны: их можно разделить на три основные, отличающиеся функциональным назначением системы: (содержащую исследуемый объект с заданными свойствами; (обеспечивающую воздействие на исследуемый предмет; (сложную приборную измерительную систему;

В зависимости от экспериментальной задачи данные системы играют разную роль. Например, при определении магнитных свойств вещества результаты эксперимента во многом зависят от чувствительности приборов. В то же время при проведении экспериментов с веществом, не встречающимся в природе при обычных условиях, да еще и при низкой температуре, все системы экспериментальных средств играют важную роль.

Чем сложнее экспериментальная задача, тем острее стоит вопрос чистоты эксперимента и достоверности полученных результатов. Можно назвать четыре пути решения данного вопроса: многократное повторение измерений; совершенствование технических систем и приборов; повышение их точности, чувствительности, разрешающей способности; более строгий учет основных и неосновных факторов, влияющих на исследуемый объект; предварительное планирование эксперимента, позволяющее наиболее полно учесть специфику исследуемого объекта и возможности приборного обеспечения.

Чем чище поставлен эксперимент, чем тщательнее предварительно проанализированы все особенности исследуемого объекта и чем чувствительнее приборы, тем точнее экспериментальные результаты и тем ближе они соответствуют естественно - научной истине.

В любом естественно - научном эксперименте можно выделить три основных этапа: 1) подготовительный; 2) получение экспериментальных данных; 3) обработка результатов эксперимента и их анализ.

Подготовительный этап обычно включает теоретическую проработку проведения эксперимента, его планирование под готовку исследуемого объекта, конструирование и создание технической базы, включающей приборное обеспечение. На хорошо подготовленной экспериментальной базе полученные данные, как правило, легче поддаются сложной математической обработке. Анализ результатов эксперимента позволяет оценить тот или иной параметр исследуемого объекта и сопоставить его либо с соответствующим теоретическим значением, либо с экспериментальным значением, полученным другими техническими средствами, что очень важно при определении правильности и степени достоверности полученных результатов.

3. Теоретические предпосылки эксперимента.

Взаимная обусловленность эмпирических и теоретических знаний вряд ли вызывает сомнение. Современные эксперименты и теория настолько сильно переплетены, что однозначно ответить на вопрос, какое из данных знаний можно рассматривать в качестве абсолютного начала естественно - научного познания, практически не представляется возможным, хотя можно привести многочисленные примеры научных изысканий, когда эмпирические начала предвосхищают теорию, и наоборот.

В теоретические исследования все больше внедряются наиболее абстрактные разделы математики, и многие теоретические расчеты выполняются с помощью мощных вычислительных средств. Экспериментальное исследование развивается за счет внедрения новых методов с применением сравнительно сложных технических средств. Эксперимент все чаще приобретает индустриальные, а в отдельных случаях и гигантские масштабы. Вместе с тем возрастает роль и его теоретического обеспечения, то есть можно уверенно говорить о теоретической обусловленности современных экспериментальных исследований.

На всех этапах экспериментальных исследований весьма важна мыслительная деятельность экспериментатора, которая чаще всего носит философский характер. Решая, например, вопросы: что такое электрон, является ли он элементом реального мира или чистой абстракцией, можно ли его наблюдать, в какой мере знания об электроны истины и тому подобное - ученый так или иначе касается философских проблем естествознания. Более глубокая связь естествознания с философией свидетельствует о более высоком уровне его развития. Естественно, с течением времени теоретическое мышление с философской ориентацией меняется и приобретает различные формы и содержание. Лучших результатов достигнет естествоиспытатель, свободно владеющий своими узкопрофессиональными вопросами и достаточно легко ориентирующийся в общих философских вопросах, связанных прежде всего с диалектикой и теорией естественно - научного познания.

Стремление ученых создать научную картину мира сближает естествознание с философией. Научная картина мира обладает большей общностью, чем теоретические схемы конкретных естественно-научных утверждений. Она образуется посредством особых связей отдельных элементов познания и представляет собой весьма общую идеальную модель реальных процессов, явлений и свойств вещества, исследуемых в рамках узких отраслей естествознания.

1. 6 Лекция № 6 (2 часа).

Тема: «Методика статистической обработки экспериментальных данных»

1.6.1 Вопросы лекции:

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

1.6.2 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.

1. 7 Лекция № 7 (2 часа).

Тема: «Теоретические и методические основы проведения многофакторных экспериментов»

1.7.1 Вопросы лекции:

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

1.7.2 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_j .

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_j 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):



$$Y' = b_0 + \sum b_{i1} x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{i11} x_i^2 + \dots \quad (2)$$

которое и является математической моделью исследуемого ТП.

Теоретической основой для нахождения коэффициентов $b_0, b_i, b_{ij}, b_{i11}$ 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:

$$y'_i = b_0 + \sum b_{i1} x_1 + \sum b_{ij} x_i x_j \quad (3)$$

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:

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

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. 8 Лекция № 8 (2 часа).

Тема: «Аналитическая и геометрическая интерпретация результатов многофакторных экспериментов»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Характеристика методики составления планов эксперимента.
2. Общие положения о планировании второго порядка.
3. Ортогональные центральные композиционные планы второго порядка.

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Характеристика методики составления планов эксперимента.

Использование теории планирования эксперимента является одним из путей существенного повышения эффективности многофакторных экспериментальных исследований.

В планировании экспериментов применяются в основном планы первого и второго порядков. Планы более высоких порядков используются в инженерной практике редко. В связи с этим далее приводится краткое изложение методики составления планов эксперимента для моделей первого и второго порядков. Под планом первого порядка понимают такие планы, которые позволяют провести эксперимент для отыскания уравнения регрессии, содержащего только первые степени факторов и их произведения:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{\substack{i,j,l=1 \\ i \neq j, j \neq l}}^k b_{ijl} x_i x_j x_l + \dots \quad (5)$$

Планы второго порядка позволяют провести эксперимент для отыскания уравнения регрессии, содержащего и вторые степени факторов:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k b_{ij} x_i x_j + \dots \quad (6)$$

Нахождение уравнения регрессии методом планирования экспериментов состоит из следующих этапов: выбор основных факторов и их уравнений; планирование и проведение собственного эксперимента; определение коэффициентов уравнения регрессии; статистический анализ результатов эксперимента [1].

2. Общие положения о планировании второго порядка.

Описание поверхности отклика полиномами первого порядка часто оказывается недостаточным. Во многих случаях удовлетворительная аппроксимация может быть достигнута, если воспользоваться полиномом второго порядка (6).

В этом случае требуется, чтобы каждый фактор варьировался не менее чем на трех уровнях. В этом случае полный факторный эксперимент содержит слишком большое количество опытов, равное 3^k . Так, при $k=3$ их 27, а число коэффициентов $b - 10$, при $k=5$ число опытов 243, а коэффициентов 21. В связи с этим осуществление полного факторного эксперимента (ПФЭ) для планов второго порядка не только сложно, но и нецелесообразно.

Сократить число опытов можно, воспользовавшись так называемым композиционным или последовательным планом, разработанным Боксом и Уилсоном.

Так, при двух факторах модель функции отклика $y=f(x_1, x_2)$ второго порядка представляет собой поверхность в виде цилиндра, конуса, эллипса и т.д., описываемую в общем виде уравнением:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2 \quad (7)$$

Для определений такой поверхности необходимо располагать координатами не менее трех ее точек, т.е. факторы x_1 и x_2 должны варьироваться не менее чем на трех уровнях. Поэтому план эксперимента в плоскости факторов x_1 и x_2 на рисунке 3, а не может состоять лишь из опытов 1, 2, 3, 4, располагающихся в вершинах квадрата, как это делается для модели первого порядка. К ним должны быть добавлены опыты (звездные точки) 5, 6, 7, 8, расположенные на осях x_1 и x_2 с координатами $(\pm\alpha; 0)$ $(0; \pm\alpha)$ и обязательно опыт 9 в центре квадрата, чтобы по любому направлению (5-9-6), (1-9-4) и т.д. располагалось три точки, определяющие кривизну поверхности в этом направлении.

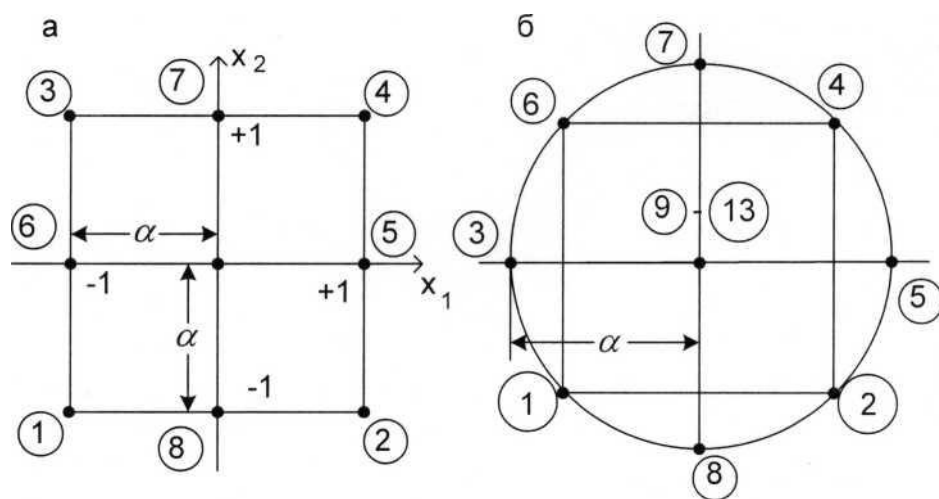


Рисунок 3 - Планы второго порядка при $k=2$: а - ортогональный; б - ротатабельный

Таким образом, в общем случае ядро композиционного плана составляет при $k < 5$ ПФЭ 2^k а при $k > 5$ - дробную реплику от него. Если линейное уравнение регрессии оказалось неадекватным, необходимо:

1) добавить $(2 - k)$ звездных точек, расположенных на координатных осях факторного пространства звездное плечо, или расстояние до звездной точки;

$(\pm\alpha, 0, 0, \dots, 0), (0, \pm\alpha, 0, \dots, 0), \dots, (0, 0, \dots, \pm\alpha)$, где α

2) провести n_0 опытов при значениях факторов в центре плана.

При k факторах общее число опытов в матрице композиционного плана составит:

$$n = 2^k + 2 \cdot k + n_0, \text{ при } k < 5$$

$$n = 2^k + 2 \cdot k + n_0, \text{ при } k \geq 5$$

(9)

При этом величина звездного плеча α и число опытов в центре плана n_0 зависит от выбранного вида композиционного плана.

Композиционный план для $k=2$ и $n_0 = 1$ представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Композиционный план второго порядка

Номер опыта		Факторы						Результат
		x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	x_2^2	x_1^2	y_1
Ядро плана	1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	y_1
	2	+1	+1	-1	-1	+1	+1	y_2
	3	+1	-1	+1	-1	+1	+1	y_3
	4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y_4
	5	+1	$+\alpha$	0	0	α^2	0	y_5
Звездные точки	6	+1	$-\alpha$	0	0	α^2	0	y_6
	7	+1	0	$+\alpha$	0	0	α^2	y_7
	8	+1	0	$-\alpha$	0	0	α^2	y_8
Центр плана	9	+1	0	0	0	0	0	y_9

Аналогичным образом строятся планы и для большего числа факторов [1].

$$x'_{ij} = x_{ij}^2 - \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}{n} = x_{ij}^2 - \bar{x}_i^2$$

(10)

при этом

$$\sum_{j=1}^n x_{0j} x_{ij} = \sum_{j=1}^n (x_{ij}^2 - \bar{x}_i^2) = \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - n \bar{x}_i^2$$

(11)

Тогда уравнение регрессии будет записано как

$$\hat{y} = x'_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,u=1}^k b_{iu} x_i x_u + \sum_{i=1}^k b'_{ii} x'_i$$

(12)

Композиционные планы легко привести к ортогональным, выбирая звездное плечо α . В таблице 2 приведено значение, а для различного числа факторов k и числа опытов в центре плана n_0 .

3. Ортогональные центральные композиционные планы второго порядка.

В общем виде план, представленный в таблице 1, неортогонален так как

$$\sum_{j=1}^n x_{0j} x_{ij} \neq 0; \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \bar{x}_i^2$$

(9)

Приведем его к ортогональному виду, для чего введем новые переменные (преобразования для квадратичных эффектов):

Таблица 2 - Значения звездных плеч в ортогональных планах второго порядка

Число опытов в центре плана	Звездное плечо α при различном числе факторов k
-----------------------------	--

"o	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5 (в ядре полуреплики)
1	1,000	1,215	1,414	1,546
2	1,077	1,285	1,471	1,606
3	1,148	1,353	1,546	1,664
4	1,214	1,414	1,606	1,718
5	1,267	1,471	1,664	1,772
6	1,320	1,525	1,718	1,819
7	1,369	1,575	1,772	1,868
8	1,414	1,623	1,819	1,913
9	1,454	1,668	1,868	1,957
10	1,498	1,711	1,913	2,000

В частности, ортогональный план второго порядка для k=2 и n=1 представлен в таблице 3, а его геометрическая интерпретация - на рисунке 3, а.

Представленный на рисунке 3, а и в таблице 3 прямоугольный (квадратный) план эксперимента для модели второго порядка работоспособен, хотя и несколько избыточен (9 опытов для определения 6 коэффициентов). Благодаря трем избыточным опытам, он позволяет усреднить случайные погрешности и оценить их характер. Таблица 3 - Ортогональный центральный композиционный план второго порядка

Номер опыта		Факторы						Результат
		x_0	x_1	x_2	x_1x_2	x_2^2	x_1^2	
Ядро плана	1	+1	-1	-1	+1	+1/3	+1/3	y_1
	2	+1	+1	-1	-1	+1/3	+1/3	y_2
	3	+1	-1	+1	-1	+1/3	+1/3	y_3
	4	+1	+1	+1	+1	+1/3	+1/3	y_4
Звездные точки	5	+1	$\alpha = +1$	0	0	+1/3	-2/3	y_5
	6	+1	$\alpha = -1$	0	0	+1/3	-2/3	y_6
	7	+1	0	$\alpha = +1$	0	-2/3	+1/3	y_7
	8	+1	0	$\alpha = -1$	0	-2/3	+1/3	y_8
Центр плана	9	+1	0	0	0	-2/3	-2/3	y_9

В этой таблице

$$x'_{ij} = x_{ij}^2 - \frac{\sum_{j=1}^9 x_{ij}^2}{9} = x_{ij}^2 - \frac{2}{3} \quad (13)$$

В силу ортогональности матрицы планирования ее коэффициенты равны:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij} y_j}{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}; b_{ii} = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij} y_j}{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}; b_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} x_{iu}) y_j}{\sum_{j=1}^n (x_{ij} x_{iu})^2} \quad (14)$$

Уравнения регрессии b определяются независимо один от другого по формулам. Здесь i - номер столбца в матрице планирования; j - номер строки; суммы в знаменателях различны для линейных, квадратичных эффектов и взаимодействий.

Дисперсии коэффициентов уравнения регрессии следующие:

$$S_{bi}^2 = \frac{S_{\text{соч}}^2}{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}; S_{bii}^2 = \frac{S_{\text{соч}}^2}{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}; S_{bu}^2 = \frac{S_{\text{соч}}^2}{\sum_{j=1}^n (x_{ij} x_{ui})^2} \quad (15)$$

Следует особо отметить, что коэффициенты уравнения регрессии, получаемые с помощью ортогональных планов второго порядка, определяются с разной точностью (см. уравнение (14)), в то время как ортогональные планы первого порядка обеспечивают одинаковую точность коэффициентов, т.е. план, представленный в таблице 3. Являющийся ортогональным и обеспечивающий независимость определения коэффициентов B , не является рототабельным.

В результате расчетов по матрице с преобразованными столбцами для квадратичных эффектов получаем уравнение регрессии в виде:

$$\hat{y} = b'_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,u=1}^k b_{iu} x_i x_u + \sum_{i=1}^k b'_{ii} (x_i^2 - \bar{x}_i^2) \quad (16)$$

Для преобразования к обычной форме записи следует перейти от коэффициента b'_0

$$b'_0 = b_0 - \sum_{i=1}^k b'_{ii} \bar{x}_i^2 \quad (17)$$

к коэффициенту b_0 , используя выражение:

При этом дисперсия этого коэффициента рассчитывается по следующему соотношению:

$$S_{b_0}^2 = S_{b'_0}^2 + \sum_{i=1}^k S_{b'_{ii}}^2 \bar{x}_i^2 \quad (18)$$

В дальнейшем, зная дисперсию воспроизводимости, проверяют значимость коэффициентов и адекватность уравнения:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,u=1}^k b_{iu} x_i x_u + \sum_{i=1}^k b_{ii} \bar{x}_i^2 \quad (19)$$

Значимость коэффициентов проверяется по критерию согласия Стьюдента $t_i = |b_i| / S_{bi}$. Коэффициент значим, если $t_i > t_{\alpha m}$, где m – число степеней свободы дисперсии воспроизводимости.

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 регламентируются 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) метрологические 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:

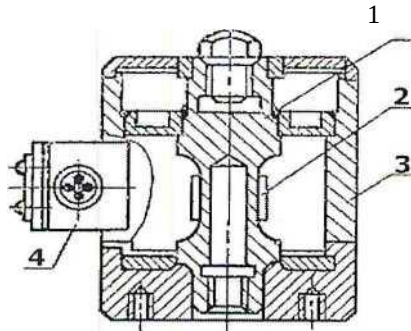


Рисунок 1 -Конструкция тензодатчика

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. Упит - напряжение питания измерительного моста, как правило в интервалах 3-30В напряжения переменного или постоянного тока, Усигн - 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.

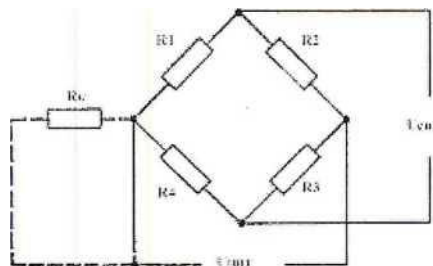


Рисунок 1 - Мост Уитстона

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: «Приборы энергетической оценки работы сельскохозяйственных агрегатов»

2.3.1 Задание для работы:

1. Тензодатчики.
2. Тензоусилитель 8АНЧ-7М.
3. Аналого-цифровой преобразователь.

2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Приборы энергетической оценки работы сельскохозяйственных агрегатов.

Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

- технологическая операция - Направленное воздействие на почву, растение, сельскохозяйственную продукцию и другой технологический материал с целью достижения заранее намеченного изменения их свойств, состояния или формы.
- сельскохозяйственная машина - Машина или орудие, осуществляющие воздействие на почву, растение, сельскохозяйственную продукцию и другой технологический материал.
- самоходная сельскохозяйственная машина - Сельскохозяйственная машина, имеющая в своем составе источник энергии и привод на ходовое устройство и рабочие механизмы.

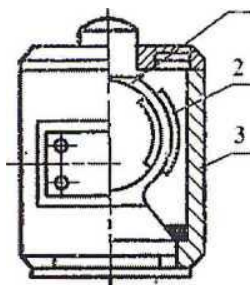


Рисунок 2 - Конструкция тензодатчика (кольцо)

Для правильно функционирования весов, важно соблюдать характер приложения нагрузки. Вектор силы, воздействующий на датчик, должен быть строго в направлении оси датчика (упругий элемент тензодатчика стержень, кольцо). Для исключения бокового влияния нагрузки, применяют самоустанавливающиеся (самоцентрирующиеся) конструкции. Поверхность опор таких тензодатчиков имеет сферическую выпуклую форму.

Принцип действия тензодатчика основан на измерении изменения сопротивления тензорезисторов наклеенных на упругое тело, которое под действием силы (вес груза), деформируется и деформирует размещенные на нем тензорезисторы.

Конструкция тензорезистора представляет собой (Рис.3):

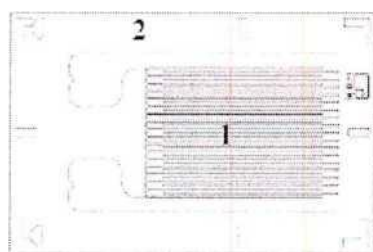


Рисунок 3 - Тензорезистор НВМ

1. Проволочная или фольговая решетка - изготавливается из металлической нити диаметром 20-25 мкм из константана, манганина; 2. Подложка - основание, на которое наносится решетка тензорезистора, выполнено из бумаги, пленки, синтетического материала стойкого к деформациям;

Электрическое соединение тензорезисторов:

Широкое применение получила мостовая схема включения тензорезисторов - мост Уитстона. Схема представляет собой 4 тензорезистора, соединенных в электрический мост - Рис. 4. стационарный агрегат - Сельскохозяйственный агрегат, выполняющий технологические операции стационарно от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) или от вала отбора мощности (ВОМ) трактора, асинхронных электрических двигателей.

машинно-тракторный агрегат - Сельскохозяйственный агрегат, состоящий из трактора и присоединяемых к нему сельскохозяйственных машин.

Трактор - Самоходная машина на колесном или гусеничном ходу, приводимая в движение установленным на ней двигателем, предназначенная для приведения в действие присоединяемых к ней сельскохозяйственных машин (навесных, прицепных или полунавесных) и привода стационарных машин (агрегатов).

энергетическая оценка - Определение затрат энергии, потребляемой сельскохозяйственной машиной или агрегатом на выполнение технологических операций.

технологический цикл - Совокупность циклически повторяющихся и последовательно совершаемых технологических операций.

Общие положения

Энергетическую оценку сельскохозяйственных машин и агрегатов проводят с целью определения затрат энергии на выполнение технологических операций.

Энергетическую оценку сельскохозяйственных машин и агрегатов проводят на режимах работы, при которых устойчиво выполняются технологические операции, при этом количество режимов должно устанавливаться стандартами на машины конкретных типов.

Условия проведения энергетической оценки сельскохозяйственных машин и

стационарных агрегатов должны соответствовать техническому заданию (ТЗ), техническим условиям (ТУ), методы определения - по ГОСТ 20915.

При отсутствии в стандартах на машины конкретных типов вариантов режимов работы энергооценку проводят на режимах, при которых устойчиво выполняется технологический процесс, при этом режимов должно быть не менее трех.

Средства измерений должны быть поверены или калиброваны в соответствии с требованиями национальных стандартов.

Результаты испытаний записывают в форму. Показатели энергетической оценки и методы их определения.

Показатели энергетической оценки. При энергетической оценке сельскохозяйственных машин и стационарных агрегатов с приводом от двигателя внутреннего сгорания или трактора определяют следующие показатели: - часовой расход топлива; - мощность, потребляемую сельскохозяйственной машиной или стационарным агрегатом; - удельные энергозатраты; - тяговое сопротивление навесных, полунавесных и прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору; - мощность, потребляемую на привод рабочих органов навесных, полунавесных и прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору.

При энергетической оценке стационарных агрегатов с приводом от асинхронных электрических двигателей определяют следующие показатели: - активную и реактивную мощности, потребляемые стационарным агрегатом; - средний коэффициент мощности;

- удельные энергозатраты.

Величины, измеряемые при испытаниях

Показатели энергетической оценки определяют по результатам измерений, полученных при испытаниях. На каждом режиме работы сельскохозяйственной машины или агрегата должны быть выполнены не менее четырех измерений каждой величины, продолжительностью не менее 20 с.

При определении показателей энергетической оценки самоходной сельскохозяйственной машины или стационарного агрегата с приводом от двигателя внутреннего сгорания или трактора измеряют: - время измерения; - количество топлива, израсходованного за время измерения; - длину пути, пройденного самоходной машиной за время измерения.

При определении показателей энергетической оценки навесных, полунавесных или прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору, измеряют:

Для сельскохозяйственных машин без привода рабочих органов от трактора: - время измерения; - тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины при выполнении технологических операций; - длину пути, пройденного сельскохозяйственной машиной за время измерения.

Для сельскохозяйственных машин с приводом рабочих органов от вала отбора мощности трактора дополнительно: - крутящий момент вала отбора мощности; - частоту вращения вала отбора мощности.

Для сельскохозяйственных машин с гидравлическим приводом от трактора на рабочие органы дополнительно: - расход рабочей жидкости, поступающей в механизмы привода рабочих органов; - перепад давлений рабочей жидкости между входящей и выходящей линиями гидравлического привода.

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: «Методика проведения лабораторных и полевых экспериментов»

2.4.1 Задание для работы:

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

2.4.2 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.

2.4.3 Результаты и выводы:

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

2.5 Практическое занятие № 5 (2 часа).

Тема: «Поиск оптимального решения однофакторной задачи»

2.5.1 Задание для работы:

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

2.5.2 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).

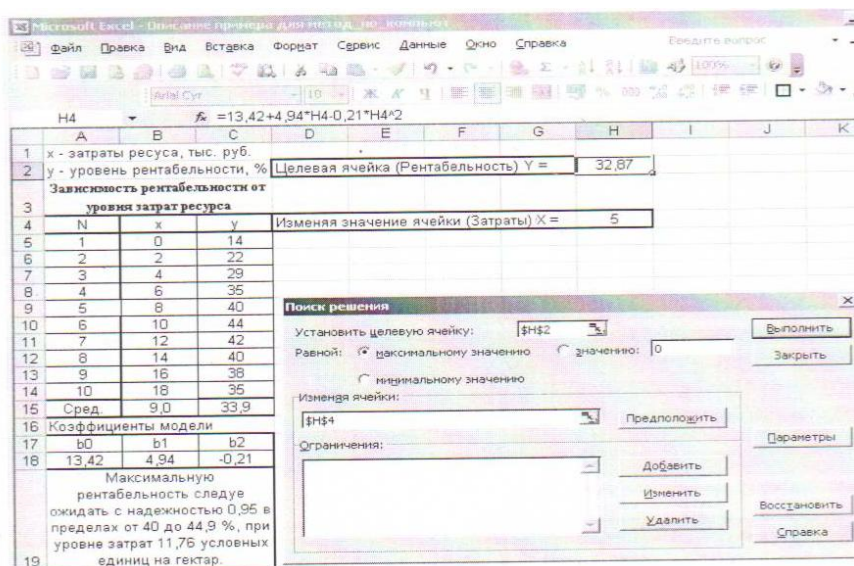


Рис. 1 – Результаты решения

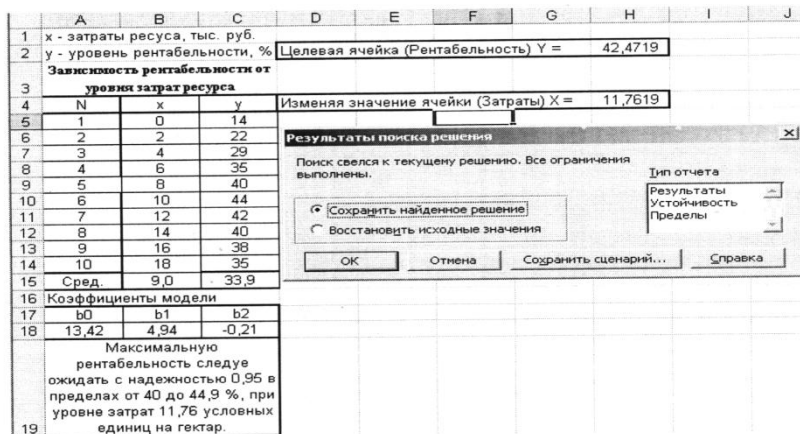


Рис. 2 – Результаты решения (продолжение)

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

2.5.3 Результаты и выводы:

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

2.6 Практическое занятие № 6 (2 часа).

Тема: «Поиск оптимального решения многофакторной задачи»

2.6.1 Задание для работы:

1. Коэффициент корреляции.
2. Проверка гипотезы о равенстве нулю коэффициента корреляции.
3. Выборочный коэффициент парной корреляции.

2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

Для определения оптимальных условий можно воспользоваться средствами Сервис Поиск решения. Открыв лист Книги Excel, и выбрав в качестве целевой ячейки \$G\$20, занесем в нее формулу

$$= -1,8565 + 0,1548 \cdot x_1 + 0,214 \cdot x_2 + 1,3974 \cdot x_3 - 0,0008 \cdot x_1^2 - 0,0009 \cdot x_2^2 - 0,1958 \cdot x_3^2 - 0,0026 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0012 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,0012 \cdot x_2 \cdot x_3$$

Активизируем «Равной максимальному значению». В качестве интервала изменяемых значений ячеек укажем \$G\$21:\$G\$23 и введем в начальные значения поиска равные средним значениям: в ячейку G21 соответственно 50; в G22 - 70 и в G23 - 3. Нажав кнопку «Выполнить» получим решение (рисунок 78 и 79).

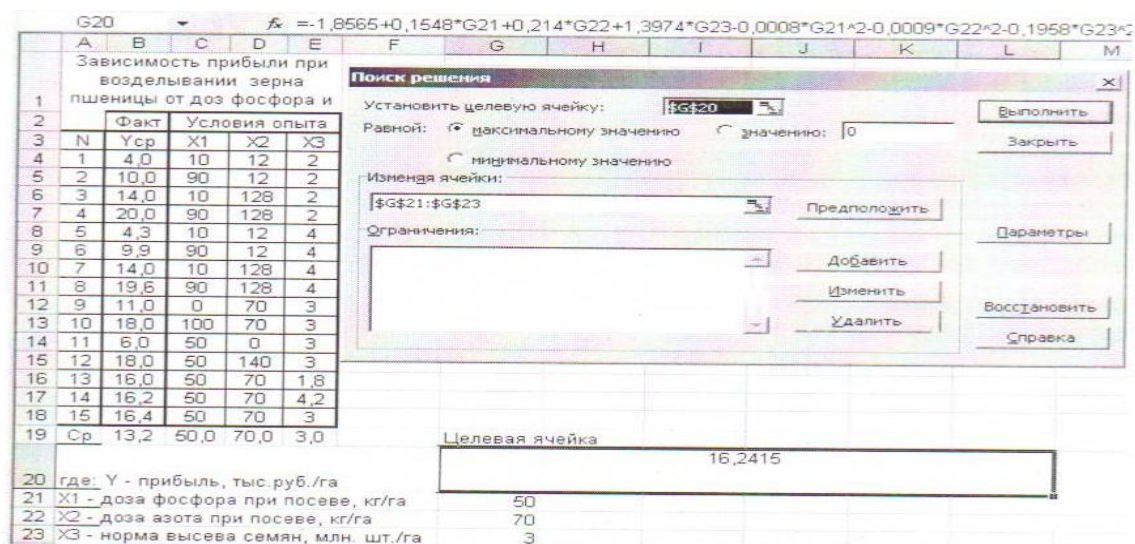


Рис. 1 – Решение задачи

Максимум прибыли $Y = 19,7$ руб./га при $X_1 = 92,5$ кг д.в./га, $X_2 = 117,2$ кг/га д.в., $X_3 = 2,6$ млн. шт./га.

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: «Интерпретация результатов многофакторных экспериментов»

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

2.7.1 Задание для работы:

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

2.7.2 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 *неинтерпретируемыми*. 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 $r_{x1x2} = 0$. Тогда можно говорить, что параметр b_1 измеряет силу влияния

фактора x_1 на результат y при неизменном значении фактора x_2 . Если же $r_{x1x2} = 1$, 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 возрастать, 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 $D_{ост}$ 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 $F_i = \frac{S_{\hat{\theta}}^2}{S_{\hat{\theta}}^2}$

Определяют исправленную выборочную факторную дисперсию по формуле:

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

где: N - число наблюдений; $D\phi = D_0 - D_{\text{ост}}$

k_1 , - число степеней свободы для факторной дисперсии, $k_1 = k_0 - k_2$,

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

L - число коэффициентов в математической модели;

$k_0 = N - 1$ - 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 α 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 α совершить ошибку первого рода, то есть отбросить заведомо справедливую гипотезу о равенстве факторной и остаточной дисперсий (принять неадекватную математическую модель адекватной).

2.7.3 Результаты и выводы:

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

2.8 Практическое занятие № 8 (2 часа).

Тема: «Построение криволинейной модели»

2.8.1 Задание для работы:

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

2.8.2 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:

$$\sum_{j=1}^n (y_i - a_0 x_{0j} - a_1 x_{1j} - a_2 x_{2j})^2 \rightarrow \text{Min}$$

где N - число наблюдений.

Приравнивая 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:

$$a_0 + a_1 \times x + a_2 \times x^2 = y \quad a_0 \times x + a_1 \times x^2 + a_2 \times x^3 = x \times y \quad a_0$$

$$a_0 \cdot x^2 + a_1 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^4 = x^2 \cdot y.$$

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

2.8.3 Результаты и выводы:

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

2.9 Практическое занятие № 9 (2 часа).

Тема: «Регрессионная статистика»

2.9.1 Задание для работы:

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

2.9.2 Краткое описание проводимого занятия:

Как и в парной зависимости, возможны разные виды уравнений множественной регрессии: линейные и нелинейные.

Ввиду четкой интерпретации параметров наиболее широко используются линейная и степенная функции. В линейной множественной регрессии $y_x = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_k \cdot x_k$ параметры при x называются коэффициентами «чистой» регрессии. Они характеризуют среднее изменение результативного признака с изменением соответствующего фактора на единицу при неизменном значении других факторов, закрепленных на среднем уровне.

В степенной функции $y_x = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_k^{b_k}$ коэффициенты b , являются коэффициентами эластичности. Они показывают, на сколько процентов изменяется в среднем результат с изменением соответствующего фактора на 1 % при неизменности действия других факторов. Этот вид уравнения регрессии получил наибольшее распространение в производственных функциях.

В производственных функциях вида: $y_x = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_k^{b_k}$

где y_x — количество продукта, изготавливаемого с помощью k

производственных факторов x_1, x_2, K, x_k ;

b - параметры, являющийся эластичностью количества продукции по отношению к количеству соответствующих производственных факторов.

Экономический смысл имеют не только коэффициенты b каждого фактора, но и их сумма, т. е. сумма эластичностей: $B = b_1 + b_2 + K + b_k$. Эта величина фиксирует обобщенную характеристику эластичности производства.

По данным годовых отчетов 500 сельскохозяйственных предприятий Оренбургской области методом наименьших квадратов была построена математическая модель, отражающая зависимость выручки от потребляемых ресурсов, таких как размера оборотных средств, числа работающих и размера сельскохозяйственных угодий. Все эти ресурсы в некотором смысле являются взаимозаменяемыми.

Математическая модель имеет вид производственной функции тип Кобба - Дугласа:

$$B = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot x_3^{a_3}$$

где B - выручка, млн. руб.;

x_1 - оборотные средства предприятия, тыс. руб.;

x_2 - число работающих (среднегодовая численность работающих);

x_3 - размер сельскохозяйственных угодий, га.

После подбора коэффициентов методом наименьших квадратов получена адекватная модель

$$B = 0,5078 \cdot x_1^{0,7302} \cdot x_2^{0,2114} \cdot x_3^{0,2089}$$

Эластичность выручки от производства составляет в среднем 0,73 % с ростом x_1 на 1 % при неизменном уровне других факторов; 0,21 % — с ростом x_2 на 1 % также при неизменности других факторов производства и 0,21 % с ростом x_3 на 1 % при неизменном уровне других факторов.. Для данного уравнения $b = b_1 + b_2 + b_3 = 1,15$. Следовательно, в целом с ростом каждого фактора производства на 1% коэффициент эластичности выручки от реализации продукции составляет 1,15%, т.е. выручка увеличивается на 1,15%.

При практических расчетах не всегда $b = b_1 + b_2 + K + b_k = 1$. Эта сумма может быть как больше, так и меньше единицы. В этом случае величина b фиксирует приближенную оценку эластичности выручки с ростом каждого фактора производства на 1 % в условиях увеличивающейся ($b > 1$) или уменьшающейся ($b < 1$) отдачи.

Возможны и другие линеаризуемые функции для построения математических моделей на множественной регрессии:

$$\text{экспонента} - y_x = e^{a \times x_1^{b_1} \times x_2^{b_2} \times K \times x_k^{b_k}}$$

гипербола - $y_x = 1/a \cdot x_1^{b_1} \times x_2^{b_2} \times K \times x_k^{b_k}$, которая используется при обратных связях признаков.

Стандартные компьютерные программы обработки регрессионного анализа позволяют перебирать различные функции и выбрать ту из них, для которой остаточная дисперсия и ошибка аппроксимации минимальны, а коэффициент детерминации максимален. Однако чем сложнее функция, тем менее интерпретируемы ее параметры.

При сложных полиномиальных функциях с большим числом факторов необходимо помнить, что каждый параметр преобразованной функции является средней величиной, которая должна быть подсчитана по достаточному числу наблюдений. Если число наблюдений невелико, что, как правило, имеет место в исследованиях, то увеличение числа параметров функции приведет к их

статистической не значимости и соответственно потребует упрощения вида функции. Если один и тот же фактор вводится в регрессию в разных степенях, то каждая степень рассматривается как самостоятельный фактор. Так, если модель имеет вид полинома m - го порядка

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_i x_i^2 + \sum_{i \neq j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{iii} x_i^3 + \dots + \varepsilon$$

то после соответствующей замены переменных, получим линейное уравнение регрессии с V факторами:

$$y_x = b_0 + b_1 \times z_1 + b_2 \times z_2 + K + b_y \times z_y + \varepsilon$$

Поскольку, как отмечалось, должно выполняться соотношение между числом параметров и числом наблюдений, для полинома второй степени требуется не менее 30—35 наблюдений. Полиномиальные модели высоких порядков используются редко.

2.9.3 Результаты и выводы:

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

2.10 Практическое занятие № 10 (2 часа).

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

2.10.1 Задание для работы:

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

2.10.2 Краткое описание проводимого занятия:

Уравнение регрессии

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

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

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

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

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

Источник DF SS MS FP

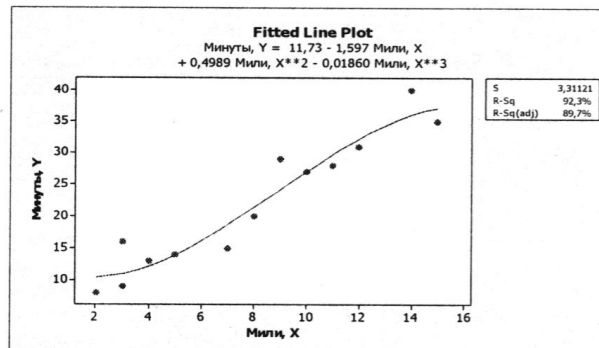
Регрессия 3 1184,25 394,749 36,00 0,000 Error 9 98,68 10,964

Total 12 1282,92

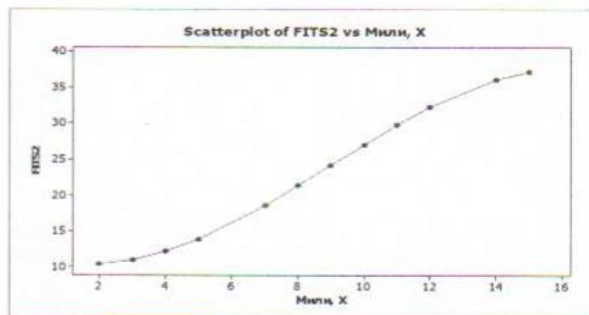
Источник DF SS F P

Линейный	1	1172,98	117,36	0,000
Параболический	1	1,08	0,100,759	
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: $Y = b_1 + b_2 * x + b_3 * \exp(kx) + \epsilon$

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 $Y = b_1 + b_2 * x + b_3 * e^{Ax}$, по отдельности:

$Y = b_1 + b_2 * x$,

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

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			
-------	----	--------	--	--	--

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

$$Y = -0,22 + 9,18e^A x$$

Предиктор Coef SE Coef T P

Константа -0,220 2,534 -0,09 0,932 $e^A x$ 9,1849 0,9680 9,49 0,000

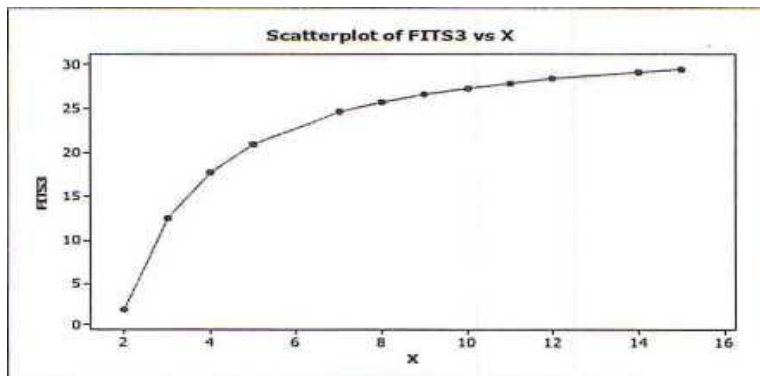
S = 3,56333 R-Sq = 89,1% R-Sq (adj) = 88,1%

Источник	DF	SS	MS	F	P
Регрессия	1	1143,3	1143,390,04	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 $yt = b_1 + b_2 \cdot (xt) + et$

Уравнение регрессии:

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

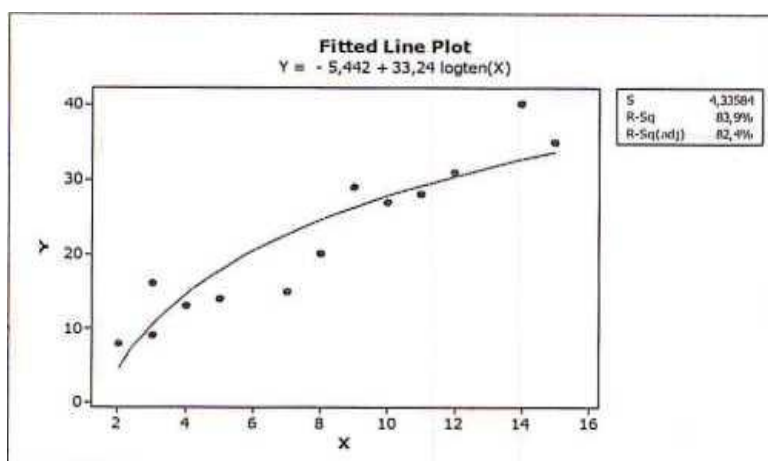
S = 4,33584 R-Sq = 83,9% R-Sq (adj) = 82,4%

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			
-------	----	---------	--	--	--



Логобратная $\ln(Y) = b_1 + b_2/x + et$

Уравнение регрессии:

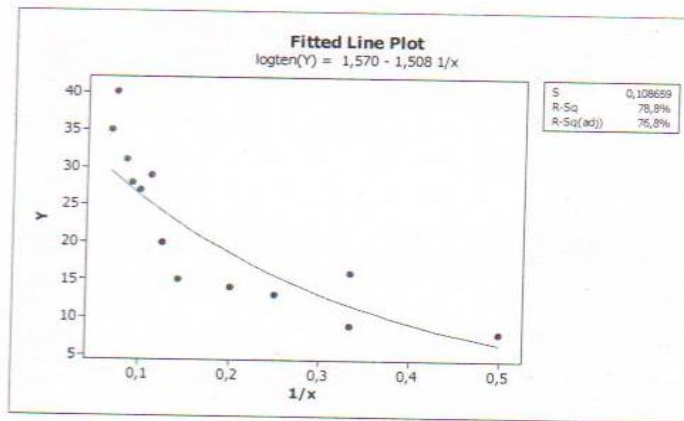
$$\ln(Y) = 1,570 - 1,508 \cdot 1/x$$

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.

2.10.3 Результаты и выводы:

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

2.11 Практическое занятие № 11 (2 часа).

Тема: «Поиск оптимального решения однофакторной задачи»

2.11.1 Задание для работы:

1. Связь между количественными и качественными связями.
2. Переменные и признаки.
3. Частоты нормального распределения.

2.11.2 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).

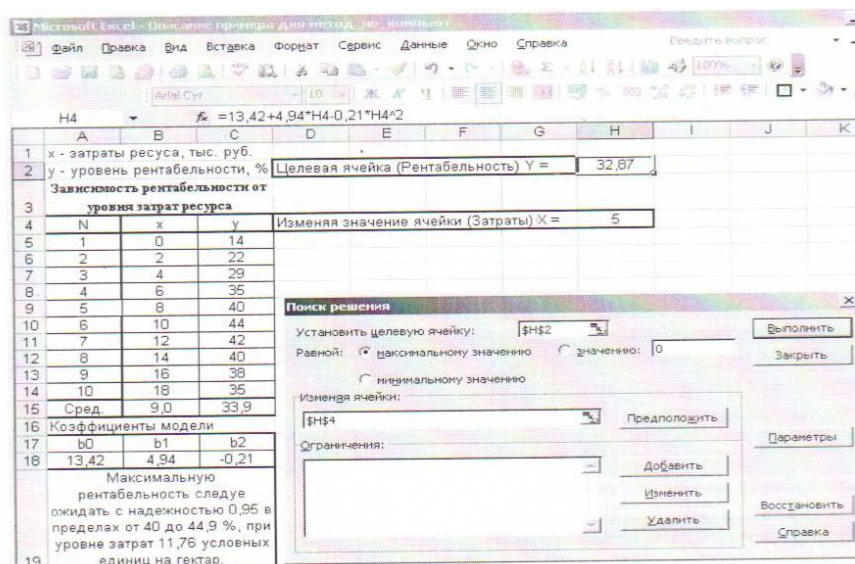


Рис. 1 – Результаты решения

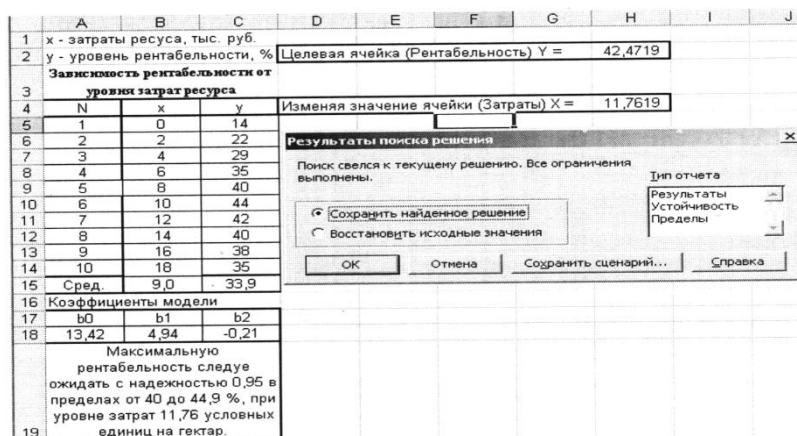


Рис. 2 – Результаты решения (продолжение)

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.

2.11.3 Результаты и выводы:

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

2.12 Практическое занятие № 12 (2 часа).

Тема: «Поиск оптимального решения многофакторной задачи»

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

2.12.1 Задание для работы:

1. Методы ранговых оценок.
2. Методы непосредственной оценки.
3. Метод парных сравнений.

2.12.2 Краткое описание проводимого занятия:

Для определения оптимальных условий можно воспользоваться средствами Сервис\Поиск решения.

Открыв лист Книги Excel, и выбрав в качестве целевой ячейки \$G\$20, занесем в нее формулу

$$= -1,8565 + 0,1548 \cdot x_1 + 0,214 \cdot x_2 + 1,3974 \cdot x_3 - 0,0008 \cdot x_1^2 - 0,0009 \cdot x_2^2 - 0,1958 \cdot x_3^2 - 0,0026 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,0012 \cdot x_2 \cdot x_3$$

Активируем «Равной максимальному значению». В качестве интервала изменяемых значений ячеек укажем \$G\$21:\$G\$23 и введем в начальные значения поиска равные средним значениям: в ячейку G21 соответственно 50; в G22 - 70 и в G23 - 3. Нажав кнопку «Выполнить» получим решение (рис. 1 и 2).

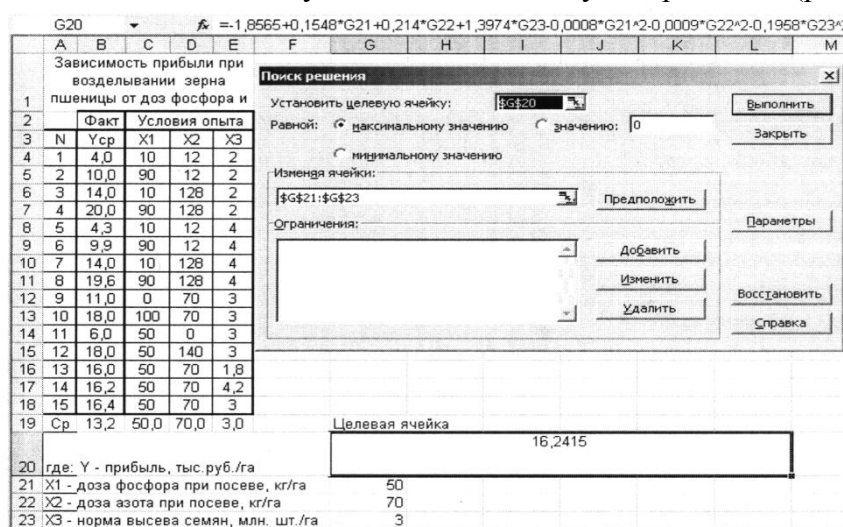


Рис. 1 – Решение задачи

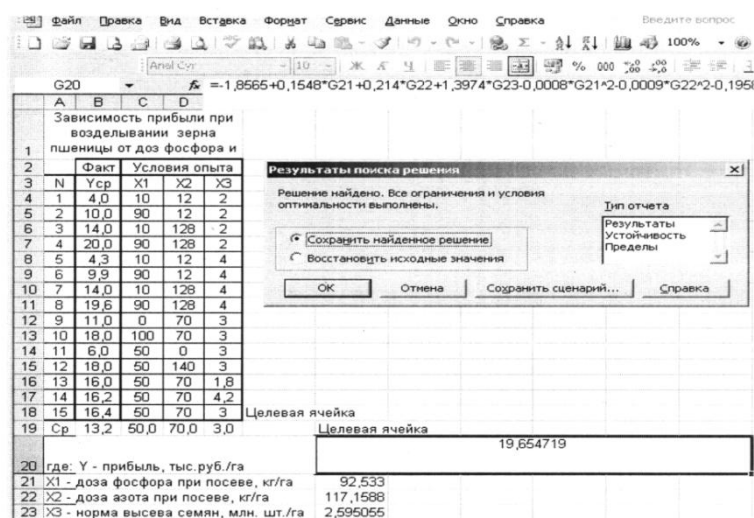


Рис. 2 – Решение задачи (продолжение)

Максимум прибыли $Y = 19,7$ руб./га при $X_1 = 92,5$ кг д.в./га, $X_2 = 117,2$ кг/га д.в., $X_3 = 2,6$ млн. шт./га.

2.12.3 Результаты и выводы:

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

2.13 Практическое занятие № 13 (2 часа).

Тема: «Дисперсионный анализ»

2.13.1 Задание для работы:

1. Вариация.
2. Корректирующий фактор.
3. Ошибка опыта.

2.13.2 Краткое описание проводимого занятия:

Если результаты N наблюдений изучаемого показателя, сгруппировать по какому-либо группировочному признаку и вычислить средние значения результатов в каждой группе, то возникает вопрос - существенно ли различаются средние значения показателя выделенных групп между собой или, что равносильно, существенно ли влияние группы- группового признака на изучаемый показатель.

Ответить на поставленный вопрос можно, сравнивая попарно эти средние значения, то есть, проверяя статистическую гипотезу о равенстве генеральных средних (математических ожиданий показателя) этих групп.

Учитывая, что число групп может быть значительно более двух, поэтому при парном сравнении будет использоваться лишь незначительная часть информации содержащейся в общей выборке. Поэтому для ответа на этот вопрос английским статистиком Р. Фишером в начале двадцатого столетия предложен метод дисперсионного анализа, позволяющий решать вопрос о значимости влияния группировочного признака на изучаемый показатель, используя информацию о нем, содержащуюся во всей выборке.

На практике дисперсионный анализ применяют в случае, когда требуется установить, статистически значимо ли влияет некоторый качественный фактор F , взятый в качестве группировочного признака, на изучаемый показатель X .

Основная идея дисперсионного анализа состоит в сравнении факторной дисперсии (межгрупповой дисперсии), порождаемой воздействием фактора и характеризующей различие средних значений групп, и остаточной дисперсии (внутригрупповой дисперсии), обусловленной случайными причинами. Если различие между этими дисперсиями значимо, то фактор F оказывает существенное влияние на X , то есть средние значения X в группах различаются также значимо.

Если установлено значимое влияние фактора на показатель X , и требуется установить, какой из уровней фактора оказывает наибольшее воздействие, то производят дополнительно парное сравнение средних значений групп.

Дисперсионный анализ используют и для проверки однородности нескольких совокупностей, то есть проверяют гипотезу о равенстве генеральных дисперсий показателя во всех группах. Признаком количественной и качественной однородности групп является равенство дисперсий в этих группах и наличие признака нормальности распределения, то есть коэффициент вариации не должен превышать величины 0,33. Сравнивать результаты влияния некоторого фактора правомерно, только в однородных группах.

Дисперсионный анализ предполагает исследование влияния и нескольких факторов (многофакторный дисперсионный анализ) на изучаемый показатель, однако при числе факторов более трех процедура анализа влияния факторов и их различных взаимодействий становится громоздкой и мало продуктивной по сравнению с регрессионным анализом.

Для уяснения идей метода рассмотрим простейший случай однофакторного дисперсионного анализа.

Допустим, всю выборку наблюдений за показателем X разбили на K групп, используя некоторый группировочный признак F . При этом можно выделить групповые, внутригрупповую, межгрупповую и общую дисперсии.

Групповой дисперсий (дисперсией группы) называют среднее арифметическое квадратов отклонения значений изучаемого признака от среднего значения признака данной группы:

$$D_{гр}(j) = \frac{\sum_{i=1}^{M_j} n_i \cdot (x_i - x_j)^2}{N_j}$$

где $D_{гр}(j)$ дисперсия j -ой группы; n_i - частота повторений значения X_i в выборке; M_j - число подгрупп отличных значений x_i ;

$N_j = \sum_{i=1}^{M_j} n_i$ - объем j -ой группы

$x_j = \sum_{i=1}^{M_j} n_i \cdot x_i / N_j$ среднее значение j -ой группы

Внутригрупповой (остаточной) дисперсией называют среднюю арифметическую групповых дисперсий, взвешенную по объемам групп:

$$D_{вн.гр} = \frac{\sum_{j=1}^K N_j D_{гр}(j)}{N}$$

где K - число групп;

$N = \sum_{j=1}^K N_j$ - объем всей выборки.

Межгрупповой (факторной) дисперсией называют дисперсию групповых средних относительно общей средней:

$$D_{меж.гр} = \frac{\sum_{j=1}^K N_j \cdot (x_j - x_0)^2}{N}$$

где $x_0 = \frac{\sum_{j=1}^K N_j \cdot x_j}{N}$ - общая средняя выборки.

Общей дисперсией называют дисперсию значений всей совокупности относительно общей средней:

$$D_{общ} = \frac{\sum_{i=1}^K (x_i - x_0)^2}{N}$$

Из теоремы разложения дисперсий следует, что если совокупность состоит из нескольких групп, то общая дисперсия равна сумме внутригрупповой и межгрупповой дисперсий: $D_{общ} = D_{меж.гр} + D_{вн.гр}$

Следовательно, всю вариацию изучаемого признака можно представить в виде суммы вариации, обусловленной изменением фактора, которую характеризует межгрупповая или факторная дисперсия, и вариации, связанной со случайными причинами, которую характеризуют дисперсии групп или внутригрупповая дисперсия, то есть остаточная дисперсия.

Таким образом, проверка гипотезы о равенстве нескольких (более двух) средних нормальных, совокупностей, принадлежащих различным группам с неизвестными, но

одинаковыми дисперсиями, сводится к сравнению факторной и остаточной дисперсий по критерию Фишера.

2.13.3 Результаты и выводы:

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

2.14 Практическое занятие № 14 (2 часа).

Тема: «Методика дисперсионного анализа»

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

2.14.1 Задание для работы:

1. Выявления влияния отдельных факторов на результат эксперимента.
2. Характеристики систематических ошибок.
3. Распределение вероятностей случайных ошибок измерений.

2.14.2 Краткое описание проводимого занятия:

Понятие, назначение дисперсионного анализа. Виды дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ - анализ изменчивости признака под влиянием каких-либо контролируемых переменных факторов.

Обобщенно задача дисперсионного анализа состоит в том, чтобы из общей вариативности признака выделить три частные вариативности: - Вариативность, обусловленную действием *каждой* из исследуемых независимых переменных. - Вариативность, обусловленную *взаимодействием* исследуемых независимых переменных. - Вариативность *случайную*, обусловленную всеми неучтенными обстоятельствами.

Вариативность, обусловленная действием исследуемых переменных и их взаимодействием соотносится со случайной вариативностью. Показателем этого соотношения является F- критерий Фишера (метод, не имеющий ничего общего, кроме автора, с «угловым преобразованием Фишера»), $F_{\text{эмпА}} = \frac{\text{Вариативность, обусловленная действием переменной А}}{\text{Случайная вариативность}}$. $F_{\text{эмпБ}} = \frac{\text{Вариативность, обусловленная действием переменной Б}}{\text{Случайная вариативность}}$. $F_{\text{эмпАБ}} = \frac{\text{Вариативность, обусловленная взаимодействием А и Б}}{\text{Случайная вариативность}}$

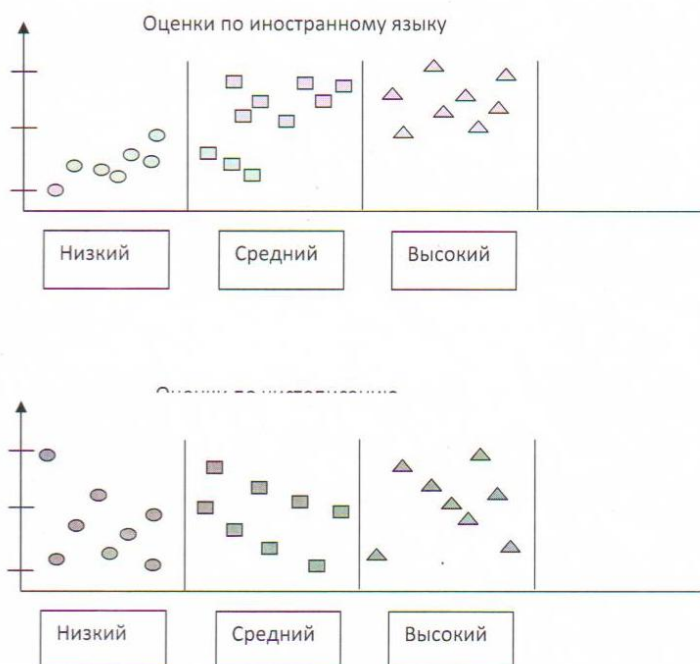
В формулу расчета критерия F вводят оценки дисперсий, и, следовательно, этот метод относится к разряду параметрических. Чем в большей степени вариативность признака обусловлена исследуемыми переменными или их взаимодействием, тем выше эмпирические значения критерия F.

В отличие от корреляционного анализа, в дисперсионном исследовании исходит из предположения, что одни переменные выступают как влияющие (именуемые *факторами или независимыми переменными*), а другие (*результативные признаки или зависимые переменные*) - подвержены влиянию этих факторов. Хотя такое допущение и лежит в основе математических процедур расчета, оно, однако, требует осторожности рассуждений об источнике и объекте влияния.

Например, если мы выдвигаем гипотезу о зависимости успешности работы должностного лица от фактора Н (социальной смелости по Кэттелу), то не исключено обратное: социальная смелость респондента как раз и может возникнуть (усилиться) вследствие успешности его работы - это с одной стороны. С другой: следует отдать себе отчет в том, как именно измерялась «успешность»? Если за ее основу взяты были не объективные характеристики (модные нынче «объемы продаж» и проч.), а экспертные оценки сослуживцев, то имеется вероятность того, что «успешность» может быть подменена поведенческими или личностными характеристиками

(волевыми, коммуникативными, внешними проявлениями агрессивности etc.)

Представим смысл дисперсионного анализа графически.



В примере, взятом из (1), иллюстрируется исследование зависимости учебной успеваемости студентов от развития кратковременной памяти. В качестве фактора рассматривался уровень развития кратковременной памяти, а в качестве результативных признаков - успеваемость по дисциплине. Видно, например, что фактор, по-видимому, оказывает существенное влияние при обучении иностранному языку, и незначим для чистописания, что, впрочем, вполне согласуется со здравым смыслом.

Формулировка гипотез в дисперсионном анализе.

Нулевая гипотеза: «Средние величины результативного признака во всех условиях действия фактора (или градациях фактора) одинаковы».

Альтернативная гипотеза: «Средние величины результативного признака в разных условиях действия фактора различны».

Виды дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ схематически можно подразделить на несколько категорий. Это деление осуществляется, смотря по тому, сколько, во-первых, факторов принимает участие в рассмотрении, во-вторых, - сколько переменных подвержены действию факторов, и, в-третьих, - по тому, как соотносятся друг с другом выборки значений.

При наличии одного фактора, влияние которого исследуется, дисперсионный анализ именуется однофакторным, и распадается на две разновидности:

В случае, если исследуется одновременное воздействие двух или более факторов, мы имеем дело с многофакторным дисперсионным анализом, который также можно подразделить по типу выборки.

Если же воздействию факторов подвержено несколько переменных, - речь идет о многомерном анализе.

2.14.3 Результаты и выводы:

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

2.15 Практическое занятие № 15 (2 часа).

Тема: «Дисперсионный анализ средствами MS Excel»

2.15.1 Задание для работы:

1. Описательная статистика
2. Построение гистограммы.
3. Построение полигона частот.

2.15.2 Краткое описание проводимого занятия:

В системе электронных таблиц Microsoft Excel имеется набор инструментов для анализа данных, называемый пакет анализа, который может быть использован для решения сложных статистических задач. Для использования одного из этих инструментов указать входные данные и выбрать параметры; анализ будет проведен с помощью подходящей статистической макрофункции, и результаты будут представлены в выходном диапазоне. В меню Сервис выберите команду Анализ данных. Если такая команда отсутствует в меню Сервис, то необходимо установить в Microsoft Excel пакет анализа данных.

Установка производится следующим образом. В меню Сервис выберите команду Надстройки. Если в списке надстроек нет пакета анализа данных, то нажмите кнопку “Обзор” и задайте диск, каталог и имя файла для надстройки “Пакет анализа”, или запустите программу установки Microsoft Excel. Установите флажок “Пакет анализа” (надстройки, установленные в Microsoft Excel, остаются доступными, пока не будут удалены).

Выберите необходимую строку в списке “Инструменты анализа”.

Введите входной и выходной диапазоны, затем выберите необходимые параметры. Для использования инструментов анализа исследуемые данные следует представить в виде строк или столбцов на листе. Совокупность ячеек, содержащих анализируемые данные, называется входным диапазоном.

1. Провести однофакторный дисперсионный анализ.

В меню Сервис выбираем команду Анализ данных.

В списке инструментов статистического анализа выбираем Однофакторный дисперсионный анализ (Рис. 1).

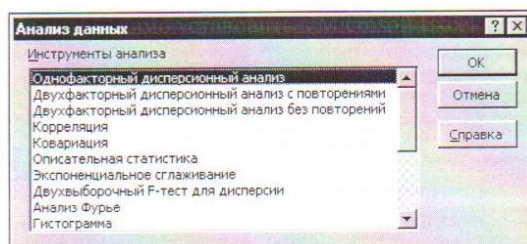


Рис. 1 – Выбор инструмента анализа

В диалоговом окне режима (Рис. 2) указываем входной интервал, способ группирования, выходной интервал, метки в первой строке/ Метки в первом столбце, альфа (уровень значимости).

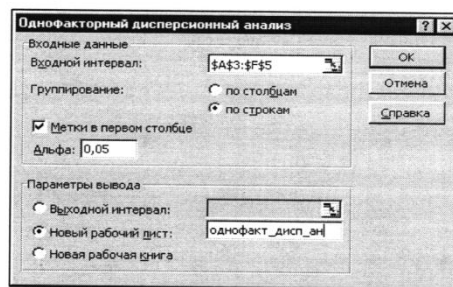


Рис. 2 – Диалоговое окно однофакторного дисперсионного анализа

Входной диапазон - это ссылка на ячейки, содержащие анализируемые данные. Ссылка должна состоять как минимум из двух смежных диапазонов данных, организованных в виде столбцов или строк. Входной интервал можно задать при помощи мыши, или набрать на клавиатуре.

Группирование. Установите переключатель в положение “по столбцам” или “по строкам” в зависимости от расположения данных во входном диапазоне.

Метки в первой строке/ Метки в первом столбце. Установите переключатель в положение “Метки в первой строке”, если первая строка во входном диапазоне содержит названия столбцов. Установите переключатель в положение “Метки в первом столбце”, если названия строк находятся в первом столбце входного диапазона. Если входной диапазон не содержит меток, то необходимые заголовки в выходном диапазоне будут созданы автоматически.

Выходной диапазон. Введите ссылку на ячейку, расположенную в левом верхнем углу выходного диапазона. Размеры выходной области будут рассчитаны автоматически, и соответствующее сообщение появится на экране в том случае, если выходной диапазон занимает место существующих данных или его размеры превышают размеры листа.

Новый лист. Установите переключатель, чтобы открыть новый лист в книге и вставить результаты анализа, начиная с ячейки A1. Если в этом есть необходимость, введите имя нового листа в поле, расположенном напротив соответствующего положения переключателя.

Новая книга. Установите переключатель, чтобы открыть новую книгу и вставить результаты анализа в ячейку A1 на первом листе в этой книге.

В результате обработки данных получили следующее:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Однофакторный дисперсионный анализ						
2							
3	ИТОГИ						
4	Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
5	I группа (контр.)	5	1673	334,6	56,8		
6	II группа	5	1812	362,4	220,8		
7	III группа	5	1885	377	276,5		
8							
9	ANOVA						
10	Источники вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
11	Между группами	4640	2	2319,8	12,55983	0,0011415	3,885290312
12	Внутри групп	2216	12	184,7			
13							
14	Итого	6856	14				
15							
16							
17							
Однофакт. дисп. ан. / Лист1 / Лист2 / Лист3 / Лист4 / Лист5 /							

Рис. 3 – Результаты однофакторного дисперсионного анализа

- Таблица ИТОГИ:

“Счет” - число повторностей. “Сумма” - сумма значений показателя по строкам. “Дисперсия” - частная дисперсия показателя.

- Таблица ANOVA представляет результаты дисперсионного анализа однофакторного комплекса, в котором первая колонка “Источник вариации” содержит наименование дисперсий. Графа “SS” - это сумма квадратов отклонений, “df” - степень свободы, графа “MS” - средний квадрат, “F” - критерий фактического F - распределения. “Р - значение” - вероятность того, что дисперсия, воспроизводимая уравнением, равна дисперсии остатков. Определяет вероятность того, что полученная количественная определенность взаимосвязи между факторами и результатом может считаться случайной. “F - критическое” - это значение F - теоретического, которое впоследствии сравнивается с F - фактическим.

2. Рассчитать эмпирическое корреляционное отношение и коэффициент детерминации. Сформулировать выводы.

3. Учитывая специфику исходных данных, провести двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями или без повторений в той же последовательности.

2.15.3 Результаты и выводы:

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

2.16 Практическое занятие № 16 (2 часа).

Тема: «Экспертные оценки. Общие сведения об оценке зависимости между исследуемыми показателями»

2.16.1 Задание для работы:

1. Доверительный интервал для оценки генеральной средней.
2. Оценка количественной однородности выборки.
3. Погрешности косвенных измерений.

2.16.2 Краткое описание проводимого занятия:

Сущность метода экспертных оценок заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов. Получаемое в результате обработки обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы. Комплексное использование интуиции (неосознанного мышления), логического мышления и количественных оценок с их формальной обработкой позволяет получить эффективное решение проблемы.

При выполнении своей роли в процессе управления эксперты производят две основные функции: формируют объекты (альтернативные ситуации, цели, решения и т. п.) и производят измерение их характеристик (вероятности свершения событий, коэффициенты значимости целей, предпочтения решений и т. п.).

Формирование объектов осуществляется экспертами на основе логического мышления и интуиции. При этом большую роль играют знания и опыт эксперта. Измерение характеристик объектов требует от экспертов знания теории измерений. Характерными особенностями метода экспертных оценок как научного инструмента решения сложных не формализуемых проблем являются, во-первых, научно обоснованная организация проведения всех этапов экспертизы, обеспечивающая наибольшую эффективность работы на каждом из этапов, и, во-вторых, применение количественных методов как при организации экспертизы, так и при оценке суждений экспертов и формальной групповой обработке результатов. Эти две особенности отличают метод экспертных оценок от обычной давно известной экспертизы, широко применяемой в различных сферах человеческой деятельности.

Экспертные коллективные оценки широко использовались в государственном масштабе для решения сложных проблем управления народным хозяйством уже в первые годы Советской власти. В 1918 году при Высшем совете народного хозяйства был создан Совет

экспертов, задачей которого являлось решение наиболее сложных проблем реорганизации народного хозяйства страны. При составлении пятилетних планов развития народного хозяйства страны систематически использовались экспертные оценки широкого круга специалистов.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом метод экспертных оценок широко применяется для решения важных проблем различного характера. В различных отраслях, объединениях и на предприятиях действуют постоянные или временные экспертные комиссии, формирующие решения по различным сложным неформализуемым проблемам. Все множество плохо формализуемых проблем условно можно разделить на два класса. К первому классу относятся проблемы, в отношении которых имеется достаточный информационный потенциал, позволяющий успешно решать эти проблемы.

Основные трудности в решении проблем первого класса при экспертной оценке заключаются в реализации существующего информационного потенциала путем подбора экспертов, построения рациональных процедур опроса и применения оптимальных методов обработки его результатов. При этом методы опроса и обработки основываются на использовании принципа «хорошего» измерителя. Данный принцип означает, что выполняются следующие гипотезы:

- 1) эксперт является хранилищем большого объема рационально обработанной информации, и поэтому он может рассматриваться как качественный источник информации;
- 2) групповое мнение экспертов близко к истинному решению проблемы.

Если эти гипотезы верны, то для построения процедур опроса и алгоритмов обработки можно использовать результаты теории измерений и математической статистики. Ко второму классу относятся проблемы, в отношении которых информационный потенциал знаний недостаточен для уверенности в справедливости указанных гипотез. При решении проблем из этого класса экспертов уже нельзя рассматривать как «хороших измерителей». Поэтому необходимо очень осторожно проводить обработку результатов экспертизы.

Применение методов осреднения, справедливых для «хороших измерителей», в данном случае может привести к большим ошибкам. Например, мнение одного эксперта, сильно отличающееся от мнений остальных экспертов, может оказаться правильным. В связи с этим для проблем второго класса в основном должна применяться качественная обработка.

Область применения метода экспертных оценок весьма широка. Перечислим типовые задачи, решаемые методом экспертных оценок: 1) составление перечня возможных событий в различных областях за определенный промежуток времени; 2) определение наиболее вероятных интервалов времени свершения совокупности событий; 3) определение целей и задач управления с упорядочением их по степени важности; 4) определение альтернативных (вариантов решения задачи с оценкой их предпочтения; 5) альтернативное распределение ресурсов для решения задач с оценкой их предпочтительности; 6) альтернативные варианты принятия решений в определенной ситуации с оценкой их предпочтительности.

Для решения перечисленных типовых задач в настоящее время применяются различные разновидности метода экспертных оценок. К основным видам относятся: анкетирование и интервьюирование; мозговой штурм; дискуссия; совещание; оперативная игра; сценарий.

Каждый из этих видов экспертного оценивания обладает своими преимуществами и недостатками, определяющими рациональную область применения. Во многих случаях наибольший эффект дает комплексное применение нескольких видов экспертизы.

Анкетирование и сценарий предполагают индивидуальную работу эксперта. Интервьюирование может осуществляться как индивидуально, так и с группой экспертов. Остальные виды экспертизы предполагают коллективное участие экспертов, в работе. Независимо от индивидуального или группового участия экспертов в работе целесообразно получать информацию от множества экспертов. Это позволяет получить на основе обработки данных более достоверные результаты, а также новую информацию о зависимости явлений, событий, фактов, суждений экспертов, не содержащуюся в явном виде в высказываниях экспертов.

При использовании метода экспертных оценок возникают свои проблемы. Основными

из них являются: подбор экспертов, проведение опроса экспертов, обработка результатов опроса, организация процедур экспертизы.

3.16.3 Результаты и выводы:

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