

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.А. Лонцева, В.И. Лазарев

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебное пособие

Рекомендовано

*Дальневосточным региональным учебно-методическим центром
(ДВ РУМЦ) в качестве учебного пособия
для студентов направлений подготовки
35.03.06, 35.04.06 – Агроинженерия и 23.03.03, 23.04.03 –
Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
(Протокол №15 от 18.09.2015г.)*

БЛАГОВЕЩЕНСК
Издательство Дальневосточный ГАУ
2015

УДК 631.5

Лонцева, И.А. Основы научных исследований: учебное пособие/ канд. техн. наук, доцент И.А. Лонцева, канд.техн.наук, доцент В.И. Лазарев. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2015. – 184 с.

Учебное пособие разработано согласно дисциплине профессионального цикла «Основы научных исследований». Содержит теоретическую часть, описание выполнения 8 лабораторных работ, варианты для самостоятельного выполнения.

Предназначено для обучающихся всех форм обучения по направлениям подготовки 35.03.06, 35.04.06 – Агроинженерия и 23.03.03, 23.04.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

Рецензенты:

Д.А. Дегтярёв,

канд. техн. наук, начальник отдела новой техники управления
по технической политике

Министерства сельского хозяйства Амурской области;

Н.В. Савина,

д-р техн. наук, профессор, завкафедрой энергетики,
проректор по учебной работе, Амурский государственный университет

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ЧАСТЬ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИСЦИПЛИНЫ	
«ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»	6
§1. Задачи и этапы научного исследования	6
1.1 Определение и значение науки	6
1.2 Методология научного исследования	9
1.3 Общая схема хода научного исследования	11
1.4 Написание и оформление научно-исследовательской работы. Язык науки	13
Контрольные вопросы и задания	17
§2 Методы научного исследования	17
2.1 Выбор метода исследования	17
2.2 Ошибки измерений	19
2.3 Случайные ошибки	20
Контрольные вопросы и задания	25
§ 3 Программа и методика эксперимента	25
3.1 Общие положения	25
3.2 Выявление факторов, определяющих явление, и контролируемых параметров	27
3.3 Выбор и обоснование точности результата измерений	30
3.4 Измеряемые параметры и их фиксация	32
3.5 Выбор приборов для измерений	36
3.6 Планирование опытов	42
3.7 Подготовка и проведение опытов	44
Контрольные вопросы и задания	49
§4 Методы испытаний и основные виды оценок	49
4.1 Машиноиспытательные станции	49
4.2 Виды оценок	52
4.3 Техническая экспертиза	52
4.4 Агротехническая оценка машин	54
4.5 Энергетическая оценка сельскохозяйственной техники	56
4.6 Эксплуатационно-технологическая оценка	57
Контрольные вопросы и задания	61

ЧАСТЬ 2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	62
Лабораторная работа 1 Регрессионный анализ.....	62
Контрольные вопросы и задания	70
Лабораторная работа 2 Оценка адекватности теоретических решений	70
Контрольные вопросы и задания	76
Лабораторная работа 3 Эмпирические распределения частот	77
Контрольные вопросы и задания	84
Лабораторная работа 4 Проверка нулевой гипотезы	85
Контрольные вопросы и задания	89
Лабораторная работа 5 Криволинейная корреляция и регрессия	90
Контрольные вопросы и задания	96
Лабораторная работа 6 Дисперсионный анализ эксперимента	96
Контрольные вопросы и задания	103
Лабораторная работа 7 Обработка наблюдательных листов.....	104
Контрольные вопросы и задания	110
Лабораторная работа 8 Определение эксплуатационно- технологических показателей	111
Контрольные вопросы и задания	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	116
Приложение А Исходные данные к работе 1.....	116
Приложение Б Исходные данные к работе 2	126
Приложение В Исходные данные к работе 3	129
Приложение Г Значения интегральной функции Лапласа $\Phi x = 12\pi \cdot 0 x e x 22 d x$	139
Приложение Д Значения χ^2 - критерия Пирсона	141
Приложение Е Значения t- критерия (Стьюдента)	142
Приложение Ж Исходные данные к работе №5	143
Приложение З Исходные данные к работе №6.....	153
Приложение И Исходные данные к работе №7	156

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного развития научно-технического прогресса, интенсивного увеличения объема научной и научно-технической информации, быстрой сменяемости и обновления знаний важное значение приобретает подготовка специалистов, имеющих высокую общенаучную и профессиональную подготовку, способных к самостоятельной творческой работе. С этой целью в учебные планы многих специальностей включена дисциплина «Основы научных исследований», включающая теоретические и практические положения организации, постановки и проведения научных исследований. Особое значение уделяется применению современных информационных технологий для сбора, хранения и анализа научных данных.

Глубокое изучение технологии и рабочих процессов машин в сочетании с методами обработки и исследования на ПК представляет собой основу системного подхода к решению наиболее широких научных проблем.

Успешное решение научных проблем найдено при решении подобного рода задач с использованием программного обеспечения, которое предусматривает статистическое описание изучаемых явлений, основанное на результатах научного эксперимента.

Проблемы механизации сельскохозяйственного производства весьма обширны, и для их решения применяются различные разнообразные методы. Изучить детально все методы в рамках одной дисциплины не представляется возможным, поэтому в учебном пособии представлены основные, наиболее распространённые из них, решаемые с помощью методов математической статистики и с использованием соответствующего программного обеспечения.

В учебном пособии изложен общий подход к научному исследованию, что поможет задать определённый вектор, заинтересовавшимся обучающимся и пополнить свои знания с помощью дополнительных литературных источников.

ЧАСТЬ 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

§1. Задачи и этапы научного исследования

1.1 Определение и значение науки

Под термином «наука» в широком смысле понимается как деятельность по получению новых знаний, так и результат этой деятельности. **Наука** - система знаний об объективном мире, законах его развития или система знаний о законах, свойствах и отношениях тех или иных объектов[8].

Цель науки как сферы деятельности человека – практическое применение знаний о мире и его законах в человеческой деятельности.

Задачи науки – познание (т.е. установление и объяснение сущности) закономерностей объективного мира и раскрытие путей использования новых знаний на практике.

Наука постоянно развивается и пополняется.

Научное исследование – это процесс установления, процесс выработки (производства) новых научных знаний.

По непосредственному отношению к практике исследования разделяют на фундаментальные и прикладные.

Задачи фундаментальных исследований – познание законов, управляющих поведением базисных структур. Фундаментальные науки служат фундаментом для прикладных [8].

Проявления законов, выявленных фундаментальными науками, уточняются для конкретных систем же прикладными науками.

Задачи прикладных исследований – раскрытие путей применения результатов фундаментальных исследований на практике путём решения познавательных (теоретических) и практических проблем.в этих исследованиях также устанавливаются взаимосвязи между явлениями, объясняется их сущность. но взаимосвязи эти носят не общий, а частный характер.

Задачи прикладных наук конкретны. Прикладные исследования направлены на разработку тех или иных технологий, создание новых, более совершенных машин, посвящаются обоснованию оптимальных параметров и режимов работы технических устройств, а также определению и оценке качества функционирования систем.

На основе прикладных исследований разрабатываются новые технологии и машины [8].

Испытания близки к научному исследованию по форме, но отличаются целями, задачами и содержанием. Испытание отдельных машин, систем и механизмов сводится к проверке и оценке их конструктивных и эксплуатационных свойств, установлению соответствия выполненных конструкций техническим условиям, а также выбору лучших из них. Так практикуют испытания сельскохозяйственной техники на соответствие конструкций машин агротехническим или зоотехническим требованиям, затем выдают рекомендации по выбору лучших образцов.

Виды испытаний сельскохозяйственной техники классифицируются по таким признакам, как: цель испытаний, уровень проведения, периодичность, номенклатура оцениваемых свойств, продолжительность и степень интенсификации, применяемое оборудование, место проведения и виды внешнего воздействия.

Совокупность испытаний на разных этапах жизненного цикла конструкции – разработки, производства, эксплуатации – составляет систему испытаний.

Все виды испытаний могут быть нормальными, ускоренными, форсированными, сокращёнными в зависимости от складывающихся требований к срокам и стоимости их проведения. Они включают стендовые исследования агрегатов и полнокомплектных машин, лабораторные и полигонные (полевые) испытания на специальном оборудовании и сооружениях. В соответствии с установленными при их организации целями допускается совмещение испытаний различных видов (категорий), например, доводочных с предварительными, квалификационных с приёмочными и т. п.

Организация испытаний разных видов отличается порядком их проведения и уровнем регламентации.

Исследовательские испытания (если они частично не совмещаются с предварительными) являются самыми первыми на стадии разработки машины и отличаются тем, что проводятся на макетном образце, включают сравнение различных конструкторских решений и вариантов. Обычно испытываются те составные части машины, для которых не ясны оптимальные решения или незнакомы условия применения. Исследовательские испытания не регламентированы официальными документами, проводятся непосредственно разработчиками или под их наблюдением, а результаты фиксируются в рабочих документах (протоколах).

Испытания опытных образцов (образцов установочных серий) и образцов серийного и поточно-массового производства по уровню проведения разделяются на государственные, межведомственные, ведомственные, сертификационные.

Предварительные испытания опытных образцов организует и проводит предприятие-разработчик с привлечением, при необходимости, изготовителей и соисполнителей, участвующих в создании машины.

Приёмочные испытания, как правило, проводятся головными организациями по государственным испытаниям закреплённых за ними типов машин при участии разработчиков и изготовителей. Результаты испытаний передаются приёмочной комиссии. Испытания отдельных типов машин могут проводиться с участием приёмочной комиссии. Приёмочные комиссии включают представителей заказчика (основного потребителя), представителей головной организации по испытаниям, организации-разработчика, предприятия-изготовителя и, в зависимости от типа и назначения машины, представителей государственного надзора и (или) технической инспекции. Приёмочную комиссию утверждают в порядке, установленном разработчиком (иногда заказчиком или основным потребителем совместно с разработчиком). Председателем комиссии назначается представитель заказчика (основного потребителя).

Испытания образцов серийного и массового производства проводят: квалификационные – изготовитель при участии разработчика с привлечением, при необходимости, заказчика; приёмосдаточные – служба технического контроля предприятия-изготовителя с участием представителя заказчика; периодические – предприятие-изготовитель.

Сертификационные испытания проводят аккредитованные для этого испытательные центры, лаборатории, технические службы Системы сертификации механических транспортных средств. В эту категорию испытаний включаются все испытания на предмет соответствия заданным (установленным) требованиям.

Эксплуатационные испытания осуществляются на образцах как опытных (установочных серий), так и серийно выпускаемых. В первом случае эксплуатационные испытания, как правило, включаются отдельным этапом общей программы, во втором случае организуются в виде эксплуатационных наблюдений или подконтрольной эксплуатации значительного количества образцов на базе экспериментально-производственных организаций специально подготовленным персоналом. Реже практикуются эксплуатацион-

ные испытания как рядовая эксплуатация. Эксплуатационные испытания проводятся организациями и разработчика, и изготовителя, и заказчика (основного потребителя). Эксплуатационные испытания предназначены для определения и оценки действительных эксплуатационных качеств машин при их работе в реальных условиях в различных регионах страны.

1.2 Методология научного исследования

Методология научного исследования анализирует главным образом те методы и средства познания, которые используются учеными как на эмпирической, так и на теоретической стадии научного исследования. Так, изучая конкретные способы осуществления экспериментов, наблюдений и измерений, методология науки выделяет существенные признаки, которые присущи любым экспериментам, измерениям и исследованиям. Методологию науки часто рассматривают и как теоретическую дисциплину и как нормативную. Первая из них ставит своей задачей разработку теорий, систематизирующих методы исследования в зависимости от целей научного познания, вторая стремится реализовать означенные цели оптимальным образом с помощью известных операций и методов исследования [17].

Метод означает совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности. Метод представляет систему принципов, требований и правил, руководствуясь которыми исследователь может достичь намеченной цели. Владение методом подразумевает знание того, каким образом и в какой последовательности совершать те или иные действия для решения тех или иных задач. При этом, в методе всегда отражено знание о предмете исследования [8, 13].

Следует отметить, что сами по себе методы не определяют успех научного исследования. Он лишь дисциплинирует поиск истины, служит своеобразным компасом в ходе научного познания. Необходимо правильное и адекватное применение научных методов в процессе познания. Никакой метод не дает исследователю готового шаблона. Как заметил академик Петр Капица, научный метод «как бы является скрипкой Страдивариуса, самой совершенной из скрипок, но чтобы на ней играть, нужно быть музыкантом и знать музыку. Без этого она будет так же фальшивить, как и обычная скрипка». Метод зависит не столько от объекта, сколько от субъекта. Перед исследователем в ряде случаев встает вопрос о выборе

одного из двух или нескольких близких по своему характеру методов. На выбор того или иного метода и на его формирование оказывают влияние уровень научной подготовки исследователя, его способность перевести представления об объективных законах в познавательные приемы, опыт познавательной деятельности и т.д. Поэтому на основе одной и той же теории могут возникнуть модификации метода, зависящие только от субъектных моментов [17].

Понятие **методология** дословно означает «учение о методах». С развитием науки, техники, производства, возрастанием в социальной деятельности роли умственных операций произошло выделение методологии в специальную область знания [8,17].

Методология представляет собой систему принципов, устанавливающих наиболее эффективные способы приращения и практического применения знаний

Определение и обоснование методов необходимы для своевременного избавления на каждом этапе развития научного знания от старых и выработки новых методов познания, которые соответствуют современному уровню. В этом смысле методология обращена в будущее и стремится, насколько это возможно, опережать развитие науки в целом. Методология предстает в различных аспектах: как учение о методах и процедурах научной деятельности, а также как раздел общей теории познания, прежде всего, теории научного познания (эпистемологии) и философии науки; как учение об организации научной деятельности; как комплекс принципов и подходов исследовательской деятельности, на которые опирается исследователь в ходе получения и разработки знаний. Таким образом, понятие методология употребляется в двух значениях:

1. совокупность методов, применяемых в какой либо сфере деятельности;

2. учение о научном методе познания.

Развитие методов является естественным следствием развития научной мысли.

Следует разделять понятия метода, техники исследования, процедуры и методики научного исследования. **Техника исследования** – это совокупность специальных приемов при использовании того или иного метода. **Процедура исследования** – определенная последовательность действий, способ организации проведения исследования. Под **методикой** обычно понимается описание конкретных приёмов, способов познания.

В методологии используется понятие «**познавательный подход**». Под подходом понимается сложный методический комплекс,

некоторый особый ракурс понимания предмета исследования. Так же это понятие может означать междисциплинарные идеи в качестве метода. В современном научном познании особое распространение получили синергетический и системный подход[17].

1.3 Общая схема хода научного исследования

Технические науки направлены на решение частных задач. Так, в науке о механизации сельскохозяйственного производства обосновываются технологии и системы машин по возделыванию и уборке той или иной культуры, изучаются рабочие процессы машин и устройство рабочих органов, методы расчёта узлов и агрегатов, определяются режимы работы и надёжность машин и агрегатов, рассчитывается потребность в машинах и необходимых материалах и т.д., т.е. задачи прикладной науки конкретны и таких задач – две [8].

Первая задача – характеризовать явление, процесс с количественной стороны, установив вид и тесноту связи, между изучаемыми объектами. Количественные связи, соотношения между изучаемыми явлениями обычно выражаются формулами, графиками, таблицами.

Вторая задача – характеризовать явление, процесс не только с количественной, но и с качественной стороны, т.е. выявить и объяснить причины, порождающие те или иные связи. Другими словами, установить сущность явления или процесса. В технических науках чаще устанавливаются количественные взаимосвязи на основе эксперимента или опыта вообще.

Научное исследование – творческий процесс, а творчество индивидуально. Между тем 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 выпускной квалификационной работе «актуальность» имеет одну особенность. Это 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.

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

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 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, именно предмет исследования определяет тему работы, которая обозначается на титульном листе как ее заглавие.

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.

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

1.4 Написание и оформление научно-исследовательской работы. Язык науки

Любое научное произведение условно можно разделить на три основных части: вводную, основную и заключительную. Структура большинства научно-исследовательских работ состоит из следующих элементов:

- 1 титульный лист;
- 2 содержание;
- 3 введение;
- 4 основная часть;
- 5 заключение;
- 6 список использованных источников;
- 7 приложения (в случае необходимости).

Титульный лист является первой страницей научно-исследовательской работы и заполняется по строго определенным правилам, устанавливающим формы титульного листа для различных видов научных работ в различных организациях. На титульном листе указываются заглавие, сведения об авторе, о научном руководителе, место и год выполнения работы.

В содержании приводится перечень работы путем обозначения всех глав, параграфов и других рубрик с указанием страниц, с которых они начинаются. Заголовки содержания должны точно повторять соответствующие заголовки в тексте. Содержание помещается в начале либо в конце работы.

Введение призвано дать общее представление о затрагиваемых в работе проблемах и вопросах. Обычно в введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цели и задачи, объект и предмет исследования, указываются методы исследования, сообщается научная новизна полученных результатов. В большинстве случаев объем введения не превышает 5–7% объема основного текста.

В главах основной части научно-исследовательской работы подробно рассматривается методика и техника решения поставленных задач, описываются полученные результаты.

Содержание основной части должно точно соответствовать теме исследования, логично и аргументировано ее раскрывая.

Заключение представляет собой последовательное, логически стройное изложение полученных итогов в их связи с целями и задачами, указанными во введении. Из конечных результатов исследования вытекает его научная новизна, теоретическая значимость и практическая ценность. Заключение обусловлено логикой проведенных работ и носит форму синтеза научной информации, изложенной в основной части. Объем заключения не превышает 5–7% объема основного текста.

В список литературы (библиографический список) вносятся литературные источники, которые были использованы при написании работы и упомянуты в тексте или сносках. Делая ссылку на какие либо заимствованные факты или цитируя работы других авторов, исследователь обязан указать источник приводимых материалы.

Включенные в список литературные источники должны иметь отражение в тексте работы. Список составляется с учетом требований государственного стандарта.

Вспомогательные материалы, которые не являются насущно важными для понимания решения научных задач, выносятся в приложения. По форме они могут представлять собой тексты, графики, таблицы, карты. Связь основного текста с приложениями осуществляется через ссылки, используя слово «смотри», которое обычно сокращается и заключается в круглые скобки, например, (см. приложение 2). При подсчете объема научной работы приложения не учитываются.

Деление текста на составные части с использованием заголовков, нумерации и т. д. называется рубрикацией. Заголовки частей, разделов, глав и параграфов, как правило, нумеруются. В свою очередь они подразделяется на абзацы, которые состоят из нескольких предложений, связанных между собой определенной мыслью. Рубрикация текста обычно связана с нумерацией, для которой используются римские и арабские цифры, прописные и строчные буквы. Заголовки частей, разделов, глав и параграфов должны быть по возможности краткими, содержать ключевые слова, отражающие объект или предмет исследования и максимально точно отражать содержание рубрик.

При создании научных работ применяют различные способы написания. Их можно условно разделить на три типа: строго последовательный, целостный и выборочный. При строго последовательном способе изложения научных материалов автор переходит к следующему разделу или параграфу только после окончательного написания предыдущего. При целостном способе пишется вся работа вчерне, а затем в нее вносятся коррективы, исправления и дополнения. Выборочный способ используется при написании автором работы в том порядке, в котором ему удобно.

Обычно этот порядок обусловлен полнотой собранного материала по каждому разделу или параграфу. Исходя из назначения и специфики содержания научно-исследовательской работы используются различные типы изложения материала: *описательный*, *повествовательный* и *объяснительный*.

Описательный тип применяется в случаях, когда следует дать характеристику или описание исследуемого объекта.

Повествовательный тип подразумевает изложение материала в хронологическом порядке, с уточнением причинно-следственных связей исследуемых вещей и явлений.

Объяснительный тип изложения применяется для растолкования тех или иных связей исследуемых вещей и явлений, доказывания или опровержения научных положений и выводов.

Работа должна быть написана научным языком, особенностью которого является подчеркнутая логичность. Эта логичность характеризуется последовательным переходом от одной мысли к другой. Для связи между ними используются:

1. вводные слова и предложения (как было отмечено, как уже говорилось и т. д.);

2. местоимения, прилагательные и причастия (такой, указанные и т. д.);

3. специальные функционально-синтаксические средства, указывающие на последовательность развития мысли (затем, далее, во-первых, во-вторых и т. д.), противительные отношения (однако, тем не менее, между тем и т. д.), причинно-следственные отношения (поэтому, вследствие этого, следовательно и т. д.); переход от одной мысли к другой (рассмотрим, перейдем к..., и т. д.) итоги, выводы (итак, таким образом, значит и т. д.).

При написании научного текста автор должен стремиться к точности и однозначности выражений, к исключению многозначности толкования слов. Для этого необходимо давать четкие определения используемых понятий.

Обращаясь к предшествующим результатам работ других авторов, оформляются ссылки на то, кем высказана та или иная мысль и в каком источнике содержится приведенная информация.

При этом используются вводные слова и словосочетания, указывающие на авторство (по мнению (кого-то), по данным (кого-то), по сведениям и т. д.).

В тексте научного произведения не отражаются личные пристрастия, эмоциональные моменты, что также ведет к объективности изложения. Для выражения позиции автора научно-исследовательской работы традиционно используются слова: по нашему мнению, нам представляется и т. д. Так автор преподносит свою точку зрения как точку зрения группы ученых, относящихся к одной научной школе или научному направлению. Чтобы избежать употребления местоимений, можно писать неопределенно-личными предложениями или предложениями со страдательным залогом (представляется, в работе предложено и т.д.) [17].

Язык науки может использовать метафоры, которые являются феноменами, обеспечивающими понимание. Ведь понимание новой ситуации сводится к попытке найти ситуацию, наиболее с ней сходную.

Наука создает свой специализированный язык, который, конечно, невозможно окончательно разорвать с обыденным языком.

Философы и ученые на протяжении столетий поднимали вопрос, как сделать язык науки максимально строгим, чтобы он мог точно передавать результаты мыслительного процесса. Еще в античности проблемы языка рассматривались в тесной связи с разработкой учения о познании. Первые попытки осмысления феномена языка были связаны с вопросом о природе наименований, то есть о соотношении между вещью, мыслью и словом. Не случайно понятие «логос» использовалось древними греками и для обозначения слова, речи и для обозначения разума, мысли [17].

Рационалисты Нового времени (Р. Декарт, Г. Лейбниц) были убеждены, что строгий, очищенный от неточностей язык способен адекватно отразить окружающий мир. В XX веке сторонники логического позитивизма стремились разработать рациональный, строгий и абсолютно формализованный язык науки. Однако, как показал Курт Гёдель в своей знаменитой теореме, любая богатая средствами выражения система с необходимостью содержит в себе неформализуемые компоненты. Абсолютно формализованная система теряет свою креативность. Кроме того, нельзя научно доказать, что логическая структура языка отражает структуру позна-

ваемой реальности. Таким образом, истинность высказываний может устанавливаться не только через соответствие с описываемой реальностью, но также через соглашения и через соблюдение правил логической согласованности внутри теории.

Контрольные вопросы и задания

1. Каково назначение научного исследования?
2. Как разделяют исследования по непосредственному отношению к практике?
3. На чём основывается методология научного исследования?
4. Назовите основные этапы хода научного исследования.
5. Назовите типы изложения материала, исходя из назначения и специфики работы.

§2 Методы научного исследования

2.1 Выбор метода исследования

Особенности механизации сельскохозяйственного производства. Техническое перевооружение сельскохозяйственного производства позволило существенно поднять уровень его механизации и автоматизации технологических процессов. В результате полностью механизированы и частично автоматизированы технологические процессы основной обработки почвы, посева, уборки и многие другие. Но, несмотря на это важной остается задача качества выполнения механизированных работ.

Все технологические операции необходимо провести в сжатые агротехнические сроки, нарушение которых приводит к снижению урожайности.

Чаще всего растениеводство сосредоточено на больших площадях, вследствие этого возникла необходимость сочетания операций в: уборочно-транспортные, транспортно-распределительные, выполняемые совместно автотранспортной и сельскохозяйственной техникой.

Несмотря на повышающийся уровень технической оснащенности и культуры земледелия нельзя не исключать зональные особенности и «сюрпризы» природы. Это затрудняет возможность своевременного проведения технологических операций, а порой

заставляет вносить изменения при выполнении технологической операции.

Все особенности сельскохозяйственного производства должны быть приняты во внимание. Невозможность соблюдения одних и тех же условий говорит о том, что: эксперименты должны быть проведены или в течение ряда лет, или в разных условиях; число наблюдений определено с учетом варьирования изучаемой величины и её надежности; при проектировании производственных линий следует предусматривать компенсаторы, резервы. Введу изменяющихся условий следует иметь различный набор рабочих органов и даже отдельных машин и т.д.

Нельзя не учитывать опыт зарубежных стран, их технические и технологические особенности.

Таким образом, из всевозможных критериев целесообразнее выбирать показатели качества выполнения технологического процесса. Если за критерий взяты другие показатели, то на показатели качества должны быть наложены ограничения во избежание излишней сложности и громоздкости расчётов.

Оптимизация решений. Большинство решений должно быть доведено до оптимальных.

Под оптимальностью обычно понимают одно из двух:

1. Оптимальное – это лучшее решение по одному наиболее важному показателю. Такие решения приемлемы для частных задач, например при нахождении оптимальных параметров рабочих органов, передаточных механизмов и т.д., а показатель служит критерием (мерой) соответствия решения поставленной цели [8];

2. Оптимальное – такое решение, когда вносимые изменения не увеличат полезности.

Решения выполняют по нескольким критериям или эти критерии сводят к одному. Однако, при сведении всех показателей к одному делается много малообоснованных допущений. Такие решения по форме научные, а не по содержанию.

Часто оптимизацию проводят по одному критерию, а на все другие, важные показатели налагают ограничения, или по комплексному критерию типа

$$\frac{W}{Z}; \frac{W}{M}$$

где W - производительность,

Z - приведённые затраты средств,

M - масса агрегата.

Как представляется, при решении задач на нахождение оптимума, следует искать оптимальное решение по нескольким критериям и принимать компромиссное решение. При этом целесообразно изменение различных показателей в зависимости от оптимизируемого параметра представить графически с тем, чтобы было видно, как изменятся показатель в зонах, близких к оптимальной. Обязательное условие оптимизации – обеспечение требуемого качества выполняемых работ, без этого теряется смысл решения.

За критерий эффективности при решении производственных задач, связанных с механизацией процессов и производства, чаще всего принимают: производительность отдельных групп машин и производственной линии в целом, вероятность простоя и коэффициент загрузки оборудования или рабочих, прямые и приведённые затраты средств, интегральные затраты.

2.2 Ошибки измерений

На результаты эксперимента оказывают влияние не только контролируемые факторы, но и неконтролируемые - возмущающие факторы: погрешность измерительных приборов, неточность настройки системы, влияние неучтенных внешних и внутренних факторов и т.д. Воздействие этих факторов приводит к тому, что измеренные в результате опыта величины по своему характеру являются случайными и содержат ошибку (погрешность).

Погрешность эксперимента - это разность между данными измерения и истинным значением контролируемой величины.

Ошибки (погрешности) разделяют на три вида:

- 1) грубые или промахи,
- 2) систематические,
- 3) случайные.

Грубые ошибки - это ошибочные измерения, возникающие в результате небрежности отсчета по прибору, неразборчивости записи показаний. Например, запись результата 26,5 вместо 2,65; отсчет по шкале 18 вместо 13 и т.д. При обнаружении грубой ошибки результат данного измерения следует сразу отбросить, а само измерение повторить.

Систематические ошибки - ошибки, которые при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются по определенному закону. Эти погрешности могут быть обусловлены неправильным выбором метода измерения, несовершенством или неисправностью приборов (например, измерения с помощью прибора, у

которого смещен нуль). Для того чтобы максимально исключить систематические погрешности, следует всегда тщательно анализировать метод измерений, сверять приборы с эталонами.

Случайные ошибки - это ошибки, причина которых заранее не может быть учтена. Случайные погрешности зависят от несовершенства наших органов чувств, от непрерывного действия изменяющихся внешних условий (изменение температуры, давления, влажности, вибрация воздуха и т.д.). Случайные погрешности являются неустраняемыми, они неизбежно присутствуют во всех измерениях, но их можно оценить, применяя методы теории вероятностей.

2.3 Случайные ошибки

При случайной ошибке результаты измерений (и ошибки) представляют собой случайные величины.

Источников случайных ошибок, причём одновременно действующих много. Исследователь обязан в каждом случае измерений разобраться в этих источниках, оценить и принять меры к предупреждению или учёту их влияния.

Основные источники следующие: прибор или измерительная цепь (из-за имеющихся зазоров, заеданий и износов в механизмах); свойства объекта (неустойчивость хода плуга по глубине) или изменчивость измеряемой величины (сопротивление плуга); внешняя среда, параметры которой изменяются и оказывают влияние на измеряемую величину (неровности микрорельефа, изменчивость обрабатываемого материала); методика измерения, определяющая выбор приборов, преобразование информации (дискретные измерения непрерывной величины, округление результата, соблюдение инструкций по использованию приборов и оборудования); оператор (человек), который следит за показаниями приборов, реагирует на сигналы.

В исследованиях главной причиной случайной ошибки и разброса результатов многократных измерений чаще оказывается изменчивость измеряемой величины. Глубина пахоты при определении средней глубины обработки измеряется в n точках и значениях x_i и Δx_i представляют собой случайные величины [8].

Случайные ошибки измерения характеризуется определённым законом их распределения. Существование такого закона можно обнаружить, повторяя много раз в неизменных условиях измерения некоторой величины и подсчитывая число m тех результатов изме-

рения, которые попадают в любой выделенный (отмеченный) интервал: отношение этого числа к общему числу n произведенных измерений (относительная частота попадания в отмеченный интервал) при достаточно большом числе измерений оказывается близким к постоянному числу (разумеется, своему для каждого интервала). Это обстоятельство позволяет применить к изучению случайных ошибок измерения методы теории вероятностей. В теоретико-вероятностной модели случайные ошибки $x = b - a$ (а значит, и сами результаты измерения $b = a + x$) рассматриваются как случайные величины, которые могут принимать любые действительные значения причем каждому интервалу (x_1, x_2) соответствует вполне определенное число, называемое вероятностью попадания случайной величины x в этот интервал и обозначаемое через $P(x_1 < x < x_2)$ или $P(x \in (x_1, x_2))$. Эта вероятность выступает как идеализированная относительная частота попадания в интервал (x_1, x_2) , т. е. на практике именно к этой вероятности близки упомянутые выше относительные частоты:

$$\frac{m}{n} \approx P(x_1 < x < x_2). \quad (1.1)$$

Закон распределения вероятностей случайной величины записывается с помощью интеграла

$$P(x_1 < x < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} P(x) dx, \quad (1.2)$$

где $P(x)$ – некоторая неотрицательная функция, нормированная условием

$$\int_{-\infty}^{\infty} P(x) dx;$$

эта функция полностью определяет соответствующий закон распределения вероятностей и называется плотностью распределения.

В качестве закона распределения случайных ошибок измерения чаще всего принимается нормальный закон распределения (закон Гаусса). Сумма достаточно большого числа независимых (или слабо зависимых) случайных величин, подчиненных каким угодно законам распределения (при соблюдении некоторых весьма не жестких ограничений), приближенно подчиняется нормальному закону, и это выполняется тем точнее, чем большее количество случайных величин суммируется. Большинство встречающихся на практике случайных величин, таких, например, как ошибки измерений, ошибки стрельбы и т.д., могут быть представлены как суммы весьма большого числа сравнительно малых слагаемых – элементарных ошибок, каждая из которых вызвана действием отдельной причины, не зависящей от остальных. Каким бы законам распределения ни были подчинены отдельные элементарные ошибки,

особенности этих распределений в сумме большого числа слагаемых нивелируются, и сумма оказывается подчиненной закону, близкому к нормальному. Основное ограничение, налагаемое на суммируемые ошибки, состоит в том, чтобы они все равномерно играли в общей сумме относительно малую роль. Если это условие не выполняется и, например, одна из случайных ошибок окажется по своему влиянию на сумму резко преобладающей над всеми другими, то закон распределения этой преобладающей ошибки наложит свое влияние на сумму и определит в основных чертах её закон распределения.

Плотность нормального распределения равна

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.3)$$

где σ – параметр, характеризующий точность измерений, $\sigma > 0$.

График плотности распределения вероятностей называется кривой распределения.

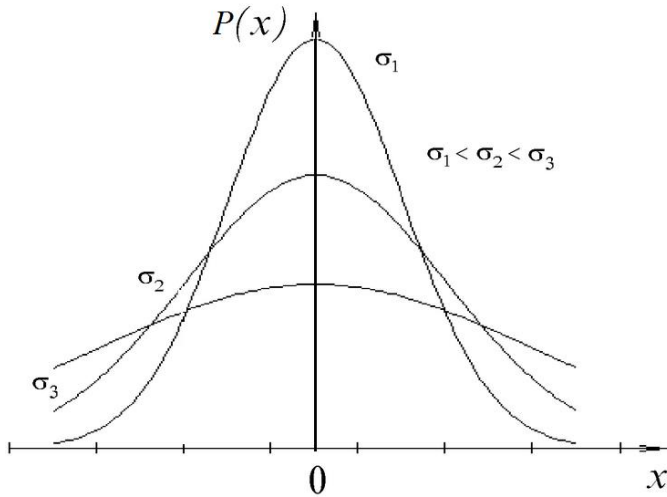


Рис. 1.1. Кривые нормального распределения

На рисунке 1.1 показаны кривые нормального распределения, при различных значениях σ ; из этого рисунка видно, что при уменьшении параметра σ кривая нормального распределения сжимается вдоль оси Ox и вытягивается вдоль оси $P(x)$; и, следовательно, чем меньше σ , тем быстрее убывает плотность распределения $P(x)$ с возрастанием $|x|$.

Вероятность попадания в интервал (x_1, x_2) графически изображается площадью соответствующей криволинейной трапеции под кривой распределения вероятностей. В частности, вероятность попадания в симметричный интервал $(-x_1, x_1)$ ($x_1 > 0$), изображается площадью фигуры (рис. 1.2)

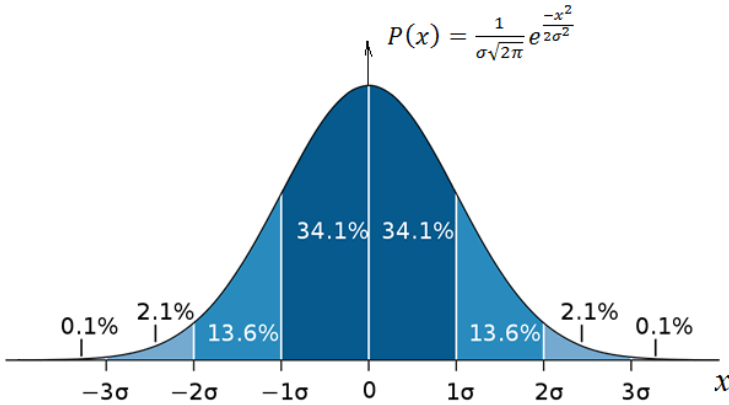


Рис. 1.2. Вероятность попадания в интервал

Отсюда также видно, что чем меньше σ , тем меньше разброс ошибок около нуля.

Вероятность попадания случайной ошибки в симметричный интервал $(-x_1, x_1)$ при нормальном распределении вычисляется по формуле

$$P(-x_1 < x < x_1) = P(|x| < x_2) = 2\Phi\left(\frac{x_1}{\sigma}\right), \quad (1.4)$$

где

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \frac{1}{2} P(|x| < x\sigma) (x > 0) \quad (1.5)$$

Функция $\Phi(x)$ называется интегралом вероятностей, её значения приведены в приложении Г. В этой таблице значения $\Phi(x)$ приведены лишь для положительных значений аргумента; для отрицательных значений аргумента функция $\Phi(x)$ продолжается нечётным образом:

$$\Phi(-x) = -\Phi(x)$$

Вероятность попадания случайной ошибки в любой интервал (x_1, x_2) в случае нормального распределения вычисляется по формуле

$$P(x_1 < x < x_2) = \Phi\left(\frac{x_2}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_1}{\sigma}\right). \quad (1.6)$$

Вероятность того, что случайная ошибка выйдет за границы

$\pm x\sigma$ ($x > 0$), равна

$$P(|x| > x\sigma) = 1 - 2\Phi(x). \quad (1.7)$$

При больших значениях x вероятность (7) очень мала. Например,

$$\begin{aligned} P(|x| > 4\sigma) &= 1 - 2\Phi(4) = 6 \cdot 10^{-5}, P(|x| > 5\sigma) = \\ &= 1 - 2\Phi(5) = 6 \cdot 10^{-7}. \end{aligned}$$

Уже вероятность за пределы $3\sigma = 0,0027$, настолько мала, что её считают практически невозможной (правила трёх сигм). Другими словами, принимается, что случайные ошибки измерений ограничены по абсолютной величине значением 3σ .

Если случайные ошибки имеют нормальный закон распределения, то распределение результатов измерения $b = a + x$ имеет плотность

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(b-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.8)$$

которая только на величину a отличается от плотности (3) (рис.1.1). Этот закон распределения называется общим нормальным законом с центром a (рис.1.3).

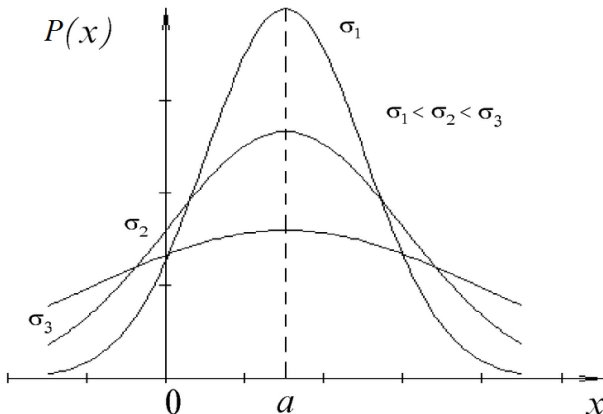


Рис. 1.3. Общий закон нормального распределения с центром a

Для случайных ошибок всегда предполагается, что центр их распределения равен нулю.

Часто происходит, что при проведении опытов проверяется гипотеза о равенстве центров нормальных распределений (что вместе с принятыми предположениями означает теперь полное совпадение законов распределения). Проверяемая гипотеза называется *нулевой гипотезой*.

Значения, находящиеся вне зоны доверительного интервала при определении нулевой гипотезы *называются критическими*.

Контрольные вопросы и задания

1. В чём заключаются основные проблемы механизации сельскохозяйственного производства?
2. Назовите общепринятый критерий эффективности.
3. Назовите основные ошибки (промахи) и в чём они заключаются?
4. Каковы основные источники случайных ошибок?
5. Как изменяется кривая нормального распределения при уменьшении параметра σ ?

§ 3 Программа и методика эксперимента

3.1 Общие положения

Программа эксперимента включает в себя две части: перечень зависимостей, факторов и их характеристик, которые нужно установить или проверить в данных экспериментах, и расчет (план) объема и продолжительности работ, потребности в рабочей силе, площадях, оборудовании, материалах и т. д. В программе даётся ответ на вопрос: «Что необходимо получить в результате эксперимента для решения задач исследования и что для этого требуется?».

Исходные данные для разработки программы: задачи исследования, гипотеза и ее теоретические разработки, для расчетов по организации опытов - методика эксперимента.

Методика экспериментов - совокупность способов и приемов получения зависимостей и значений параметров, намеченных программой, и вычисления соответствующих показателей. Методика -

технология исследования, в ней дается ответ на вопрос: «Как выполнить отдельные пункты программы экспериментов?».

Методика включает в себя выявление основных факторов и контролируемых параметров; обоснование точности измерений; выбор способов измерения, фиксации, нейтрализации и изменения параметров, обоснование пределов и интервалов их изменения; установление порядка проведения опытов и их планирование; разработку мероприятий по подготовке к опытам машин, приборов и рабочего участка; выбор способов контроля за ходом эксперимента.

Основные исходные данные для разработки методики: программа экспериментов; необходимая точность результатов измерений; математическая модель явления, если она есть; литературные данные о методах измерений и измерительной аппаратуре, о методах обработки и анализа опытных данных; материальная база (она определяет, например, наличие приборов, машин и средств для их приобретения); сроки исследования (когда результат срочно нужен для принятия решения, приходится устанавливать количественные соотношения без раскрытия их сущности - это предъявляет определенные требования к скорости получения и обработки информации).

Методы обработки и анализа опытных данных могут показать, особенно начинающему исследователю, возможности эксперимента, желаемые вид и форму представления результатов измерений, помочь с выбором прямо измеряемых величин и приборов и т. д.

Необходимо отметить, что отдельные вопросы программы, так же как и методики, взаимосвязаны, решение многих из них проводится параллельно. При разработке методики часто приходится возвращаться к уже решенным вопросам и принимать новые решения, так как они чаще всего получаются перебором возможных вариантов и не всегда можно учесть с достаточной полнотой влияние решений, принимаемых в начале разработки методики, на последующие.

Решение многих методических вопросов упрощается в связи с тем, что ряд методик разработан и представлен в ГОСТах, отраслевых нормалях и методиках, используемых машиноиспытательными станциями и другими организациями при испытаниях машин. В этих документах можно найти методики определения и измерения показателей и параметров, характеризующих условия испытания машин и обрабатываемый материал (таких, как твердость и влажность почвы, влажность хлебной массы, температура воздуха и ат-

мосферное давление), качество работы машин (глубина обработки, ширина захвата, повреждаемость корней свеклы и др.), энергетические свойства машин (снятие регуляторной характеристики двигателя, тяговой - трактора, динамометрирование машин и т. п.), экономическую эффективность машин и агрегатов (производительность, расход топлива и др.), эргономические качества машин (температура, запыленность и шум в кабине машины и т. п.), надежность (наработка на отказ, гамма-ресурс и др.). Для определения некоторых показателей отдельными исследователями разработаны специальные методики.

При измерениях этих показателей и параметров исследователю всегда целесообразно использовать указанные методики и ГОСТы с предварительным анализом возможности их применения и ссылкой на них.

Однако возникают случаи, когда необходимо сталкиваться с нестандартными параметрами, показателями, и измерениями, и тогда приходится разрабатывать частные методики для определения отдельных параметров и общую методику эксперимента.

3.2 Выявление факторов, определяющих явление, и контролируемых параметров

Выявление основных факторов. Все факторы, оказывающие влияние на изучаемое явление, можно разделить на основные и дополнительные; основные оказывают большое влияние, дополнительные - малое и ими часто можно пренебречь.

Можно выделить некоторые приемы и этапы выявления основных факторов.

1. Выявление основных факторов начинается при разработке гипотезы и теоретических положений, на этапах, где явление идеализируется с учетом данных (литературных) других исследований и общих закономерностей. Часто обоснованное деление некоторых факторов на основные и не основные на этой стадии исследования оговаривается в допущениях.

Если нельзя воспользоваться известными законами, а также нужно проверить значимость отдельных факторов и полноту их перечня, проводят наблюдение (пассивный эксперимент) за работой объекта или специальный поисковый эксперимент.

Проведение поисковых опытов часто не включают в программу эксперимента, иногда они выполняются на первой стадии тео-

ретических разработок гипотезы и освещаются в соответствующей ей части отчета (работы).

При наличии аналитических зависимостей значимость фактора, входящего в нее, можно выявить предварительно путем расчетов. Определяется при этом значимость слагаемых, в которые он входит.

При исследованиях сложных динамических систем значимость фактора определяется путем моделирования на ПК с последующей проверкой в поисковых опытах.

2. Если нет теоретических и простых поисковых путей выявления основных факторов, используется теория планирования эксперимента (объект «черный ящик»).

Выявляя основные факторы, всегда необходимо учитывать, что деление факторов на основные и дополнительные – условно, роль факторов в одних условиях может быть большой, а в других его влиянием можно пренебречь.

Нейтрализация факторов. При проведении экспериментов приходится нейтрализовать некоторые факторы, т. е. исключать (предотвращать) изменение фактора и влияние этого изменения. Выполнение этой операции позволяет сократить объем измерений и повысить их точность. Исследователь всегда стремится нейтрализовать дополнительные факторы. Часто нейтрализуют и основные. Выполняя серию (группу) опытов при схеме однофакторного эксперимента, например, исследователь исключает изменение всех основных факторов, кроме одного, влияние которого определяется в данной серии (избранного фактора). Нейтрализация основных факторов особенно важна.

Первый и основной путь нейтрализации факторов - выбор условий проведения опытов. Они могут быть: лабораторные, лабораторно-полевые и полевые. Соответственно называют и опыты.

Лабораторные опыты исключают влияние изменений всех факторов, определяющих внешние условия работы. Это опыты в почвенном канале, где характеристики почвы и поля стабильны; опыты с высевом семян на липкую ленту, где семена не смещаются после падения в борозду, а высевающий аппарат не колеблется; исследование влияния параметров топливного насоса на мощность двигателя - на стенде; наплавка специальных образцов, а не изношенных деталей и. т. д.

Лабораторные опыты широко используются в исследованиях конструкций машин, их механизмов и узлов, они хорошо выявляют закономерности, требуют малых затрат труда, исключают сезонность, но каждый в отдельности опыт имеет малое производствен-

ное значение - нужен синтез ряда таких опытов с проверкой общего результата вне лаборатории.

Лабораторно-полевые опыты проводят в заранее подготовленных условиях со стабильными характеристиками: поле выбирают ровным, с равномерной твердостью почвы, специально обрабатывают его перед опытом (выравнивают, боронуют, поливают и т. д.), с заданной культурой и т. д. Опыт проводят в определенные часы, без маневрирования скоростью и др. Результаты этих опытов ближе к производственным показателям, чем лабораторных.

Опыты в лабораторно-полевых условиях - основной вид опытов при исследованиях в области механизации сельского хозяйства.

Полевые опыты - проверка основных выводов исследования в производственных условиях, когда влияют все факторы.

Существует ряд методов нейтрализации факторов.

Метод рандомизации широко используется при нейтрализации основных и дополнительных факторов, чаще всего имеющих случайный характер или связанных со старением объекта (сопротивление почвы, урожай и микрорельеф на разных участках одного поля; квалификации механизатора и техническое состояние машин при определении эффективности технологической схемы процесса уборки культуры; старение электролита при электрохимическом наращивании размера и др.).

Метод резкого изменения избранного фактора при относительно малом изменении остальных используют практически во всех экспериментах при установлении опытных зависимостей.

Метод контрольных опытов. Опыт проводят так, что изменяющиеся (в силу своей природы) факторы действуют сразу на несколько градаций избранного. При определении влияния параметров корпуса плуга на его сопротивление разные корпуса ставят на один (динамометрический) плуг, который позволяет замерить сопротивление отдельных корпусов, работающих практически в одинаковых условиях. Этот метод очень широко используется при сравнительных испытаниях машин и их рабочих органов. Машины разной конструкции движутся параллельно по соседним проходам или работают на соседних деланках.

Метод разных знаков. Нейтрализуемому фактору «придают» сначала положительное, а затем отрицательное значение, и при вычислении среднего значения его сводят к нулю. Метод очень часто используют для нейтрализации уклона в лабораторно-полевых опытах путем выполнения замеров при движении «туда» и «обратно».

Все эти методы чаще всего используют в каждом эксперименте в сочетании один с другим.

Выявление контролируемых параметров. После выбора решения о факторах, определяющих явление, об условиях опытов и методах нейтрализации отдельных факторов, можно выбрать контролируемые (измеряемые в опытах) факторы и параметры.

Их можно разделить на несколько групп: управляемые (избранные) параметры, изменяемые по плану исследователя; основные выходные показатели (в опытах определяются их зависимости от управляемых); характеристики дополнительных и основных нейтрализуемых факторов, которые могут зависеть от управляемых и влиять на выходные показатели; независимые (внешние) переменные, характеризующие условия работы; параметры, необходимые для построения расчетных зависимостей.

Независимые (внешние) переменные характеризуют данные опыта, привязывая их к его условиям. Измерение этих переменных позволяет учесть их влияние на результаты измерений и внести в них поправки, дает возможность оценить и использовать эти данные другим исследователям (и практикам), обобщить результаты многих исследователей.

Часто внешние переменные служат источниками систематических ошибок. Не всегда все эти переменные можно указать на данном этапе разработки методики, некоторые из них будут выявляться при выборе способа измерения других параметров. Например, при объемном определении расхода топлива потребуется измерять температуру воздуха или топлива.

Далее при разработке методики экспериментов решаются вопросы об измерении отдельных величин. Для измерения некоторых разрабатываются специальные методики, для измерения других используются стандартные, методики измерения третьих разрабатываются совместно с учетом необходимости сокращения трудоёмкости опытов.

3.3 Выбор и обоснование точности результата измерений

Выбор точности результата. При проведении исследований приходится задаваться необходимой точностью получаемого результата и, исходя из этого, планировать эксперимент. К сожалению, строгих правил установления этой точности нет. В ряде случаев сведения об этом можно найти в вышеупомянутых ГОСТах на испытания машин, отраслевых нормалах и методиках. В большинстве из них точность измерений прямо не указана, а приводится

методика измерения показателя или параметра, обеспечивающая приемлемую точность, которая далее определяется по результатам измерений и указывается в протоколе. «Приемлемость» этой точности измерения базируется на большом опыте. Тем не менее шаблонно эти данные использовать нельзя.

Если исследователь сталкивается с нестандартной ситуацией, он вынужден «обосновывать» точность измерений, руководствуясь аналогиями, опытом, возможностями измерительной техники и здравым смыслом.

Точность результата должна быть целесообразной. При этом учитываются следующие факторы.

Назначение результата. Например, определяют предел прочности материала. Далее результат используют при расчетах конструкций, причем с учетом ряда коэффициентов запаса прочности, о которых известно, например, что $k_i = 2 \dots 5$, или $k_i = 0,7 \dots 1,0$. Предельная ошибка 2...5% при определении предела прочности допустима.

Свойство объекта. Почва по краю борозды вспучивается на 0,5...1,5 см. В замере глубины линейкой с точностью более 0,5 см нет смысла.

Стоимость измерений. В ряде случаев для обеспечения высокой точности требуются очень дорогие приборы и оборудование, большие затраты труда, что не всегда возможно в современных условиях.

При эксплуатационно-технологической оценке тракторов, например, допускаются следующие предельные ошибки измерений: тягового усилия и момента двигателя 3%, частоты вращения вала двигателя 0,5%, вала отбора мощности и ведущих колес 1%, расхода топлива 1%, времени 0,2 с, температуры 2°C. При оценке сельхозмашин: хронометраж 5 с, объем выполненных работ в гектарах 1%, убранная продукция, перевезенный груз 0,5%, общий расход топлива 3% [5].

В случае косвенных измерений ошибка измерения отдельного параметра определяется исходя из общей ошибки результата, которая назначается в соответствии с изложенным выше.

Иногда приходится выполнять измерения с довольно высокой точностью. Остановимся на одном часто встречающемся случае. Определяется зависимость $y = f(x)$. При изменении x от x_{min} до x_{max} значение y изменяется на 10%. Предельная ошибка y_i должна быть порядка 5% от прироста, или 0,5% от измеряемой величины.

При отыскании зависимости $y = f(x)$ путем задания значений x_i и измерений y_i следует обеспечить равноточность измерений y_i с

целью упрощения обработки результатов. Вообще, при совместном использовании результатов измерений одной и той же величины, получаемых в разных опытах, следует стремиться к равноточности измерений.

3.4 Измеряемые параметры и их фиксация

Объект исследования. В качестве объекта как источника исходных данных при эксперименте могут использоваться серийные образцы машин конкретных марок, макеты, т. е. неотработанные, но работоспособные конструкции машин, установок, узлов и т. д. с заданными, интересующими исследователя, параметрами, физические или аналоговые модели. В исследованиях в области механизации сельского хозяйства обычно используют серийные машины (иногда с некоторыми переделками) и макеты. Объектами исследования могут быть и производственные процессы (уборки зерновых, корнеклубнеплодов и др.) и материалы (электролиты, защитные покрытия и т. п.).

Объект должен отвечать определенным требованиям. Основные из них: типичность, перспективность и соответствие материальной базе.

Способы измерения контролируемых параметров. Следующим этапом разработки методики эксперимента является обоснование способов измерения контролируемых параметров и определение непосредственно (прямо) измеряемых величин. Решение этих вопросов тесно связано с выбором приборов и выполняется параллельно с ним. При этом рассматриваются возможные способы измерений контролируемых параметров, формулы для их расчета и с учетом уже решенных-методических вопросов определяют прямо измеряемые величины.

Пределы изменения независимых параметров. При планировании опытов исследователю приходится решать вопрос о пределах изменения значений избранных независимых параметров. При этом учитывается: назначение результата (для нормирования работ они одни, для исследования диска-двигателя - другие); типичность значений, параметра (использование этих значений на практике); реальность пределов (возможность использования на практике); перспективы развития техники и производства (иначе результат быстро устареет.); возможности объекта (возможность осуществления предельных значений параметра или предельные возможности исследуемого объекта), однако этот фактор не решающий - можно выбрать другой объект; результаты поисковых опы-

тов (оптимум находится между какими-то значениями параметра - они могут быть известны), прочие соображения (безопасность, надежность и т. д.).

Способы изменения независимых переменных иногда бывают просты (переключение передач, регулировка машины), иногда требуют самостоятельных конструктивных решений или замены отдельных деталей, узлов машин и т. д. Например, при исследовании влияния степени затупления лемехов на работу плуга приходится решать вопрос о способе их затупления, так как делается это обычно искусственно.

Исследование производственных процессов порой влечет за собой большую организационную работу. Например, если при исследовании процесса уборки зерновых одним из параметров служит расстояние перевозки зерна, то необходимо организовать выполнение экспериментов в хозяйстве с подходящими расстояниями от полей до зернового двора.

Интервал изменения переменных. Для получения зависимости $y = f(x)$ необходимо измерить значения y при нескольких значениях x , находящихся в пределах $x_{min} \dots x_{max}$. Разность $|x_i - x_{i-1}|$ называется интервалом изменения переменной. При определении значения этого интервала используют два основных критерия.

Относительная точность данных на разных участках кривой. Для механических систем данные, полученные при малой мощности, малом давлении обычно менее точные. В этом случае в области малых значений следует сосредоточить больше точек и интервал взять меньше, учитывая, что с увеличением числа измерений в 4 раза ошибка уменьшается в 2 раза. Относится это и к другим системам.

Характер кривой, который обычно известен исследователю до опыта. При определении общего вида закономерности сложную кривую рассматривают как комбинацию прямых и простых кривых (дуг), каждую прямую определяют двумя точками, простую кривую тремя, две точки получают для предельных значений.

Способы фиксации параметров. Немаловажное значение при решении вопроса об измеряемых параметрах имеет выбор способов фиксации параметров или выходных устройств информационно-измерительной системы (ИИС) с обязательным учетом способов обработки результатов измерений.

Выходные устройства служат для представления результата измерения в виде, удобном для дальнейшего использования. Их можно разделить на две большие группы: индикаторные, показания

которых оператор списывает вручную для дальнейшей обработки, и регистрирующие, показатели которых регистрируются (записываются) на электронный или другой носитель. Регистрирующие удобны тем, что освобождают оператора и обеспечивают документальную объективную запись. Индикаторные в ряде случаев проще и позволяют быстрее определить результаты измерения.

Выходные устройства могут быть, как и ИИС в целом, дискретными (т. е. цифровыми) и аналоговыми (с непрерывным указанием результатов измерения). И те и другие бывают индикаторными (электронный осциллограф, счетчик оборотов или импульсов) и регистрирующими (с выдачей осциллограммы или ряда чисел).

Индикаторные (указывающие) приборы целесообразно использовать в исследованиях - и испытаниях при экспресс-проверках (типа диагностирования), при однократных измерениях, при многократных измерениях с целью определения среднего значения какой-либо величины (глубины обработки, силы тяги), при многократных, но редких измерениях мало меняющихся величин (температура воздуха, давление в шинах и т. д.). Съем показаний в этих случаях редкий и не требует больших затрат труда, а результат получается быстрый и чаще всего малозатратный.

В последнее время для проведения исследований используются *информационно-измерительные комплексы*, имеющие набор датчиков для определения изменения физической величины с возможностью анализа полученных данных непосредственно на ПК и *системы спутниковой навигации* с возможностью подключения к CAN-шине устройства, для диагностирования изменений сложной системы.



Рис. 1.4. Информационно-измерительный комплекс

Видеосъемка, обычно скоростная, занимает особое место в исследованиях. Она используется чаще всего в тех случаях, когда

необходимо изучить явление в развитии, а измерить параметры, характеризующие это развитие, не удастся или это очень сложно другим путем. Например, исследуется характер и скорость движения частиц почвы при вспашке, хлебной массы в молотилке, клубня в картофелесажалке и т. п. В материал добавляют меченые (обычно окрашенные) частицы, проводят скоростную киносъемку, а затем полученное изображение покадрово обрабатывают и определяют интересные показатели. Обработка очень трудоемкая, но другим путем-результат получить нельзя.

Скоростная видеосъемка может использоваться при изучении случайных траекторий, таких, как траектория движения зерна в жатвенной части, когда вместо измерения ускорений, двойное интегрирование которых дает отклонение от прямой, фиксируется покадрово, а в лаборатории с меньшими затратами труда и с большей точностью выполняется обработка.



Рис. 1.5 Скоростная видеокамера

Широко используется и обычная видеосъемка с фотографией, однако цель их использования чаще всего иллюстративная.

Способы обработки первичных материалов. При определении измеряемых параметров и способов их фиксации обязательно учитывают способы обработки первичных материалов экспериментов: журналов фиксации данных, осциллограмм, графиков, видеофайла и др. Фиксируемые материалы можно обрабатывать вручную и с использованием программного обеспечения ПК.

Методами математической статистики с определением среднего значения показателя и стандарта, а в ряде случаев с предварительным определением вида закона распределения (если это предусмотрено программой) обрабатывают числовые результаты многократных измерений (ряды измерений или статистические ряды - записи в журналах, выход на цифровое устройство). Формулы для расчета среднего значения показателя и стандарта даны в разделе точности измерений. Расчет выполняется с использованием программного обеспечения (например Microsoft Excel и др.).

Методом планиметрирования- замером планиметром площади под кривой с делением ее на время опыта получают среднее значение ординат процесса; метод - ручной, используют в случаях, когда не требуется значение стандарта измерения.

Методом ординат - замером ординат через интервал времени с последующей обработкой полученного ряда измерений получают среднюю, стандарт и другие числовые характеристики процесса. Метод, в большей степени, ручной, снятие ординат, последующая обработка аналогичны обработке числовых результатов многократных измерений.

Методами квантования по уровню: методом пик, амплитудной классификации, пересечения уровней получают распределение амплитуд по классовым промежуткам.

3.5 Выбор приборов для измерений

Исходные данные для выбора приборов. При выборе приборов используется ряд исходных данных:

- перечень всех показателей, измеряемых непосредственно (прямо);
- необходимая точность результата измерения;
- количество одновременно измеряемых параметров;
- диапазон изменения измеряемых показателей;
- предполагаемая динамическая характеристика фиксируемых процессов (главным образом диапазон частот процесса);
- возможность синхронизации нескольких процессов;
- необходимый вид и характер информации (непрерывная запись процесса, среднее значение показателя, характеристики изменчивости процесса, характеристики взаимосвязи показателей и т. д.);

- необходимость быстрого получения результата измерения в процессе или после проведения измерения;
- условия размещения приборов на объекте (по присоединяемости, габаритам, массе, технике безопасности и т. д.);
- условия работы приборов при опытах (вибрация, температура, запыленность и т. д.); наглядность информации; документальность информации;
- материальная база (наличие измерительной и вычислительной техники, операторов, обслуживающего персонала и т. д.);
- объем работ при проведении экспериментов и при обработке результатов.

Особое место среди этих исходных данных занимает относительная подвижность отдельных деталей. При измерении, например, крутящего момента на валу или усилий, приложенных к пальцу гусеницы трактора, требуется связать электрической цепью датчики, расположенные на подвижных частях, с другими элементами ИИС. Необходимы токосъемники. Но они обычно или мало надежны или вносят ошибку.

Определенную помощь в выборе приборов оказывает знание их классификации [8]. Классифицируют по назначению целые наборы или комплекты: приборы для тормозных испытаний тракторных двигателей, для тяговых испытаний тракторов и др. Приборы классифицируют по измеряемому параметру: динамометры; влагомеры и т. п.; по группам датчиков и передач: механические, пневмогидравлические, электрические; по функциям преобразователей: усилители, интеграторы, корреляторы, классификаторы и др.; по выходным устройствам: индикаторные и регистрирующие; по классу точности; по транспортабельности: стационарные и портативные; а также по некоторым другим признакам.

Характеристики приборов. При выборе приборов и ИИС в целом учитывается ряд их показателей:

- показатели метрологической и динамической характеристик прибора;
- масса прибора, особенно важна для портативных приборов и приборов, которые перемещаются вместе с отдельными деталями механизмов и могут исказить действительные выходные показатели;
- габариты прибора, часто определяющие возможность его использования;

- линейность прибора, значительно облегчающая его калибровку и обработку результатов измерений;
- количество одновременно измеряемых параметров;
- дистанционность измерения и управления;
- способы преобразования информации (перечень операций функционального преобразователя: усиление, кодирование, суммирование, интегрирование и т. д.);
- форма и характер представления результатов измерения (индикаторные и регистрирующие, аналоговые или цифровые и т. д.);
- удобство монтажа и демонтажа;
- надежность прибора; она влияет на точность (устойчивость) измерений, на продолжительность опытов, затраты труда и средств; отказ прибора может привести к повторению уже проделанной работы, так как за время перерыва для устранения поломки может измениться погода, а значит, и условия опытов, что приведет к несопоставимости результатов из-за появления систематической ошибки;
- простота конструкции прибора; она часто определяет его надежность - простой прибор надежнее, его легче освоить, обслужить и отремонтировать;
- ток питания (для электрических приборов); с постоянным током работать удобнее, так как легко балансировать мосты, стабилизировать напряжение, цепь нечувствительна к промежуточным емкостям тензодатчиков, проводов и т. д., а также к промышленным электрическим шумам (помехам), экранировка проводов не требуется;
- универсальность прибора, особенно при его приобретении.

Датчик, или первичный преобразователь, тоже своего рода прибор, поэтому и ему присущи показатели метрологической и динамической характеристик более сложных приборов, такие, как вариация или устойчивость показаний (очень неустойчив емкостной датчик); порог чувствительности (обычно очень маленький), собственное потребление энергии; частотные характеристики, а также масса, габариты, линейность, надежность и простота, ток питания, универсальность, удобство монтажа.

По физическим признакам датчики делятся на *механические*, *пневмогидравлические* и *электрические*. Датчики первых двух групп не отвечают основным тенденциям развития ИИС: они просты, но требуют высокой точности изготовления, из-за больших

масс очень инерционны, дают большое запаздывание по фазе, не позволяют измерять быстроменяющиеся процессы, почти не управляются дистанционно. Поэтому в исследованиях их теперь используют редко: для отдельных статических измерений, для калибровки, так как не имеют погрешностей электрических цепей, при нормировании работ (из-за простоты, надежности, а также отсутствия потребности в измерении многих параметров).



Рис.1.6. Механический уровнемер

Наибольшее применение получили электрические датчики: волоконно-оптические, фотоэлектрические, лазерные, индуктивные, индукционные, магнитоупорные, емкостные, радиоактивные и другие. Их применяют при замере перемещений, сил, моментов, давлений, частоты вращения, температуры, ускорений, концентрации компонента и т. д. Практически можно подобрать датчик для замера большинства интересующих нас параметров.

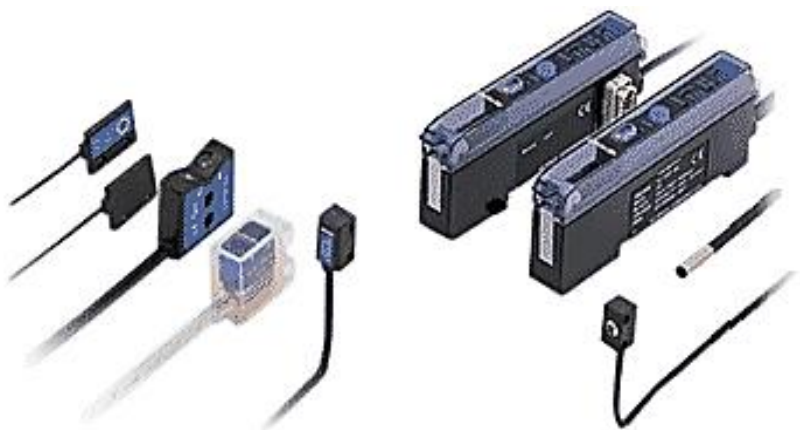


Рис. 1.7. Фотоэлектрические датчики



Рис. 1.8. Лазерные датчики

Функциональные преобразователи. К основным математическим операциям, выполняемым приборами, используемыми при исследованиях и испытаниях в области механизации сельского хозяйства, можно отнести:

осреднение - определение среднего значения ряда дискретных или непрерывных измерений (средней глубины обработки, сопротивления орудия и т. д.);

суммирование и умножение - определение, к примеру, тягового сопротивления навесного плуга суммированием усилий в тягах, определение мощности двигателя умножением момента на частоту вращения и т. п.;

дифференцирование и интегрирование - определение скорости (для угловых - тахометры), определение среднего значения крутящего момента, усилия и т. д.;

амплитудный статический анализ - распределение ординат по классам для выявления изменчивости процесса, характеризующей стандартом;

корреляционный анализ - определение взаимной связи процессов.

Устройства, выполняющие эти операции, включены в общую ИИС а также являются частью отдельного прибора, например тахометра.

Преобразователи могут быть механическими (интегратор работомера), электромеханическими (классификатор), электрическими и электронными.

Большой интерес представляют подобные преобразователи, включаемые в ИИС между измерителем и ПК. Это разного рода кодирующие устройства, позволяющие вводить данные измерений для обработки в программу.

Существуют преобразователи механических перемещений (у механических приборов) и электрических сигналов в цифровой код.

Простейшее устройство для кодирования - включенный в информационно-измерительную систему классификатор с соответствующей приставкой.

Цель использования всех преобразователей: сокращение времени от измерения до получения результата. Это позволяет анализировать результаты в ходе опытов, вносить изменения в планы и методику и за счет этого сокращать время опыта с повышением точности результата, сокращать трудоемкость обработки результа-

тов измерений (все эти преобразователи есть вычислительные машины той или иной степени сложности).

Для каждого конкретного исследования можно составить несколько ИИС с указанием конкретных марок приборов и датчиков и выбрать из них наиболее подходящую по предлагаемым исходным данным.

3.6 Планирование опытов

Расчет количества опытов. При наличии случайной ошибки измерения проводятся многократно с целью её уменьшения. Общее количество измерений одной величины n для получения одной точки на графике рассчитывают по формуле

$$n = \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2, \quad (1.9)$$

где σ_x – стандарт,

$\sigma_{\bar{x}}$ – допустимая ошибка среднего значения величины.

Следует учитывать, что стандарт σ_x представляет собой суммарную ошибку разных источников, а значение допускаемой ошибки определяют, исходя из анализа общих ошибок измерения искомых выходных показателей.

Если полученное необходимое число измерений оказывается очень большим (порядка тысячи и десятков тысяч) и практически невыполнимым, необходимо в корне менять методику измерения.

С целью уменьшения или исключения систематических ошибок, а попутно и случайных, каждый опыт повторяют l раз, т. е. для одних и тех же условий опыта необходимо получить несколько отдельных совокупностей фиксированных значений величин и отметок.

Повторность (повторение) опыта - проведение измерений при тех же условиях, но с новой настройкой. Повторности одного опыта никогда не проводятся подряд. В каждой повторности время (путь) опыта определяют с учетом наибольшего периода колебаний величины, встречающейся в записи процесса, если фиксируют случайные процессы (глубина обработки) и последовательности (время наполнения бункера зерном) или находят их параметры.

Вопрос о количестве повторностей решается исходя из заданной точности измерений. При однократных измерениях в опыте число их равно рассчитанному числу измерений.

При синхронной фиксации параметров время опыта, число измерений и повторностей определяют по параметру, соответствующему наибольшим их значениям. Но во всех случаях число повторностей должно быть не менее трех. Проводя опыты на полях с уклонами, удобно использовать четное число повторностей.

Расчеты по обеспечению точности опытов заканчиваются предварительным расчетом ошибок всех измерений при использовании выбранных приборов, числа измерений, времени опыта и т.д.

Планирование, учет и контроль работ при проведении опытов и обработке упрощается делением опытов на серии.

Серия опытов - это обычно группа опытов, в которых изменяется один параметр. В серии, как правило, легко меняется (с малыми затратами времени) избранный параметр, а по результатам серии опытов обычно можно построить зависимость.

Количество опытов в исследовании по схеме одно-факторного эксперимента зависит от числа изучаемых факторов z , от числа градаций изменения каждого фактора p_i и от повторности опытов l . Общее количество опытов ориентировочно при одинаковой повторности можно найти так:

$$N_0 = \prod_i p_i l, \quad (1.10)$$

Порядок проведения опытов может быть двух видов: рандомизированный (случайный) и последовательный.

Цель рандомизации - устранение систематической ошибки.

Рандомизированный план наиболее приемлем в исследованиях по механизации сельского хозяйства, так как условия опытов непрерывно меняются, а учесть это не всегда можно [5].

Последовательный план целесообразен лишь в отдельных случаях.

При невоспроизводимых экспериментах (например, при испытании материалов), нельзя прикладывать нагрузку в случайном порядке - образец деформируется при большой нагрузке, а при малой, приложенной после, результат искажается. Строго говоря, все эксперименты невоспроизводимы, так как в первоначальное состояние объект и прибор не возвращаются, но часто изменения малы, их нельзя обнаружить, и ими пренебрегают. В области исследований по механизации сельского хозяйства невоспроизводимость эксперимента или условная воспроизводимость является причиной многих ошибок и непроверяемости результатов исследований.

Планирование экспериментов включает в себя определение количества опытов, порядка их проведения, расчеты по материально-техническому обеспечению.

В расчетах учитывают время на подготовку опытов, которая часто длительнее, чем их проведение. Нужно время на приобретение и подготовку приборов, объекта, материалов. Много времени требуют организационные вопросы. Учитывается время на полевую обработку опытов, переналадку объекта на новые условия, перерывы из-за непогоды и поломок, возможные изменения в методике. Календарные планы составляются так, чтобы каждая серия проводилась в предельно сжатый срок, точно ограниченный, чтобы дополнительные факторы мало менялись и результаты опытов были бы сопоставимы. Если сроки растягиваются, нужно продумать пути их сокращения.

Чаше всего при заданном объеме работ выход один - проведение под одним руководством одновременно опытов нескольких серий, но для этого нужно увеличить количество объектов, приборов, людей.

При планировании опытов рассчитывают потребность в оборудовании, площадях, материалах. Определяют необходимое количество приборов, площади в лаборатории и в поле, запасные части, количество топливно-смазочных материалов, фотоматериалов, вещей и т. д. Исследователь обязательно составляет подробнейший список всего необходимого для опытов.

При планировании опытов обязательно выполняется расчет потребности в людях и определяются их квалификация и обязанности.

3.7 Подготовка и проведение опытов

Подготовка к проведению опытов ведется по разным, но одинаково важным направлениям.

Материально-техническая подготовка - приобретение, конструирование и изготовление оборудования; приобретение материалов, решение вопросов о площадях для проведения опытов, лабораториях, ПК, привлекаемых машинах, заправке машин в других организациях и т. д.

Организационная подготовка - уточнение состава привлекаемых людей, расстановка их, согласование отпусков и сроков работ, оплата, подготовка жилищно-бытовых условий при проведении работ на выезде, решение вопроса о транспорте и т. д.

Самоподготовка - изучение приборов, условий опытов, методов измерений и обработки их результатов и т. д.

Подготовка участников сводится к их инструктажу и тренировке для работы с приборами и объектами.

Разработка форм регистрации данных. Для регистрации данных исследователь разрабатывает журнал с формами и таблицами, представляющими собой бланки, которые заполняют при проведении опытов. Это ускоряет запись, а главное, облегчает контроль за ходом опытов и дальнейшую сводку данных.

Журнал составляют с учетом плана и методики так, чтобы по нему было видно, что и в каком порядке делать. Измерениям одной серии опытов отводится не менее одной страницы. Необходимо составить перечень всех форм.

Каждую форму составляют с учетом удобства последующей обработки данных. В каждой форме предусмотрено указание даты, участка, номеров проб почвы и других замеров, выполненных отдельно (температура, влажность), состава агрегата, исполнителя. Обязательная графа «Примечания», где фиксируют замечания по каждому опыту или измерению. Если отметок много, то отводят специальные страницы. Все графы нумеруют. Если участников опытов несколько, то индивидуальный журнал (записная книжка) должен быть у каждого. Сразу после обработки результата данные из них заносят в общий журнал. Формы таких журналов также разрабатывают заранее - они являются частями форм общего журнала. В формах обоих журналов указывают одинаковые данные, даты и т. д., обеспечивающие легкость проверки.

Разработка системы нумерации или шифровки материалов. Шифровка ускоряет запись. Обычно шифр содержит дату, номер серии и опыта, номер документа. Например, шифр 8.12, 5.7.3 означает: 8 декабря, серия 5, опыт 7, документ 3. Для общего документа к серии опытов номер опыта нулевой.

Подготовка участка и обрабатываемого материала включает в себя выбор мест измерений (по размерам, рельефу, конфигурации, положению, сопротивлению, засоренности и т. д.); предварительную обработку участка или материала (полив, выравнивание, измельчение, смешивание компонентов и т. д.), если она требуется; разметку участка: отмечают вешками рабочие проходы требуемой длины при ходе «туда» и «обратно», колышками фиксируют места отдельных измерений (глубины, ширины, засоренности, потерь и т. д.), при необходимости отмечают поворотные полосы, участки рабочих проходов чередуют с участками для остановок и разгона аг-

регата до и после опыта и т. д., наконец, выполнение первых проходов, являющихся базой отсчета (первой борозды при вспашке) [5].

Иногда для решения этих вопросов приходится проводить специальные исследования и изготавливать специальные приспособления. Например, исследование метода восстановления деталей включает и изучение подготовки ее поверхности к наплавке, а использование разного рода смесей (жидких и сыпучих) связано с решением вопроса о способах их смешивания, проверке равномерности распределения компонентов и поддержании состава смеси во время работы (эти вопросы сами по себе могут быть предметом исследования).

Подготовка машин и оборудования включает в себя приведение их в нормальное техническое состояние; определение при необходимости их характеристик (перед снятием тяговой характеристики обязательна проверка мощности двигателя и удельного расхода топлива и т. д.); обкатку или припашку машин, которые позволяют до опытов вскрыть отдельные неисправности и устранить их и приработать поверхности рабочих органов (корпусов, лап, бичей и т. д.).

Подготовка измерительной аппаратуры включает следующие вопросы: ознакомление с устройством и правилами эксплуатации приборов, установка их на объект, калибровка или поверка, пробные измерения, настройка и проверка в поле перед началом измерений.

Работа с приборами может быть организована по-разному: исследователь сам или его помощник проводит измерения, а при использовании сложной измерительной аппаратуры измерения проводят специалисты, работающие с этой аппаратурой. Поэтому степень знакомства исследователя с ИИС и ее элементами может быть разной.

Установка приборов и датчиков на объект выполняется в строгом соответствии с инструкцией или рекомендацией. Особое внимание обращают на следующие вопросы: время и место установки, положение прибора относительно осевых линий, удобство работы с ним, надежность крепления и сохранность прибора.

Приборы устанавливают до и после калибровки. Некоторые датчики и приборы с целью устранения систематической ошибки калибруют только установленными на объекте вместе с чувствительным элементом (датчики угла поворота рулевого колеса, хода педалей управления, тензометрические устройства и т. д.).

Кроме того, для предотвращения систематических ошибок, необходимо соблюдать ряд общепринятых мер и требований. Например, бачок для замера топлива следует устанавливать дальше от нагретых деталей, датчик крутящего момента можно установить и на валу муфты и на полуосях трактора и т. д.

Положение прибора относительно осевых линий машин и деталей, вертикалей, горизонталей, направления движения часто должно быть определенным. Несоответствие может привести к большой систематической ошибке. Удобство работы с прибором, т. е. считывания показаний, управления, монтажа, безопасность работы и т. д., также влияют на точность измерений и заметно сказываются на скорости выполнения работ.

Обеспечение условий надежной работы прибора по влажности, вибрациями т.д., надежность креплений приборов и приспособлений позволяют предотвратить промахи в измерениях и длительные простои (вплоть до срыва опытов) из-за отказа аппаратуры.

Выполнение пробных измерений - последний этап при подготовке к опытам. Цель этих измерений - обкатка аппаратуры, проверка ее функционирования, а также тренировка работы с ней, тренировка и проверка работы участников экспериментов. Такие измерения проводят в условиях, близких к рабочим, с анализом результата измерения (близости к реальности, форма и положение кривых, ясность записи или печати и т. п.), с разбором действий оператора и других участников (правильность, четкость и уверенность в работе, ошибки и их последствия, выделение главного в работе и др.). При этом проверяют также крепления приборов, их температурный режим, удобство работы с ними.

Проведение опытов. Перед началом измерений (и по их окончании), проверяют установку прибора на нуль при отсутствии нагрузки. Для этого снимают, если можно, нагрузку со всех (либо поочередно) чувствительных элементов, проводят проверку и при необходимости установку на нуль стрелок, счетчиков (если можно установить), балансировку мостов. Кроме того, проверяют работу всех каналов (одновременно с балансировкой), напряжение питания, обеспеченность необходимыми материалами и инструментом, а также готовность людей к работе.

Контроль за ходом эксперимента. Исследователь должен заранее наметить пути и средства контроля, вплоть до включения в число измеряемых величин контрольной величины. Все методы контроля предполагают систематическую обработку опытных данных.

Цели и задачи контроля следующие:

обеспечить точность измерений (возможны ошибки в методике - их нужно раскрыть и принять меры к устранению);

уменьшить трудоемкость и затраты средств при исследовании (возможна ошибка в гипотезе, опыты следует прекратить, программу и методику разработать заново);

уточнить методику (поиск, например, точки перегиба кривой с уточнением интервала изменения переменной);

дополнить программу и методику (может появиться необходимость исследовать влияние дополнительного фактора);

создать возможность для повторения опыта при промахе (пока не изменились условия опытов).

Построение графиков зависимости по получаемым данным и сравнение их с теоретическими или предполагаемыми кривыми - простейший метод контроля. В случае несовпадения кривых следует обязательно найти причину и принять соответствующие меры, вплоть до изменения гипотезы.

Контроль с использованием уравнения баланса. Например, измеряя расход воды по нескольким трубам, можно его контролировать по изменению расхода воды по центральной трубе. Исследователь, разрабатывая методику, может предусмотреть это измерение. Разновидностью этого метода можно считать контроль измерения составляющей баланса измерением суммарной величины нескольких составляющих. Величины остальных рассчитывают. Измерения сопротивления плуга можно контролировать измерением крутящего момента на полуосях трактора с ориентировочным расчетом сопротивления его перекачиванию.

Дублиаж измерений - один из методов контроля. Он заключается в том, что одну и ту же величину с целью контроля измеряют разными методами (глубина пахоты записывается на ленте осциллографа, но ее можно проверить глубиномером).

Метод контрольных точек или метод экстраполяции. Исследователь до опытов часто знает, что получаемая кривая должна пройти через определенные точки (например, при отсутствии нагрузки к. п. д. равен нулю, при холостом ходе трактора равна нулю крюковая мощность и т. д.). Исследователь по данным опыта строит кривую и проверяет экстраполяцией возможность прохождения получаемой кривой через контрольную точку. Иногда приходится предварительно преобразовать опытную зависимость, т. е. построить ее в других координатах.

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего предварительно составляют методику эксперимента?
2. Как определить значимость фактора?
3. Приведите примеры проведения лабораторного, лабораторно-полевого и полевого опыта.
4. Что является контролируемым параметром? Назовите способы его определения.
5. Назовите известные Вам регистрирующие устройства и приведите пример их использования.

§4 Методы испытаний и основные виды оценок

4.1 Машиноиспытательные станции

В 2018 году исполнится 70 лет Российской системе испытаний сельскохозяйственной техники и технологий.

Изучение сельскохозяйственной техники в России началось еще в 1869 г. с создания в Санкт-Петербурге Императорского сельскохозяйственного музея, в который ее передовые образцы поступали со всего мира.

Первые испытания в России проведены в 1873 году под Харьковом и Тамбовом.

В 1900 году появилась постоянно действующая станция для испытаний машин и орудий при Киевском политехническом институте.

Созданию союзной, а затем и российской системы испытаний сельскохозяйственной техники способствовал огромный опыт работы машиноиспытательных станций, накопленный ещё в начале 20 века в России.

В 1907 г. впервые в нашей стране было создано учреждение по изучению с.-х. механики - Бюро по сельскохозяйственной механике при Министерстве земледелия и государственного имущества. Благодаря активной позиции Бюро по сельскохозяйственной механике с 1905 по 1912 г.г. образованы Московская, Безенчукская, Екатеринославская, Омская, Ростовская, Елизаветградская, Прибалтийская, Киевская машиноиспытательные станции и испытательные отделы, на которых испытано 111 уборочных машин европейского и канадского производства.

Сразу же после окончания войны в 1945 году был принят ряд мер для ускорения технического прогресса в механизации сельского хозяйства как важнейшего средства быстрого подъёма производства продовольствия. Эти меры включали восстановление сельхозмашиностроения, развитие научно-исследовательских институтов, создание разветвлённой сети специальных конструкторских бюро, коренное улучшение организации испытаний новой техники. Правительство признало неудовлетворительным существовавший тогда порядок проведения работ по проектированию, изготовлению опытных образцов и испытанию новых машин для сельского хозяйства. Постановлением Совета Министров СССР №2046 от 11 июня 1948 г. были четко разграничены задачи и ответственность сельскохозяйственных и машиностроительных министерств по созданию новой техники. Согласно этому постановлению, по приказу Министерства сельского хозяйства СССР от 26.08.48 №1365, были организованы следующие государственные зональные машиноиспытательные станции: Центральная, Центрально-Чернозёмная, Поволжская, Северо-Кавказская, Сибирская, Средне-Азиатская, Казахская Закавказская, Южно-Украинская, Украинская, Западная, Дальневосточная, Прибалтийская, Пушкинская, Таёжная.

Руководствуясь изложенными принципами, развивалась сеть машиноиспытательных станций. В то время, когда создавались первые МИС, при них предусматривались испытательные пункты в подзонах, отличающихся по природно-хозяйственным признакам от зоны размещения станции. Но уже первые годы показали, что пункты, размещенные вдалеке от МИС, не имеющие должной производственно-технической базы и хозяйственной самостоятельности, не оправдывают своего назначения. По этой причине часть пунктов вскоре была преобразована в самостоятельные МИС, а остальные - ликвидированы. Пункт Северо-Кавказской МИС преобразован в Кубанскую МИС (1950г.), отделение Закавказской МИС - в Грузинскую МИС (1949 г.), пункты Северо-Западной - в Калининскую, Средне-Азиатской - в Кзыл-Ординскую (1959 г.), пункт Дальневосточной - в Амурскую МИС (1968 г.). С возрастанием роли и ответственности республиканских органов за экономическое развитие и научно-технический прогресс в сельском хозяйстве выявилась необходимость иметь машиноиспытательные станции в каждой союзной республике. Поэтому были созданы станции: Молдавская (1955 г.), Таджик-

ская (1958 г.), Литовская (1960 г.), Армянская (1961 г.), Киргизская (1961 г.), Туркменская (1963 г.).

Освоение больших площадей целинных и залежных земель и особенности ведения хозяйства в новых районах стали причиной организации Целинной (1954 г.), Павлодарской (1954 г.) и Алтайской МИС (1960 г.). В ходе развития системы испытания возрастало значение разработки многих теоретических и программно-методических вопросов, создания новых метрологических средств и координации деятельности МИС в данных областях. Эти задачи были возложены на Кубанский институт по испытаниям тракторов и сельскохозяйственных машин, организованный в 1958 г. на базе Кубанской МИС, и всесоюзный научно-исследовательский институт по испытанию машин и оборудования для животноводства и кормопроизводства, организованный в 1974 г. на базе Украинской МИС.

Период с 1991 года и по настоящее время – это период решения задач испытаний сельскохозяйственной техники, которые формируются и решаются в условиях действия законов рыночной экономики.

После распада СССР, в России в системе испытаний сельскохозяйственной техники осуществляли свою деятельность - Государственный испытательный центр, головной научно-методический центр - ФГНУ «РосНИИТиМ»; 13 зональных машиноиспытательных станций.

Основной целью деятельности системы является содействие в реализации государственной научно-технической политики в агропромышленном комплексе по повышению эффективности сельскохозяйственного производства путём внедрения прогрессивных технологий и современных средств производства. Государственный статус машиноиспытательных станций России обеспечивает экономическую независимость от участников рынка сельскохозяйственной техники и технологий, а более чем шестидесятилетний опыт – высокую профессиональную компетентность.

В настоящее время система испытаний сельскохозяйственной техники и технологий представлена:

- десятью машиноиспытательными станциями, расположенными в основных почвенно-климатических зонах страны - ФГБУ «Алтайская МИС», ФГБУ «Владимирская МИС», ФГБУ «Кировская МИС», ФГБУ «Кубанская МИС», ФГБУ «Поволжская МИС», ФГБУ «Подольская МИС», ФГБУ «Сибирская

МИС», ФГБУ «Северо-Западная МИС», ФГБУ «Северо-Кавказская МИС», ФГБУ «Центрально-Черноземная МИС»;

- координационным государственным испытательным центром, расположенным в Московской области - ФГБУ «ГИЦ»;
- научным учреждением ФГБНУ «Росинформагротех».

В учреждениях системы занято более одной тысячи специалистов различной квалификации.

В течение года процессу оценки соответствия установленным требованиям, наблюдению подвергаются свыше одной тысячи единиц техники, оказываются информационные и консультационные услуги участникам процесса сельскохозяйственного машиностроения и сельскохозяйственного производства.

Учреждения системы находятся в ведении Департамента научно-технологической политики и образования Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Кроме того, учреждения системы объединены в рамках некоммерческой организации «Ассоциация испытателей сельскохозяйственной техники и технологий» (НОЮЛ АИСТ), что облегчает коммуникации для выполнения функций в рамках государственной аграрной политики.

4.2 Виды оценок

Всесторонняя оценка машин достигается лишь при определенной структуре испытаний, которая включает в себя:

- техническую экспертизу машин;
- агротехническую оценку работы машин;
- энергетическую оценку машин и агрегатов;
- эксплуатационно-технологическую оценку работы;
- оценку условий труда механизаторов;
- оценку надежности сельскохозяйственной техники;
- экономическую оценку машин и агрегатов.

Все виды оценок регламентируются нормативно-технологической документацией и во всех станциях определяются по одинаковым методикам

4.3 Техническая экспертиза

Обычно техническая экспертиза включает три этапа: первичный, текущий и заключительный.

При первичной экспертизе характеризуют качество упаковки машины, возможность её сборки, качество изготовления.

При текущей экспертизе. При сборке машины особое внимание обращается на следующее:

- удобство общей сборки, доступность и пригодность креплений, взаимозаменяемость деталей с запасными частями, приложенными к машине, возможность и удобство смены ответственных деталей и узлов, наличие точек смазки, их доступность и защищенность от засорения и загрязнения при работе машины;

- качество изготовления деталей, особенно литых и сварных, качество сборки узлов и подгонки деталей;

- качество окраски машины и антикоррозийного покрытия деталей, работающих в почве, в коррозирующей среде или в соприкосновении с химическими веществами (удобрениями, ядохимикатами);

- качество сварных швов (обращается внимание на прожоги, наплывы, трещины и другие отступления от общих технических требований).

При заключительной экспертизе. В собранной машине проверяют действие приводных и передаточных механизмов, взаимное расположение и состояние рабочих органов и узлов (наличие перекосов, деформаций), а также действие регулирующих механизмов.

Проверка механического привода заключается в проворачивании приводного вала, шкива и осмотра состояния соосности валов, размещение шкивов и звездочек в одной плоскости, подшипников, храповых и иных предохранительных узлов.

Особое внимание при технической экспертизе обращают на качество изготовления и сборки ходовой части машины: ходовых и опорных колес, их привода, механизмов управления (поворот, подъем и опускание).

При этом для ходовых колес определяют величину отклонения плоскости их качения по вертикали, а также причину отклонения (изгиб оси, недостатки монтажа и конструкции машины).

Качество изготовления колес определяют по осевому и радиальному биению обода или диска.

Выявленные в процессе экспертизы недостатки в изготовлении машины указываются в отчете, а те из них, которые могут повлиять на качество работы машин, должны быть устранены в процессе сборки и обкатки.

4.4 Агротехническая оценка машин

Среди прочих оценок, агротехнической оценке работы машин принадлежит особая роль.

Агротехническая оценка сельскохозяйственных машин необходима для сравнительного определения всей совокупности показателей, характеризующих качество выполнения технологического процесса. Ввиду разнообразия типов машин, показателей для оценки машин только в полеводстве насчитывается более тысячи. Для каждого из них разработаны специфические методы в стандартах на испытания отдельных видов машин.

Агротехнические показатели работы машин можно условно классифицировать на несколько групп.

Показатели *первой группы* характеризуют технологические возможности сельскохозяйственных машин. К ним относятся пропускная способность уборочных машин, предельные нормы, влажность и твердость почвы на которой возможна работа почвообрабатывающих машин и т.д.

Вторая группа показателей характеризует качество работы машин, чаще всего в благоприятных, типичных для зоны условиях при оптимальных и предельных режимах.

Эти показатели весьма разнообразны и регламентируются агротехническими требованиями и стандартами на методы испытаний каждого вида машин.

Для типичных групп машин можно назвать следующие характерные показатели.

Почвообрабатывающие машины – глубина обработки, подрезание сорняков, заделка растений, растительных остатков, крошение почвы, выравнивание ее поверхности.

Посевные и посадочные машины – количество семян (растений) на единице площади, глубина и качество заделки семян, равномерность распределения семян по длине рядка, площади питания и глубине заделки; полевая всхожесть семян или приживаемость растений, динамика всходов, повреждение семян и растений, величина прослойки почвы между семенами и удобрениями и т.п.

Машины для ухода за растениями – уничтожение сорняков, повреждение культурных растений, степень покрытия листьев ядохимикатами, норма внесения удобрений, ядохимикатов, воды при поливе и т.п.

Уборочные машины – потери основной и сопутствующей продукции (зерно, клубни, корнеплоды, волокно, плоды, солома и т.п.), повреждение продукции (дробление семян, удары, вырывы, раз-

давливание корне-клубнеплодов), засорение вороха земель, сорняками и другими примесями.

Машины для послеуборочной обработки продукции – потери, повреждения, сортность (товарная, семенная), порча или сохранность питательных веществ (содержание сахара, белка, каротина, витаминов и т.п.).

Показатели третьей группы характеризуют устойчивость протекания технологического процесса в пространстве и времени при различных внешних условиях.

Получаемые при испытаниях показатели качества работы машины подвергают анализу различными методами: сравнивают с нормативами, оценивают по экономическим и комбинированным критериям.

Сравнение с нормативами предусматривает сопоставление фактических показателей, полученных при испытаниях, с показателями, регламентированными агротехническими требованиями, техническими заданиями или показателями, предусмотренными требованиями международной системы машин (МСМ).

Противоречивость отдельных показателей ставит задачу о необходимости использования экономических и комплексных критериев качества работы машин.

Одним из наиболее распространенных критериев агротехнической оценки машин является величина урожая. Этот критерий широко используется для оценки уборочных машин, т.к. для этих машин значительно легче определить убытки, потери урожая. Влияние на урожай качества работы плугов, сеялок, культиваторов, катков, луцильников, разбрасывателей удобрений, опрыскивателей и т.п. определить значительно труднее. Для этого требуется закладка полевых опытов с доведением до урожая. Этот путь очень трудоемкий и длительный. По общепринятой методике опыт закладывают в течение 3-х лет. Только после этого можно давать соответствующие рекомендации. Таким образом, определялось влияние равномерности высева семян на урожайность, равномерности распределения удобрений на урожай, зависимость урожая от эффективности полива и т.д.

Иногда при агротехнической оценке используют такие экономические показатели, как затраты труда.

Например, если при работе картофелеуборочного комбайна наблюдается повышенное содержание комков земли, то для доведения этого показателя до нормы нужно затратить определенное количество труда на удаление комков из клубней.

Затраты труда и средств на эту операцию являются экономическим выражением агротехнических показателей.

4.5 Энергетическая оценка сельскохозяйственной техники

Основная цель энергетической оценки сельскохозяйственных агрегатов – определение энергетических затрат на работу, выполняемую испытываемой машиной и ее рабочими органами и соответствия энергоемкости машины тяговым и мощностным показателям энергетического средства (трактора, шасси) при работе в диапазоне скоростных и нагрузочных режимов, установленных агротехническими требованиями и техническими заданиями.

Современные методы энергооценки позволяют оценить оптимальность конструктивного решения машины и комплектования агрегатов.

При испытаниях энергетическую оценку новой техники осуществляют в соответствии с отраслевым стандартом. Он распространяется на испытание опытных, модернизированных и производственных образцов машин и орудий, включая стационарные машины с приводом от двигателей внутреннего сгорания.

До начала испытаний должны быть определены регуляторные характеристики двигателей энергетических средств методами их торможения. Значения мощности, крутящего момента, частоты вращения ВОМ, расход топлива должны соответствовать паспортным данным. Результаты торможений приводятся в отчетной документации.

Регулировки сельскохозяйственной машины должны быть выполненными в соответствии с заводской инструкцией и быть оптимальными с агротехнической точки зрения.

При энергетической оценке мобильных машин и агрегатов регистрируют следующие основные параметры: крутящие моменты на валу двигателя, на ведущих органах движителя или на валу их привода, на валу отбора мощности.

Для прицепных машин – тяговое сопротивление. Помимо этого фиксируют частоту вращения коленчатого вала двигателя, ведущих колес, ВОМ; пройденный путь, продолжительность опыта.

Энергетические параметры мобильных машин регистрируются на установившемся режиме при рабочем и холостом проходах агрегата.

Регистрация параметров производится не менее чем двукратно на каждом из режимов работы при движении агрегата в прямом и обратном направлениях.

Для выявления эффективности работы новых рабочих органов испытываемых машин в отдельных случаях дополнительно регистрируют энергетические параметры (усилия, крутящие моменты, перемещения, частоты вращения и т.д.), характеризующие их энергоёмкость.

Продолжительность регистрации одной повторности опыта при энергетической оценке должна составлять:

при регистрации с помощью тензометрической лаборатории не менее 20 секунд, а измерительной телеметрической лаборатории – не менее 30 с.

По результатам обработки опытных данных определяют следующие показатели:

- эффективную мощность двигателя;
- мощность на ведущих органах движителя;
- мощность на привод рабочих органов от ВОМ;
- мощность на преодоление механических потерь в трансмиссии;
- мощность, затрачиваемую на самопередвижение;
- мощность, расходуемую на буксование;
- тяговую мощность энергетического средства, при агрегатировании с с/х машинами;
- общее тяговое сопротивление навесных и полунавесных с/х машин и орудий;
- удельную потребную мощность (на единицу производительности);
- удельное сопротивление (на единицу ширины захвата, площади обрабатываемого пласта и т.д.);
- коэффициент загрузки двигателя;
- эффективную мощность на преодоление подъемов.

Разумеется, определение столь большого числа показателей и необходимости обработки достаточно представительных массивов данных требует использования специальной аппаратуры, измерительных комплексов.

4.6 Эксплуатационно-технологическая оценка

Эксплуатационно-технологическая оценка проводится в реальных условиях эксплуатации машин и направлена на определение сравнительных эксплуатационных (производительность, расход топлива, смазочных и других материалов) и основных технологических показателей.

Понятие эксплуатационно-технологической оценки сформировалось сравнительно недавно в связи с попытками увязать эксплуатационные и технологические показатели качества работы машин с экономической эффективностью их применения.

В настоящее время методы эксплуатационно-технологической оценки стандартизированы.

При проведении эксплуатационно-технологической оценки осуществляют определение:

- условий испытаний (характеристика поля, материала, метеорологических условий и т.д.);
- режима работы (скорость, фактическая ширина захвата, глубина обработки, норма высева, подача и т.д.);
- агротехнических показателей (качество продукции, потери основного и вспомогательного продукта, повреждение растений и т.д.);
- эксплуатационно-технологических показателей, таких как: наработка машин за период испытаний; производительность за 1 ч времени (чистого, технологического, сменного, эксплуатационного); расход топлива; расход основных и вспомогательных материалов; коэффициенты (рабочих ходов, технологического обслуживания, использования технологического времени, использования сменного времени, использования эксплуатационного времени, надежности технологического процесса и т.д.). наработка на технологический отказ; количество обслуживающего персонала;
- универсальности машин (возможность машины работать на другой культуре, на работах различных видов, выполнять одновременно несколько технологических операций и т.д.);
- возможность работы машины в технологическом комплексе.

Результаты эксплуатационно-технологической оценки используются для определения научно-обоснованных норм выработки и экономической оценки машин.

При характеристике условий испытаний предусматривается определение:

- метеорологических условий: температура, относительная влажность воздуха, скорость ветра;
- характеристики поля: рельеф, микрорельеф, засоренность поля (пожнивными остатками, сорняками, камнями и пр.), влажность почвы, твердость почвы;
- характеристики обрабатываемого материала или убираемой продукции: урожайность, масса единицы длины валка, влажность массы и т.п.

Фоны сравниваемой и эталонной машин не должны отличаться более чем на 20%.

Режим работы машины в полевых условиях устанавливается в период обкатки машины в хозяйственных условиях с учетом данных лабораторно-полевых опытов.

В это же время обслуживающий персонал должен приобрести навык в управлении (не менее одной рабочей смены).

Показатели эксплуатационно-технологической оценки определяют путем обработки фотохронометража, совмещающего снятие фотографии рабочего дня с пооперационным хронометражем.

Фотохронометраж рабочего дня проводят непрерывно в течение всей смены с начала работы обслуживающего персонала:

- в наблюдательном листе отмечают все операции и элементы рабочего времени, выполняемые машиной и обслуживающим персоналом в хронологической последовательности. Например, при наблюдении за зерноуборочным комбайном отмечают: заправку топливом, водой, смазку, очистку и подтяжку рабочих органов, запуск двигателя, переезд на поле, заезд в загон, рабочий ход, время на повороты, ожидание автотранспорта, время выгрузки зерна, устранения неисправностей (с указанием причин неисправностей), простои из-за организационных, метеорологических и прочих причин;

- в графе «Текущее время» («конец операции») записывают показания часов в момент окончания операции, являющейся одновременно и началом последующей операции;

- при остановках машины с собственным двигателем хронометражист в графе «Передача» учитывает остановки двигателя и работу на холостых оборотах;

- при одновременном выполнении ряда операций в графу «Элементы рабочего времени» наблюдательного листа заносят все операции с указанием начала и конца выполнения каждой;

- если во время хронометража случается поломка или устранение дефекта, затраты времени учитывают по элементам: снятие поломанной детали, ее ремонт (или замена на запасную) и установка на место. При этом против каждой операции (снятие, ремонт, установка) отмечают количество человек, участвующих в устранении неисправностей. Простои, связанные с организацией ремонта (доставка новой детали, ожидание сварочного агрегата или передвижной ремонтной мастерской), отмечают отдельной строкой с указанием затрат времени;

- в те дни, когда машина не работает, причины простоев записывают в наблюдательном листе;

- по окончании смены хронометражист проверяет наблюдательный лист, подписывает его и сдает для проверки и шифровки ведущему инженеру.

Ведущий инженер при необходимости исправляет допущенные хронометражистом ошибки – уточняет терминологию (запись ведет карандашом другого цвета, оставляя понятным то, что было написано ранее), шифрует простои по технологическим и техническим регулировкам, техходам, технологическим и техническим отказам, подписывает и передает для дальнейшей обработки.

Обработку наблюдательных листов начинают с проверки правильности их заполнения. Продолжительность каждой операции определяют вычитанием времени предыдущей операции из времени окончания последующей.

Данные, полученные при обработке наблюдательных листов, шифруют и переносят в сводную ведомость эксплуатационно-технологических показателей.

В сводной ведомости определяют следующие суммарные элементы рабочего времени:

T1 – время основной работы (рабочие органы взаимодействуют с обрабатываемой средой, выполняется технологический процесс);

T2 – вспомогательное время (на повороты – T21, переезды на рабочем месте – T22, погрузку и разгрузку – T23 и др.)

T3 – время на техническое обслуживание, подготовку к работе, наладку и регулировку;

T4 – время на устранение неисправностей (технологических – T41 и технических – T42);

T5 – время на отдых;

T6 – время на холостые переезды (от места стоянки до места работы – T61 и с одного места работы до другого – T62);

T7 – время простоя машины, агрегатируемой с испытываемой;

T8 – время простоя в течение смены по причинам, независимым от испытываемой машины (метеорологические условия, недостатки в организации труда и др.).

К сожалению, фактические затраты времени не всегда зависят только от надежности и качества работы испытываемой машины. Например, время отдыха, время на переезды к месту работы, заправки и др.

Некоторые элементы времени вообще не учитываются в наблюдательном листе, например, на периодические технические обслуживания.

В связи с этим отдельные элементы времени при определении суммарных периодов (оперативное, сменное, эксплуатационное время) заменяют нормативными (например, время отдыха в зависимости от тяжести труда) или корректируются с учетом средних взвешенных условий работы в типичных хозяйствах зоны (дальность поездок, размеры полей, длина гона и др.).

Анализ результатов проводят путем сравнения результатов по новой машине с результатами машины-аналога и нормативными значениями, указанными в техническом задании.

Оценку различия результатов испытаний проводят с использованием общепринятых методов математической статистики.

Оценка универсальности машины

Если машина может выполнять различные операции (сеялка-культиватор, машина для внесения удобрений и гербицидов и т.п.), то машина испытывается на каждой из рекомендуемой заводом схем расстановки рабочих органов. Фотохронометраж в этом случае ведется по всем вариантам. Результаты оценки по универсальности приводят в отчете.

Оценка машины в технологическом комплексе

Если испытываемая и эталонная машины оказывают неодинаковое влияние на выполнение подготовительных, сопряженных и последующих операций технологического процесса, то необходимо при сравнении таких машин провести хронометраж на дополнительных операциях, обеспечивающих одинаковое начальное и конечное состояние поля или продукта для сравниваемых машин.

Например, зерноуборочный комбайн с измельчителем соломы и системой отвозки соломы нужно сравнить с комплексом комбайн – машины для уборки и измельчения соломы.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основные задачи и функции современных МИС.
2. Назовите этапы проведения технической экспертизы. В чём они заключаются?
3. Какие агротехнические показатели определяют при посеве сельскохозяйственных культур?
4. Что включает в себя энергетическая оценка сельскохозяйственной техники?
5. Приведите примеры универсальных машин. В чем их универсальность?

ЧАСТЬ 2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа 1 Регрессионный анализ

Под регрессионным анализом понимают исследование закономерностей связи между явлениями (процессами), которые зависят от многих, иногда неизвестных, факторов. Часто между переменными x и y существует связь, но не вполне определенная, при которой одному значению x соответствует несколько значений (совокупность) y . В таких случаях связь называется регрессионной (корреляционной). Таким образом, функция $y = f(x)$ является регрессионной, если каждому значению аргумента соответствует статистический ряд распределения y . Следовательно, регрессионные зависимости характеризуются вероятностными или схоластическими связями. Поэтому установление регрессионных (корреляционных) зависимостей между величинами y и x возможно лишь тогда, когда выполнимы статистические измерения [9].

Статистические зависимости описываются математическими моделями процесса, то есть регрессионными выражениями, связывающими независимые значения x (факторы) с зависимой переменной y (результативный признак, функция цели, отклик). Модель по возможности должна быть простой и адекватной. Например, модуль упругости материала E зависит от его плотности ρ так, что с возрастанием плотности модуль упругости материала увеличивается. Но выявить эту закономерность можно только при наличии большого количества измерений, так как при исследованиях каждой отдельной парной связи в зависимости $E = f(\rho)$ наблюдаются большие отклонения [3].

Суть регрессионного (корреляционного) анализа сводится к установлению уравнения регрессии, то есть вида кривой (прямой) между случайными величинами (аргумента x и функцией y), оценке тесноты связей между ними, достоверностей и адекватности результатов измерений [12].

Чтобы предварительно определить наличие такой связи между x и y , наносят точки на график и строят так называемое корреляционное поле (рис.2.1.1). По тесноте группирования точек вокруг прямой или кривой линии, по наклону линии можно визуально судить о наличии корреляционной связи.

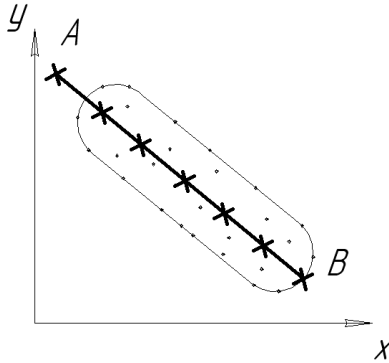


Рис. 2.1.1. Корреляционное поле

Корреляционное поле характеризует вид связи между x и y . По форме поля можно ориентировочно судить о форме графика, характеризующего прямолинейную или криволинейную зависимости. Если на корреляционном поле усреднить точки, то есть, для каждого значения x_i определить $\bar{x}_i$ и соединить точки $\bar{y}_i$, то можно будет получить ломаную линию, называемую экспериментальной регрессионной зависимостью (линией). Наличие ломаной линии объясняется погрешностью измерений, недостаточным количеством измерений, физической сущностью исследуемого явления и др.

Если на корреляционном поле провести плавную линию между $\bar{y}_i$, которая равно удалена от них, то получается новая теоретическая регрессионная зависимость – линия АВ (рис. 2.1.1).

Различают однофакторные (парные) и многофакторные регрессионные зависимости. Парная регрессия при парной зависимости может быть аппроксимирована прямой линией, параболой, гиперболой, логарифмической, степенной или показательной функцией, полиномом и др. Двухфакторное поле можно аппроксимировать плоскостью, параболоидом второго порядка, гиперboloидом [12].

При построении теоретической регрессионной зависимости оптимальной является такая функция, в которой соблюдаются условия наименьших квадратов $\sum (y_i - \bar{y}_i)^2 = \min$,

где y_i – фактические ординаты поля;

$\bar{y}_i$ – среднее значение ординаты с абсциссой x .

Коэффициент корреляции – мера линейной статистической зависимости между факторами x и y , вычисляется по формуле Пирсона

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - N \bar{x} \bar{y}}{N S_x S_y}, \quad (2.1.1)$$

где $\bar{x}, \bar{y}$ – выборочные средние;

S_x, S_y – выборочные средние квадратические отклонения (средняя изменчивость величин);

N – количество измерений.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (2.1.2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (2.1.3)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.1.4)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (1.5)$$

Коэффициент корреляции (Пирсона) принимает значения в диапазоне $[-1; +1]$. При $r=1$ x и y связаны функциональной связью (в данном случае линейной), то есть каждому значению x соответствует только одно значение y , иначе можно отметить, что это соответствует полной прямой зависимости. Если $r=0$, то линейной связи не существует. Если $r=-1$, то полная обратная корреляция. При $r=0$ линейная корреляционная связь между x и y отсутствует, но может существовать нелинейная регрессия.

Положительные значения коэффициента ($r > 0$) свидетельствуют о прямой линейной связи; чем ближе его значение к $+1$, тем сильнее связь. Обычно считают тесноту связи удовлетворительной при $r \geq 0,5$; хорошей при $r = 0,8-0,85$.

Для определения процента разброса (изменчивости) искомой функции y относительно её среднего значения, определяемого изменчивостью фактора x , вычисляют коэффициент детерминации

$$K_d = r^2 \quad (2.1.6)$$

Для оценки надёжности полученных значений r вычисляют среднюю ошибку m коэффициента корреляции ($m_{\max} \leq 15$).

$$m = \pm \frac{1-r^2}{\sqrt{N}} \quad (2.1.7)$$

Считается, что значение r вполне надёжное, если

$$r \geq 3m \quad (2.1.8)$$

Если выборочный коэффициент корреляции отличен от нуля, то можно построить линейную регрессию между x и y :

$$y_p = ax + b, \quad (2.1.9)$$

Коэффициенты a и b вычисляют по выражениям:

$$a = r \frac{s_y}{s_x}; \quad (2.1.10)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (2.1.11)$$

Пример. Имеется статистический ряд парных измерений. Необходимо определить уравнение прямолинейной регрессии, оценить тесноту связей и степень достоверности, построить корреляционное поле.

Таблица 2.1

Исходные данные

Значения признака	
X	Y
1	8
2	11
3	14
4	16
5	21
6	26
7	27
8	32
9	34
10	41

Ход работы

Расчет целесообразно вести с использованием табличного процессора Microsoft Excel.

1. Заполните столбцы **A** и **B** значениями таблицы 2.1 (рис. 2.1.2)

	А	В
1	Х	Уэ
2	1	8
3	2	11
4	3	14
5	4	16
6	5	21
7	6	26
8	7	27
9	8	32
10	9	34
11	10	41

Рис. 2.1.2. Ввод значений парных измерений в табличный процессор MS Excel

2. Найдите оценки компонент x и y (рис. 2.1.3). Для нахождения x в ячейке **A12** введите формулу **=СРЗНАЧ(A2:A11)**. С использованием маркера автозаполнения найдите значение в ячейке **B12**.

	А	В
1	Х	Уэ
2	1	8
3	2	11
4	3	14
5	4	16
6	5	21
7	6	26
8	7	27
9	8	32
10	9	34
11	10	41
12	5,5	23

Рис. 2.1.3. Вычисление выборочных средних

3. Для нахождения среднего квадратического отклонения (формула 2.1.4, 2.1.5) от каждого значения вычтите выборочное среднее, затем суммируйте полученные значения и разделите на 9 (10-1).

	A	B	C	D
1	X	Yэ		
2	1	8	20,25	225
3	2	11	12,25	144
4	3	14	6,25	81
5	4	16	2,25	49
6	5	21	0,25	4
7	6	26	0,25	9
8	7	27	2,25	16
9	8	32	6,25	81
10	9	34	12,25	121
11	10	41	20,25	324
12	5,5	23	82,5	1054
13			9,166667	117,1111

Рис. 2.1.4. Промежуточные вычисления среднего квадратического отклонения

4. Вычислите среднюю изменчивость величин S_x и S_y

E2		fx		=КОРЕНЬ(C13)		
	A	B	C	D	E	F
1	X	Yэ			Sx	Sy
2	1	8	20,25	225	3,02765	10,82179
3	2	11	12,25	144		
4	3	14	6,25	81		
5	4	16	2,25	49		
6	5	21	0,25	4		
7	6	26	0,25	9		
8	7	27	2,25	16		
9	8	32	6,25	81		
10	9	34	12,25	121		
11	10	41	20,25	324		
12	5,5	23	82,5	1054		
13			9,166667	117,1111		

Рис. 2.1.5. Вычисление выборочного среднего квадратического отклонения

Среднее квадратическое отклонение, показывает, на сколько в среднем отклоняются конкретные варианты признака от среднего значения.

5. Определите коэффициент корреляции согласно выражения 2.1.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	X	Yэ			Sx	Sy	xy	r
2	1	8	20,25	225	3,02765	10,82179	8	0,894258
3	2	11	12,25	144			22	
4	3	14	6,25	81			42	
5	4	16	2,25	49			64	
6	5	21	0,25	4			105	
7	6	26	0,25	9			156	
8	7	27	2,25	16			189	
9	8	32	6,25	81			256	
10	9	34	12,25	121			306	
11	10	41	20,25	324			410	
12	5,5	23	82,5	1054			1558	
13			9,166667	117,1111				

Рис. 2.1.6.Нахождение коэффициента корреляции

6. Найдите коэффициент детерминации, ошибку коэффициента корреляции (уравнения 2.1.6, 2.1.7). На основании полученных данных определите надёжность коэффициента корреляции (уравнение 2.1.8).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	X	Yэ			Sx	Sy	xy	r
2	1	8	20,25	225	3,02765	10,82179	8	0,894258
3	2	11	12,25	144			22	
4	3	14	6,25	81			42	Kд
5	4	16	2,25	49			64	0,799697
6	5	21	0,25	4			105	m
7	6	26	0,25	9			156	0,063341
8	7	27	2,25	16			189	3m
9	8	32	6,25	81			256	0,190024
10	9	34	12,25	121			306	
11	10	41	20,25	324			410	
12	5,5	23	82,5	1054			1558	
13			9,166667	117,1111				

Рис. 2.1.7.Вычисление коэффициента детерминации, ошибки и надёжности коэффициента корреляции

Коэффициент детерминации, найденный по формуле 2.1.6 составляет **0,80** то есть различия в значениях зависимой переменной y на 80% объясняются различиями в значениях независимой переменной x (и на 20% - факторами, не учтенными в уравнении регрессии).

7. Для построения уравнения регрессии необходимо вычислить **a** и **b** с использованием выражений 2.1.10, 2.1.11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	x	Yэ			Sx	Sy	xy	r	a	b
2	1	8	20,25	225	3,02765	10,82179	8	0,894258	3,196364	5,42
3	2	11	12,25	144			22			
4	3	14	6,25	81			42	Kд		
5	4	16	2,25	49			64	0,799697		
6	5	21	0,25	4			105	m		
7	6	26	0,25	9			156	0,063341		
8	7	27	2,25	16			189	3m		
9	8	32	6,25	81			256	0,190024		
10	9	34	12,25	121			306			
11	10	41	20,25	324			410			
12	5,5	23	82,5	1054			1558			
13			9,166667	117,1111						

Рис. 2.1.8. Исходные данные и вычисление коэффициентов a и b

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид

$$y_p = 3,20x + 5,42$$

8. Для построения графика сходимости экспериментальной прямой и расчётной (рис. 2.1.10) сформируйте таблицу (рис. 2.1.9)

15	x	Yэ	Yp
16	1	8	8,62
17	2	11	11,81
18	3	14	15,01
19	4	16	18,20
20	5	21	21,40
21	6	26	24,60
22	7	27	27,79
23	8	32	30,99
24	9	34	34,19
25	10	41	37,38

Рис. 2.1.9. Таблица значений для построения графика экспериментальных и расчетных зависимостей

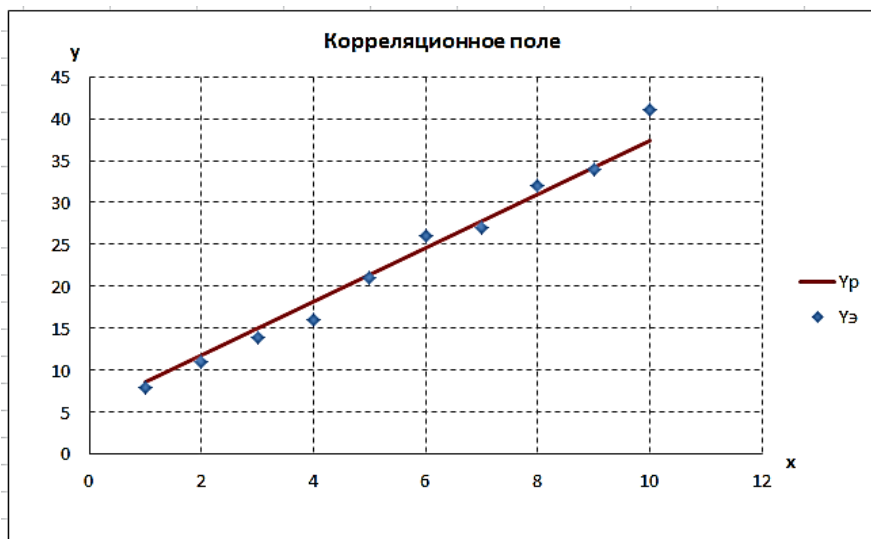


Рис. 2.1.10. Сходимость экспериментальных и теоретических данных

Контрольные вопросы и задания

1. Определите коэффициент корреляции используя данные из приложения А (по заданию преподавателя).
2. Определите коэффициент детерминации, оцените тесноту связей и степень достоверности.
3. Определите уравнение прямолинейной регрессии, постройте корреляционное поле.
4. Оформите работу с использованием текстового процессора и сделайте общий вывод.

Лабораторная работа 2

Оценка адекватности теоретических решений

В результате эксперимента получают статистический ряд однокорреляционных парных (X_i, Y_i) или многофакторных ($a_i, b_i, c_i, \dots$) измерений. Статистические измерения подвергают обработке, анализу, подбирают эмпирические формулы и устанавливают их достоверность [12].

Перед подбором эмпирических формул необходимо убедиться в достоверности эксперимента, окончательно проверить воспроиз-

водимость результатов по критерию Кохрена. Оценка пригодности гипотезы исследования, а также теоретических данных на адекватность, то есть соответствие теоретической кривой экспериментальным данным, необходима во всех случаях на стадии анализа теоретико-экспериментальных исследований. Методы оценки адекватности основаны на использовании доверительных интервалов, позволяющих с заданной доверительной вероятностью определить искомые значения оцениваемого параметра. Суть такой проверки состоит в сопоставлении полученной или предполагаемой теоретической функции $y = f(x)$ с результатами измерений. В практике оценки адекватности применяют различные статистические критерии согласия [12].

Одним из таких критериев является критерий Фишера. Установление адекватности – это определение ошибки аппроксимации опытных данных. Для этого необходимо рассчитать экспериментальное (опытное) значение критерия Фишера – $K_{фэ}$ и сравнить его с теоретическим (табличным – $K_{фм}$), принимаемым при требуемой доверительной вероятности P_q (обычно $P_q=0,95$). Если $K_{фэ} < K_{фм}$ – модель адекватна; если $K_{фэ} \geq K_{фм}$ – модель не адекватна. Опытный критерий Фишера вычисляют по формуле

$$K_{фэ} = \frac{D_a}{D_{ср}}, \quad (2.2.1)$$

где D_a дисперсия адекватности,

$D_{ср}$ – средняя дисперсия всего эксперимента, определяющаяся как

$$D_a = \frac{\sum_1^n (y_{it} - \bar{y}_{i3})^2}{n-d} \quad (2.2.2)$$

$$D_{ср} = \frac{\sum_1^m \sum_1^n (y_{it} - y_{i3})^2}{mn}, \quad (2.2.3)$$

где y_{it} – теоретическое значение функции для каждого измерения;

y_{i3} – экспериментальное значение функции;

$\bar{y}_{i3}$ – среднее экспериментальное значение функции из m серий измерений;

n – количество измерений в одном опыте (одной серии или количество опытов);

d – число коэффициентов уравнения теоретической регрессии

В выражении (2.2.2) y_{it} вычисляют по теоретической регрессии для фактора x_i , $\bar{y}_i$ как среднее из m серий измерений, то есть

$$\bar{y}_{i3} = \frac{1}{m} (Y_{13} + Y_{13} + \dots + Y_{m3}) \quad (2.2.4)$$

Таблица 2.2.1

Критерий Фишера

q ₁	Значение <i>K_ф</i> при P _q =0,95 для различных q ₂								
	1	2	3	4	5	6	12	24	36
1	16	19	21	22	23	23	24	24	25
2	18	19	19	19	19	19	19	19	19
3	10	9.6	9.3	9.1	9.0	8.9	8.7	8.6	8.5
4	7.7	6.9	6.6	6.4	6.3	6.2	5.9	5.8	5.6
5	6.6	5.8	5.4	5.2	5.1	5.0	4.7	4.5	4.4
6	6.0	5.1	4.8	4.5	4.4	4.3	4.0	3.8	3.7
7	5.6	4.7	4.4	4.1	4.0	3.9	3.6	3.4	3.2
8	5.3	4.5	4.1	3.8	3.7	3.6	3.3	3.1	2.9
9	5.1	4.3	3.9	3.6	3.5	3.4	3.1	2.9	2.7
10	5.0	4.1	3.7	3.5	3.3	3.2	2.9	2.7	2.5
11	4.8	4.0	3.6	3.4	3.2	3.1	2.8	2.6	2.4
12	4.8	3.9	3.5	3.3	3.1	3.0	2.7	2.5	2.3
13	4.7	3.8	3.4	3.2	3.0	2.9	2.6	2.4	2.2
14	4.6	3.7	3.3	3.1	3.0	2.9	2.5	2.3	2.1
15	4.5	3.7	3.3	3.1	2.9	2.8	2.5	2.3	2.1
16	4.5	3.6	3.2	3.0	2.9	2.7	2.4	2.2	2.0
17	4.5	3.6	3.2	3.0	2.9	2.7	2.4	2.2	2.0
18	4.4	3.6	3.2	2.9	2.8	2.7	2.3	2.1	1.9
19	4.4	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.3	2.1	1.8
20	4.4	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.3	2.1	1.8
22	4.3	3.4	3.1	2.8	2.7	2.6	2.2	2.0	1.8
26	4.2	3.3	2.9	2.7	2.5	2.4	2.1	1.9	1.7
30	4.2	3.3	2.9	2.5	2.4	2.3	1.9	1.7	1.4
60	4.0	3.2	2.9	2.5	2.4	2.3	1.9	1.7	1.4
90	3.8	3.0	2.6	2.4	2.2	2.1	1.8	1.5	1.0

Пример. Получено теоретическое выражение $Y=80X$ и для его подтверждения проведён эксперимент. В каждой из пяти серий ($m=5$) выполнено по семь измерений ($n=7$). Результаты эксперимента в таблице 2.2.2. По этим данным установить пригодность, т.е. адекватность теоретического решения.

Таблица 2.2.2

Значения, полученные в результате эксперимента

№ опыта	X _i	Измеренные значения в серии				
		Y _{1э}	Y _{2э}	Y _{3э}	Y _{4э}	Y _{5э}
1	0,2	12	17	15	14	16
2	0,3	23	21	24	25	23
3	0,4	30	34	31	35	35
4	0,5	38	43	40	39	42
5	0,6	52	47	48	49	40
6	0,7	59	58	55	54	53
7	0,8	62	66	62	61	63

Ход работы:

Расчет целесообразно вести с использованием табличного процессора Microsoft Excel.

1. Внесите значения эксперимента в ячейки таблицы.

	A	B	C	D	E	F	G
1			Измеренные значения в серии				
2	№ опыта	X_i	$Y_{1э}$	$Y_{2э}$	$Y_{3э}$	$Y_{4э}$	$Y_{5э}$
3	1	0,2	12	17	15	14	16
4	2	0,3	23	21	24	25	23
5	3	0,4	30	34	31	35	35
6	4	0,5	38	43	40	39	42
7	5	0,6	52	47	48	49	40
8	6	0,7	59	58	55	54	53
9	7	0,8	62	66	62	61	63

Рис. 2.2.1. Исходные данные результатов эксперимента, занесенные в таблицу

2. Вычислите среднее значение $\bar{Y}_{iэ}$ (рис. 2.2.2) для каждого опыта с использованием функции =СРЗНАЧ(C3:G3)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			Измеренные значения в серии					$\bar{Y}_{iэ}$
2	№ опыта	X_i	$Y_{1э}$	$Y_{2э}$	$Y_{3э}$	$Y_{4э}$	$Y_{5э}$	
3	1	0,2	12	17	15	14	16	14,8
4	2	0,3	23	21	24	25	23	23,2
5	3	0,4	30	34	31	35	35	33
6	4	0,5	38	43	40	39	42	40,4
7	5	0,6	52	47	48	49	40	47,2
8	6	0,7	59	58	55	54	53	55,8
9	7	0,8	62	66	62	61	63	62,8

Рис. 2.2.2. Вычисление среднего значения

3. Вычислите теоретическое значение функции $Y_{iT} = 80x_i$ для каждого измерения (=80*B3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1			Измеренные значения в серии					$\bar{Y}_{i3}$	Y_{iT}
2	№ опыта	X_i	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	Y_{43}	Y_{53}		
3	1	0,2	12	17	15	14	16	14,8	16
4	2	0,3	23	21	24	25	23	23,2	24
5	3	0,4	30	34	31	35	35	33	32
6	4	0,5	38	43	40	39	42	40,4	40
7	5	0,6	52	47	48	49	40	47,2	48
8	6	0,7	59	58	55	54	53	55,8	56
9	7	0,8	62	66	62	61	63	62,8	64

Рис. 2.2.3. Вычисление теоретического значения для каждого измерения

4. Вычислите разность между каждым теоретическим и средним экспериментальным значением ($=I3-H3$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			Измеренные значения в серии					$\bar{Y}_{i3}$	Y_{iT}	$Y_{iT} - \bar{Y}_{i3}$
2	№ опыта	X_i	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	Y_{43}	Y_{53}			
3	1	0,2	12	17	15	14	16	14,8	16	1,2
4	2	0,3	23	21	24	25	23	23,2	24	0,8
5	3	0,4	30	34	31	35	35	33	32	-1
6	4	0,5	38	43	40	39	42	40,4	40	-0,4
7	5	0,6	52	47	48	49	40	47,2	48	0,8
8	6	0,7	59	58	55	54	53	55,8	56	0,2
9	7	0,8	62	66	62	61	63	62,8	64	1,2

Рис. 2.2.4. Нахождение разности теоретического и экспериментального значений

5. Вычислите квадрат разности между теоретическим и экспериментальным значением $(Y_{iT} - \bar{Y}_{i3})^2 (=J3^2)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			Измеренные значения в серии					$\bar{Y}_{i3}$	Y_{iT}	$Y_{iT} - \bar{Y}_{i3}$	$(Y_{iT} - \bar{Y}_{i3})^2$
2	№ опыта	X_i	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	Y_{43}	Y_{53}				
3	1	0,2	12	17	15	14	16	14,8	16	1,2	1,44
4	2	0,3	23	21	24	25	23	23,2	24	0,8	0,64
5	3	0,4	30	34	31	35	35	33	32	-1	1
6	4	0,5	38	43	40	39	42	40,4	40	-0,4	0,16
7	5	0,6	52	47	48	49	40	47,2	48	0,8	0,64
8	6	0,7	59	58	55	54	53	55,8	56	0,2	0,04
9	7	0,8	62	66	62	61	63	62,8	64	1,2	1,44
10	Итого										5,36

Рис. 2.2.5. Нахождение квадрата разности между теоретическим и экспериментальными значениями

6. Вычислите среднюю дисперсию эксперимента $D_{\text{ср}}$ по формуле (2.2.3) задействовав при этом каждое экспериментальное значение

$$= ((I3-C3)^2 + (I3-D3)^2 + (I3-E3)^2 + (I3-F3)^2 + (I3-G3)^2) / 5$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			Измеренные значения в серии									
2	№ опыта	χ_i	Y_{1a}	Y_{2a}	Y_{3a}	Y_{4a}	Y_{5a}	$\bar{Y}_{1a}$	Y_{iT}	$Y_{iT} - \bar{Y}_{1a}$	$(Y_{iT} - \bar{Y}_{1a})^2$	$D_{\text{ср}}$
3	1	0,2	12	17	15	14	16	14,8	16	1,2	1,44	4,4
4	2	0,3	23	21	24	25	23	23,2	24	0,8	0,64	2,4
5	3	0,4	30	34	31	35	35	33	32	-1	1	5,4
6	4	0,5	38	43	40	39	42	40,4	40	-0,4	0,16	3,6
7	5	0,6	52	47	48	49	40	47,2	48	0,8	0,64	16,4
8	6	0,7	59	58	55	54	53	55,8	56	0,2	0,04	5,4
9	7	0,8	62	66	62	61	63	62,8	64	1,2	1,44	4,4
10											5,36	6,00

Рис. 2.2.6. Нахождение средней дисперсии всего эксперимента

7. В ячейке B11 определите дисперсию адекватности, используя формулу (2.2) $=K10/(7-1)$

$$Da = 0,89$$

Здесь значение $d=1$, так как в теоретическом выражении один значащий член X .

8. В ячейке B13 вычислите опытный критерий Фишера по формуле (2.2.1) $=B11/L10$

$$K_{фэ} = 0,15$$

Значение $K_{фТ}$ принимается по таблице 2.2.1 (стр. 81) для доверительной вероятности 0,95 и числа степеней свободы $q_1 = n - d$, $q_2 = n(m - 1)$.

$q_1 = 7 - 1 = 6$ и $q_2 = 7(5 - 1) = 28$, по таблице (2.2.1) $K_{фТ} = 3,75$.

Так как $K_{фэ} = 0,15 < K_{фТ} = 3,75$ то модель адекватна, т.е. полученная математическая модель с доверительной вероятностью 95% хорошо описывает изучаемый процесс.

Критерий Фишера обычно применяется для адекватности малых выборок.

9. Из полученных значений сформируйте таблицу (рис.2.2.7) и постройте график (рис.2.2.8)

12	x_i	$\bar{Y}_{13}$	Y_{iT}
13	0,2	14,8	16
14	0,3	23,2	24
15	0,4	33,0	32
16	0,5	40,4	40
17	0,6	47,2	48
18	0,7	55,8	56
19	0,8	62,8	64

Рис. 2.2.7. Таблица значений для построения графика

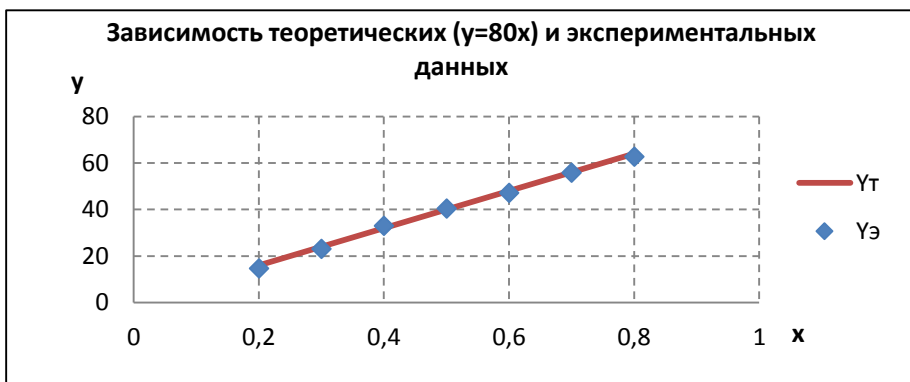


Рис. 2.2.8. Зависимость полученных теоретических и экспериментальных данных

Контрольные вопросы и задания

1. Определите среднюю дисперсию всего эксперимента используя данные из приложения Б (по заданию преподавателя).
2. Определите дисперсию адекватности.
3. Вычислите опытный и найдите по таблице критерии Фишера.
4. Установите адекватность теоретического выражения.
5. Постройте зависимость теоретических и экспериментальных данных.
6. Оформите работу с использованием текстового процессора и дайте обоснование полученных данных в выводе.

Лабораторная работа 3

Эмпирические распределения частот

Одной из основных задач в теории ошибок в области испытания сельскохозяйственной техники можно считать разработку методов наблюдения, учета и отбора проб, позволяющих исключить систематические и ограничить случайные ошибки при сравнительно небольшом числе замеров величин, так как даже при лабораторно-полевых испытаниях машин невозможно пересчитать или измерить все изменения среды в результате воздействия на неё рабочих органов [9,11].

Наблюдения могут быть *сплошными*, при которых обследованию подвергают всю совокупность, и *выборочными*, при которых обследованию подвергают часть совокупности, характеризующей всю совокупность признака. Порядок отбора части совокупности может быть *повторным* и *бесповторным*. В практике испытания сельскохозяйственной техники применяют только бесповторный отбор, при котором ранее отобранную часть не возвращают в совокупность при последующих отборах [9, 11].

В зависимости от свойства и характера изучаемого явления, а также цели испытания могут быть выборки *случайные*, *механические*, *типические* или *серийные*.

Серийная выборка применяется при отборе проб для анализа почвы, зерна, измельчённых кормов, масел, угля и других сыпучих тел и жидкостей. Техника отбора проб (серий) должна обеспечивать представительство в пробе составляющих пропорционально их наличию в генеральной совокупности [7].

Многие исследования начинаются обычно со сбора обширного цифрового материала, понимание которого облегчается систематизацией и представлением исходных данных в виде таблиц и графиков

Число $N = \sum_{i=1}^k n_i$ называется объемом выборки.

Для построения гистограммы частот определяют размах варьирования результатов измерений [13]

$$R = X_{max} - X_{min}, \quad (2.3.1)$$

где R – размах варьирования, см;

X_{max} , X_{min} – соответственно максимальное и минимальное значения.

При большом количестве измерений производится группировка полученных значений на k групп.

Величина интервала определяется соотношением

$$i = \frac{R}{k}, \quad (2.3.2)$$

$$k = \sqrt{n}, \quad (2.3.3)$$

где i – величина интервала,
 k – число групп,
 n – количество значений.

Ориентировочно число групп равно квадратному корню из объема выборки, и оно должно быть не меньше 5, но не более 20.

По интервальному ряду можно построить гистограмму частот – множество прямоугольников с основаниями, равными длинам интервалов, высотой [13,14]

$$h_k = \frac{n_k}{x_k - x_{k-1}} \quad (2.3.4)$$

где n_k – частота с которой встречаются значения k – го интервала;
 x_k – максимальное значение одного интервала;
 x_{k-1} – минимальное значение этого же интервала.

Средняя арифметическая $\bar{x}$ – представляет собой обобщённую, абстрактную характеристику всей совокупности в целом. Формула для определения средней арифметической имеет следующий вид

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}. \quad (2.3.5)$$

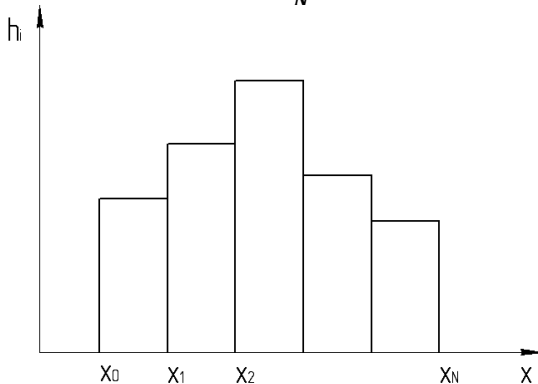


Рис. 2.3.1. Гистограмма эмпирического распределения

Кривая линия, соединяющая середины интервалов называется полигоном.

Дисперсия S^2 и стандартное отклонение S служат основными мерами вариации, рассеяния изучаемого признака. Дисперсия

представляет собой частное отделения суммы квадратов отклонений на число измерений без единицы

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad (2.3.6)$$

где x_i – значение признака, варианты,
 $\bar{x}$ – среднее арифметическое.

Размерность дисперсии равна квадрату размерности изучаемого признака, что неудобно и заставляет ввести для измерения рассеяния другую характеристику, имеющую размерность варьирующей величины и называемую стандартным или средним квадратическим отклонением. Его получают извлечением квадратного корня из дисперсии

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2.3.7)$$

где S – стандартное отклонение.

Среднее арифметическое, или просто среднее, – одна из основных характеристик выборки. Среднее арифметическое – такое значение признака, сумма отклонений от которого выборочных значений признака равна нулю (с учетом знака отклонения) [1].

Если воспользоваться геометрической интерпретацией, то среднее арифметическое можно определить как точку на оси x , которая является абсциссой центра масс гистограммы.

Если данные сгруппированы, то

$$\bar{x} = \frac{n_1 \bar{x}_1 + n_2 \bar{x}_2 + \dots + n_k \bar{x}_k}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n_i \bar{x}_i, \quad (2.3.8)$$

где $\bar{x}_i$ – среднее значение интервала,

n_i – частота, с которой встречаются значения в интервале,

N – объём выборки.

Таким образом, при наличии сгруппированных частот дисперсию и стандартное отклонение определяют по формуле

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{x} - \bar{x}_i)^2}{N-1}}, \quad (2.3.9)$$

где n_i – частота с которой встречаются значения i – го интервала,

N – объём выборки (общее количество всех значений),

$\bar{x}$ – среднее арифметическое всех измерений,

$\bar{x}_i$ – среднее значение интервала.

Коэффициент вариации V – стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности [1]

$$V = \frac{s}{\bar{x}} 100, \quad (2.3.10)$$

где V – коэффициент вариации, %.

Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости. Использование коэффициента вариации имеет смысл при изучении вариации признака, принимающего только положительные значения. Не имеет смысла, например, коэффициент вариации, вычисленный для характеристики колебания средне-годовой температуры, близкой к 0^0 , когда варьирующий признак принимает как положительные так и отрицательные значения.

Изменчивостью принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%; средней, если V выше 10%, но менее 20%; и значительной, если коэффициент вариации более 20%.

Ошибка выборочной средней или ошибка выборки $S_{\bar{x}}$ является мерой отклонения выборочной средней $\bar{x}$ от средней всей (генеральной) совокупности N . Ошибки выборки возникают вследствие неполной репрезентативности (представительности) выборочной совокупности и свойственны только выборочному методу исследования. Они связаны с перенесением результатов, полученных при изучении выборки, на всю генеральную совокупность. Величина этих ошибок зависит от степени изменчивости изучаемого признака и от объема выборки [4].

Ошибка выборочной средней прямо пропорциональна выборочному стандартному отклонению S и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений N , т.е.

$$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{s^2}{N}}. \quad (2.3.11)$$

Ошибка средней арифметической тем меньше, чем меньше варьирует опытный материал и чем из большего количества измерений вычислено среднее арифметическое. Ошибка выборки, выражается в процентах от соответствующей средней, называется относительной ошибкой выборочной средней

$$S_{\bar{x}}\% = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100, \quad (2.3.12)$$

где $S_{\bar{x}}\%$ - относительная ошибка выборочной средней, %.

Стандартное отклонение служит показателем, который даёт представление о наиболее вероятной средней ошибке отдельного, единичного наблюдения, взятого из данной совокупности. В пределах одного значения ($\pm 1S$) укладывается примерно 2/3 всех наблюдений, или, точнее 68,3% всех вариантов, т.е. основное ядро изучае-

мого ряда величин. Поэтому стандартное отклонение называют также основным отклонением вариационного ряда. Следовательно, возможны отклонения от $\bar{x}$, превосходящие $\pm 1S$, но вероятность их по мере удаления отклонений от $\pm 1S$ всё время уменьшается. Так, вероятность встретить вариант, отклоняющуюся от $\bar{x}$ на величину больше $\pm 3S$, составляет всего около 0,3%. Поэтому утроенное значение стандартного отклонения принято считать предельной ошибкой отдельного наблюдения, и, следовательно, почти все значения вариант в вариационном ряду укладываются в пределах $\pm 3S$. Шестикратное значение среднего квадратического отклонения (от $+3S$ до $-3S$) даёт ясное представление о ширине ряда наблюдений, о его рассеянности:

$$\bar{x} - 3S \leq \bar{x} \leq \bar{x} + 3S. \quad (2.3.13)$$

Пример. Измерена высота прикрепления нижнего боба (мм) у 100 растений сои. Полученные данные занесены в таблицу 2.3.3. Определить интервальный статистический ряд. Построить гистограмму и полигон эмпирического распределения

Таблица 2.3.3

Данные измерений

№ пп	Значение	№ пп	Значение	№ пп	Значение	№ пп	Значение	№ пп	Значение
1	76	21	45	41	70	61	77	81	89
2	82	22	59	42	67	62	76	82	85
3	80	23	60	43	100	63	88	83	93
4	68	24	63	44	103	64	89	84	90
5	69	25	78	45	69	65	63	85	79
6	74	26	87	46	72	66	82	86	83
7	72	27	94	47	74	67	80	87	91
8	69	28	91	48	66	68	81	88	87
9	80	29	88	49	67	69	77	89	89
10	79	30	90	50	72	70	80	90	94
11	90	31	79	51	72	71	79	91	92
12	109	32	84	52	68	72	78	92	91
13	99	33	84	53	80	73	83	93	76
14	100	34	108	54	81	74	92	94	79
15	115	35	83	55	84	75	93	95	73
16	68	36	84	56	77	76	81	96	84
17	70	37	99	57	79	77	82	97	79
18	72	38	98	58	81	78	86	98	84
19	73	39	102	59	84	79	89	99	79
20	70	40	101	60	76	80	93	100	84

Ход работы

Необработанные (первичные) экспериментальные данные представлены в виде неупорядоченного набора чисел, записанных в порядке их поступления. Этот набор данных трудно обозрим, и сделать по ним какие-то выводы невозможно. Поэтому первичные данные нуждаются в обработке, которая всегда начинается с их группировки.

Группировка представляет собой процесс систематизации, или упорядочения, первичных данных с целью извлечения содержащейся в них информации. Группировка заключается в распределении вариант выборки по группам, или интервалам группировки, каждый из которых содержит некоторый диапазон значений [14,15].

1. Определите размах варьирования результатов измерений по формуле 3.1.

$$R=115-45=70\text{мм.}$$

где 115 – максимальное значение измерений (таблица 2.3.3),

45 – минимальное значение измерений (таблица 2.3.3).

2. Определите величину интервала групп. В нашем случае целесообразно взять семь групп. В этом случае получим

$$i = \frac{R}{k} = \frac{70}{7} = 10.$$

Таким образом, в каждом интервале по 10 чисел.

3. При помощи табличного процессора Microsoft Excel подготовим макет таблицы сгруппированного распределения частот результатов измерений. При записи в таблицу интервалов следует обратить внимание на то, чтобы верхняя граница группы была меньше, чем нижняя граница, прилегающей соседней группы на единицу измерения. В данном случае на 1 мм. Так значения в диапазоне от наименьшего 45 до $45+10-1=54$ встречаются 1 раз, от 55 до 64 - 4 раза ...

4. Определим среднее арифметическое (формула 2.3.8) произведем дальнейшие вычисления с использованием формулы 2.3.9

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Интервал		n_i	$\bar{x}_i$	$n_i \cdot \bar{x}_i$	$\bar{x} - \bar{x}_i$	$(\bar{x} - \bar{x}_i)^2$	$n_i \cdot (\bar{x} - \bar{x}_i)^2$
2	45	54	1	49,5	49,5	31,615	999,5082	999,508225
3	55	64	4	59,5	238	21,615	467,2082	1868,8329
4	65	74	21	69,5	1459,5	11,615	134,9082	2833,07273
5	75	84	40	79,5	3180	1,615	2,608225	104,329
6	85	94	23	89,5	2058,5	-8,385	70,30823	1617,08918
7	95	104	8	99,5	796	-18,385	338,0082	2704,0658
8	105	115	3	110	330	-28,885	834,3432	2503,02968
9		итого	100		8111,5			12629,9275
10				срзнач $\bar{x}$	81,115			

Рис. 2.3.2. Расчёт квадратов суммы отклонений

4. Определим стандартное отклонение с использованием формулы 2.3.9

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Интервал		n_i	$\bar{x}_i$	$n_i \cdot \bar{x}_i$	$\bar{x} - \bar{x}_i$	$(\bar{x} - \bar{x}_i)^2$	$n_i \cdot (\bar{x} - \bar{x}_i)^2$
2	45	54	1	49,5	49,5	31,615	999,5082	999,508225
3	55	64	4	59,5	238	21,615	467,2082	1868,8329
4	65	74	21	69,5	1459,5	11,615	134,9082	2833,07273
5	75	84	40	79,5	3180	1,615	2,608225	104,329
6	85	94	23	89,5	2058,5	-8,385	70,30823	1617,08918
7	95	104	8	99,5	796	-18,385	338,0082	2704,0658
8	105	115	3	110	330	-28,885	834,3432	2503,02968
9		итого	100		8111,5			12629,9275
10				срзнач $\bar{x}$	81,115		S=	11,2949115

Рис. 2.3.3. Нахождение стандартного отклонения

5. Определим ошибку выборочной средней, коэффициент вариации и относительную ошибку выборочной средней по формулам 2.3.10, 2.3.11 2.3.12

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Интервал		n_i	$\bar{x}_i$	$n_i \cdot \bar{x}_i$	$\bar{x} - \bar{x}_i$	$(\bar{x} - \bar{x}_i)^2$	$n_i \cdot (\bar{x} - \bar{x}_i)^2$
2	45	54	1	49,5	49,5	31,615	999,5082	999,508225
3	55	64	4	59,5	238	21,615	467,2082	1868,8329
4	65	74	21	69,5	1459,5	11,615	134,9082	2833,07273
5	75	84	40	79,5	3180	1,615	2,608225	104,329
6	85	94	23	89,5	2058,5	-8,385	70,30823	1617,08918
7	95	104	8	99,5	796	-18,385	338,0082	2704,0658
8	105	115	3	110	330	-28,885	834,3432	2503,02968
9		итого	100		8111,5			12629,9275
10				срзнач $\bar{x}$	81,115		S=	11,2949115
11							Sx=	1,12949115
12							V=	13,9245657
13							Sx%=	1,39245657

Рис. 2.3.4. Нахождение выборочной средней, коэффициента вариации и ошибки выборочной средней

6. Для построения гистограммы необходимо вычислить высоту интервалов h (формула 2.3.4) и определить полигон эмпирического распределения (2.3.13)

15					
16					
17	h	x_i		$-3S=$	33,88473
18	0,111111	49,5		$\bar{x}-3S=$	47,23027
19	0,444444	59,5		$\bar{x}+3S=$	114,9997
20	2,333333	69,5			
21	4,444444	79,5			
22	2,555556	89,5			
23	0,888889	99,5			
24	0,3	110			

Рис. 2.3.5. Нахождение высоты интервалов и определение полигона эмпирического распределения

7. На основании полученных расчетов показать на графике (см. рисунок 2.3.6) $\bar{x}$ и $\pm 3S$.

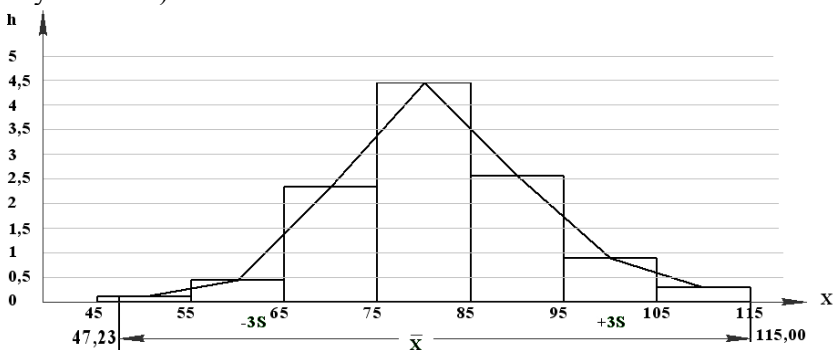


Рис. 2.3.6. Гистограмма и полигон эмпирического распределения

Контрольные вопросы и задания

1. Определите размах варьирования и величину интервала групп всего эксперимента используя данные из приложения В (по заданию преподавателя).
2. Определите стандартное отклонение, коэффициент вариации.
3. Вычислите высоту интервалов и определите полигон эмпирического распределения.
4. Выполните построение гистограммы и полигона эмпирического распределения.
5. Оформите работу с использованием текстового процессора и дайте обоснование полученных данных в выводе.

Лабораторная работа 4

Проверка нулевой гипотезы

Статистическая проверка гипотез - процедура принятия решения, следует ли на основе данных выборочного исследования принять или опровергнуть некое предположение о характеристиках или свойствах генеральной совокупности.

Для того чтобы содержательная гипотеза могла быть проверена средствами статистики, она должна быть сформулирована как статистическая гипотеза, с выделением нулевой и альтернативной гипотез. Проверка гипотезы сводится к принятию решения, следует ли принять нулевую гипотезу или отклонить ее в пользу альтернативной. При этом нулевая гипотеза (постулирующая отсутствие различий) выступает в качестве утверждения, которое считается справедливым до тех пор, пока не будут найдены противоречащие ему факты.

Критерий нулевой гипотезы строится на основе специально подобранной численной функции, которая вычисляется по выборке и называется статистикой критерия [1, 2, 3, 12, 14, 15].

Нулевой гипотезой называют гипотезу об отсутствии реального различия между двумя сравниваемыми вариационными рядами: эмпирическим и теоретическим или двумя эмпирическими.

Для оценки соответствия эмпирического распределения теоретическому используют критерий согласия (подобия) χ^2 , закон распределения которого открыл К. Пирсон. Кривая распределения, полученная из функции χ^2 имеет вид [1, 8, 14]

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - F)^2}{F}, \quad (2.4.1)$$

где n_i – фактическая частота численности объектов выборки;

F – гипотетическая (теоретическая) частота объектов выборки.

Её вид в сильной степени зависит от числа степеней свободы.

Критерий χ^2 , или критерий согласия (подобия), используется для оценки степени соответствия эмпирических данных определённым теоретическим предпосылкам, нулевой гипотезе.

Гипотеза опровергается, если $\chi^2_{\text{факт}} \geq \chi^2_{\text{теор}}$, и не опровергается, если $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{\text{теор}}$. Если вероятность нулевой гипотезы окажется значительной (более 0,05, но менее 0,95), опыт ненадежный, не доказавший ни наличия, ни отсутствия влияния испытываемого фактора. Фактическая частота численности объектов в определен-

ной части известна из эмпирического распределения. Гипотеза о нормальном характере распределения частот позволяет вычислить теоретические их значения для вероятности P_i попасть в i - интервал. Для этого используется следующее выражение

$$p\{x_{k-1} \leq \xi \leq x_k\} = \Phi \left[\frac{x_k - \bar{x}}{S} \right] - \Phi \left[\frac{x_{k-1} - \bar{x}}{S} \right] \quad (2.4.2)$$

где x_{k-1} и x_k – концы рассматриваемого интервала (см. лабораторная работа №3);

$\bar{x}$, S – параметры распределения, среднее арифметическое и стандартное отклонение соответственно.

В выражении (2.4.2) сначала нормализуют величину $\frac{x_k - \bar{x}}{S}$, а потом вычисляют из неё функцию Лапласа.

Самым строгим и надёжным критерием согласия при обработке сгруппированных данных является критерий Пирсона [14]

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n_i p)^2}{n_i p}, \quad (2.4.3)$$

где n_i – фактическая частота попадания;

$n_i p$ – теоретическая частота попадания.

При условии $n_i p \geq 5$ эта величина имеет приблизительно χ^2 – распределение с количеством степеней свободы $m = k - 3$, где k – количество интервалов.

Пример. Рассчитать критерий Пирсона для эмпирического вариационного ряда и проверить нулевую гипотезу.

Ход работы

Расчет целесообразно вести с использование табличного процессора Microsoft Excel. Для данного примера используем данные лабораторной работы №3.

1. Перенесите из лабораторной работы №3 в новый документ Microsoft Excel интервал группировки, частоту попадания в каждый интервал, среднее значение $\bar{x}$ и стандартное отклонение S (рис .2.4.1)

	A	B	C	D	E
1	Интервал		η	$\bar{x}$	S
2	45	54	1	81,115	11,29491
3	55	64	4		
4	65	74	21		
5	75	84	40		
6	85	94	23		
7	95	104	8		
8	105	115	3		

Рис. 2.4.1. Исходная таблица данных

Проведите расчет теоретических значений $n p_i$ попадающих в соответствующие интервалы (выражение 2.4.2). Значение функции Лапласа принимается по таблице для каждого в отдельности. Поэтому во избежание затруднений при вычислениях оставим три столбца.

2. В столбце F вычислите $\Phi_{max} = \Phi \left[\frac{x_k - \bar{x}}{S} \right]$, где x_k – последнее значение интервала.

F2 $f_x = (B2 - \$D\$2) / \$E\$2$						
	A	B	C	D	E	F
1	Интервал		η	$\bar{x}$	S	Φ_{max}
2	45	54	1	81,115	11,29491	-2,400641
3	55	64	4			-1,51528
4	65	74	21			-0,62993
5	75	84	40			0,255425
6	85	94	23			1,140779
7	95	104	8			2,026134
8	105	115	3			3,000024

Рис. 2.4.2. Промежуточные вычисления

3. Для полученных данных найдите по таблице значения функции Лапласа P_{max} (приложение Г)

	A	B	C	D	E	F	G
1	Интервал		η	$\bar{x}$	s	Φ_{max}	p_{max}
2	45	54	1	81,115	11,29491	-2,40064	-0,4918
3	55	64	4			-1,51528	-0,4345
4	65	74	21			-0,62993	-0,2357
5	75	84	40			0,255425	0,1026
6	85	94	23			1,140779	0,3729
7	95	104	8			2,026134	0,4803
8	105	115	3			3,000024	0,49865

Рис. 2.4.3. Значения функции Лапласа для Φ_{max}

4. В столбце H вычислите $\Phi_{min} = \Phi \left[\frac{x_{k-1} - \bar{x}}{s} \right]$,

где x_{k-1} – первое значение интервала. Для этих данных найдите значения функции Лапласа (приложение Г).

H2	fx		=(A2-\$D\$2)/\$E\$2						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Интервал		η	$\bar{x}$	s	Φ_{max}	p_{max}	Φ_{min}	p_{min}
2	45	54	1	81,115	11,29491	-2,40064	-0,4918	-3,19746	-0,49931
3	55	64	4			-1,51528	-0,4345	-2,3121	-0,4895
4	65	74	21			-0,62993	-0,2357	-1,42675	-0,4236
5	75	84	40			0,255425	0,1026	-0,54139	-0,2054
6	85	94	23			1,140779	0,3729	0,34396	0,1331
7	95	104	8			2,026134	0,4803	1,229315	0,3907
8	105	115	3			3,000024	0,49865	2,114669	0,4825

Рис. 2.4.4. Нахождение функции Лапласа для каждого значения интервала группировки

5. Столбец J заполните теоретическими значениями np_i попадающими в соответствующий интервал, где n_i – объем выборки (количество измерений). $N=100$

J2	fx =100*(G2:I2)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Интервал		η_i	$\bar{x}$	s	Φ_{max}	p_{max}	Φ_{min}	p_{min}	np_i
2	45	54	1	81,115	11,29491	-2,40064	-0,4918	-3,19746	-0,49931	0,751
3	55	64	4			-1,51528	-0,4345	-2,3121	-0,4895	5,5
4	65	74	21			-0,62993	-0,2357	-1,42675	-0,4236	18,79
5	75	84	40			0,255425	0,1026	-0,54139	-0,2054	30,8
6	85	94	23			1,140779	0,3729	0,34396	0,1331	23,98
7	95	104	8			2,026134	0,4803	1,229315	0,3907	8,96
8	105	115	3			3,000024	0,49865	2,114669	0,4825	1,615

Рис. 2.4.5. Нахождение теоретического значения np_i для каждого интервала

Для нахождения критерия Пирсона (выражение 2.4.3) необходимо соблюдение условия $np_i \geq 5$, что на самом деле не выполня-

ется в ячейках J2 и J8. Для этого допускается объединение интервалов, в данном случае двух первых и двух последних (рис. 2.4.6).

Интервал		n_i	$\bar{x}$	s	Φ_{max}	P_{max}	Φ_{min}	P_{min}	np_i
45	54	1	81,115	11,29491	-2,40064	-0,4918	-3,19746	-0,49931	0,751
55	64	4			-1,51528	-0,4345	-2,3121	-0,4895	5,5
65	74	21			-0,62993	-0,2357	-1,42675	-0,4236	18,79
75	84	40			0,255425	0,1026	-0,54139	-0,2054	30,8
85	94	23			1,140779	0,3729	0,34396	0,1331	23,98
95	104	8			2,026134	0,4803	1,229315	0,3907	8,96
105	115	3			3,000024	0,49865	2,114669	0,4825	1,615

Рис. 4.6.Объединяемые интервалы

Выражение $\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$ для первого интервала примет вид $\frac{((n_1 + n_2) - (np_1 + np_2))^2}{np_1 + np_2}$, где $n_1 = 1$, $n_2 = 4$, $np_1 = 0,75$, $np_2 = 5,5$ (см. рис. 2.4.6)

6. Выполните вычисления для каждого интервала и суммируйте все полученные значения.

K2	$\chi^2 = ((C2+C3)-(J2+J3))*2/(J2+J3)$										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Интервал		n_i	$\bar{x}$	s	Φ_{max}	p_{max}	Φ_{min}	p_{min}	np_i	$(\frac{n_i - np_i}{np_i})^2$
2	45	54	1	81,115	11,29491	-2,40064	-0,4918	-3,19746	-0,49931	0,751	
3	55	64	4			-1,51528	-0,4345	-2,3121	-0,4895	5,5	0,25036
4	65	74	21			-0,62993	-0,2357	-1,42675	-0,4236	18,79	0,259931
5	75	84	40			0,255425	0,1026	-0,54139	-0,2054	30,8	2,748052
6	85	94	23			1,140779	0,3729	0,34396	0,1331	23,98	0,04005
7	95	104	8			2,026134	0,4803	1,229315	0,3907	8,96	
8	105	115	3			3,000024	0,49865	2,114669	0,4825	1,615	0,01708
9										χ^2	3,315473

Рис. 2.4.7.Вычисление критерия Пирсона

При числе степеней свободы $m = k - 3$ где k - количество интервалов имеем $m = 7 - 3 = 4$. По таблице значение критерия Пирсона (приложение Д) $\chi_{0,95}^2 = 0,71$.

Таким образом, фактическое значение критерия Пирсона $\chi_{факт}^2 = 3,31$, теоретическое $\chi_{теор}^2 = 0,71$, условие $\chi_{факт}^2 > \chi_{теор}^2$ выполняется – нулевая гипотеза опровергается.

Контрольные вопросы и задания

1. Найдите значения функции Лапласа используя данные из лабораторной работы 3.
2. Вычислите фактическое значение критерия Пирсона и сравните его с табличным.
3. Оформите работу с использованием текстового процессора и дайте обоснование полученных данных в выводе.

Лабораторная работа 5

Криволинейная корреляция и регрессия

Если связь между изучаемыми явлениями существенно отклоняется от линейной, что легко установить по виду корреляционной решётки или по точечному графику, то коэффициент корреляции непригоден в качестве меры связи. Он может указать на отсутствие сопряжённости там, где налицо сильная криволинейная зависимость. Поэтому необходим такой показатель, который измерял бы степень криволинейной зависимости. Таким показателем является корреляционное отношение η (эта). Оно измеряет степень корреляции при любой её форме [4,7,14].

Корреляционное отношение изменяется в интервале $[0; +1]$ и интерпретируется как доля дисперсии зависимой переменной y , объясненная различиями в значениях независимой переменной x .

Корреляционное отношение при малом числе наблюдений вычисляют по формуле

$$\eta_{xy} = \sqrt{\frac{\sum(y-\bar{y})^2 - \sum(y-\bar{y}_x)^2}{\sum(y-\bar{y})^2}}, \quad (2.5.1)$$

где $\sum(y - \bar{y})^2$ - сумма квадратов отклонений индивидуальных значений y от общей средней арифметической $\bar{y}$;

$\sum(y - \bar{y}_x)^2$ - сумма квадратов отклонений вариант от частных средних $\bar{y}_x$, соответствующих определенным, фиксированным значениям независимой переменной x .

Для вычисления корреляционного отношения значения независимого признака x располагают по ранжиру в возрастающем порядке и разбивают весь ряд наблюдений на 4-7 групп с таким расчетом, чтобы в каждой группе по ряду x было не менее двух наблюдений. Затем определяют общую среднюю $\bar{y}$, групповые средние $\bar{y}_x$, соответствующие каждой фиксированной группе x , и суммы квадратов отклонений для общего $\sum(y - \bar{y})^2$ и группового $\sum(y - \bar{y}_x)^2$ варьирования признака y .

При функциональной зависимости y от x корреляционное отношение равно единице; если оно равно нулю, то показывает некоррелированность y от x ; при промежуточном характере корреляционной зависимости корреляционное отношение заключено в пределах

$$0 < \eta_{yx} < 1. \quad (2.5.2)$$

Чем ближе η_{yx} к единице, тем сильнее, ближе функциональная зависимость y от x , и, наоборот, чем ближе η_{yx} к нулю, тем слабее выражена эта зависимость.

Отношение сумм квадратов группового варьирования к общему, т.е. η_{yx}^2 имеет самостоятельное значение. Оно показывает ту долю варьирования признака y , которая обусловлена степенью колебания признака x . Эта величина, называемая индексом детерминации, определяет процент вариации y под влиянием x .

Ошибку и критерий существенности корреляционного отношения рассчитывают по формулам:

$$S_{\eta} = \sqrt{\frac{1 - \eta_{xy}^2}{n - 2}}; \quad (2.5.3)$$

$$t_{\eta} = \frac{\eta_{xy}}{S_{\eta}} \quad (2.5.4)$$

Теоретическое значение критерия t для 5%-ного или 1%-ного уровня значимости находят по таблице (приложение Е) для определенного числа степеней свободы. Число степеней свободы равно числу обрабатываемых результатов измерений, уменьшенному на число связывающих их линейных соотношений, т.е. оно зависит только от числа измерений, но и от вида эмпирического стандарта применяемого для оценки S_{η}

$$\nu_{\eta} = n - 2 \quad (2.5.5)$$

При обработке экспериментального материала методом дисперсионного анализа значение η_{yx}^2 определяется как отношение суммы квадратов отклонений для вариантов C_V к общей сумме квадратов C_Y

$$\eta_{yx}^2 = \frac{C_V}{C_Y}, \quad (2.5.6)$$

откуда

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{C_V}{C_Y}} \quad (2.5.7)$$

Криволинейные зависимости между двумя переменными могут быть выражены в виде кривых линий регрессии и соответствующих им математических уравнений.

Криволинейная регрессия – это такая зависимость, когда при одинаковых приращениях независимой переменной x зависимая переменная y имеет неодинаковые приращения. Эмпирические точки корреляционного поля при криволинейной корреляции располагаются около кривых различного типа – парабол, гипербол, логарифмических кривых и т.п.

Статистические характеристики выборочной совокупности являются приближёнными оценками неизвестных параметров генеральной совокупности. Оценка может быть представлена одним числом, точкой (точечная оценка) или некоторым интервалом (интервальная оценка), в котором с определённой вероятностью может находиться параметр.

Интервальной называют оценку, которая характеризуется двумя числами – концами интервала, покрывающего оцениваемый параметр. Доверительным называют такой интервал, который с заданной вероятностью покрывает оцениваемый параметр. Центр такого интервала – выборочная оценка точки, а пределы или доверительные границы, интервала определяются средней ошибкой оценки и уровнем вероятности [6].

В общем виде доверительный интервал для корреляционного отношения записывается

$$\eta - t_{0,5}S \leq \eta \leq \eta + t_{0,5}S \quad (2.5.8)$$

или в более компактной форме

$$\eta \pm t_{0,5}S \quad (2.5.9)$$

Пример. В таблице показана урожайность зелёных бобов гороха y в зависимости от нор высева x . Определить корреляционное отношение η_{yx} и построить линию регрессии при малой выборке $n=10$. Показать уравнение по значениям которой построена теоретическая линия регрессии.

Таблица 2.5.1

Влияние норм посева X на урожай зеленых бобов

№	x , ц/га	y , ц/га
1	0,8	44
2	1,0	56
3	1,2	62
4	1,4	74
5	1,6	88
6	1,8	94
7	2,0	91
8	2,2	79
9	2,4	69
10	2,6	53

Ход работы

Данные занесите в таблицу Microsoft Excel. Значения независимой переменной x располагают последовательно от меньшей величины к большей. А весь ряд значений разбивается на 4-7 групп, чтобы в каждой группе независимого признака x было не менее двух наблюдений. При этом интервалы групп могут быть различными по величине.

1. Разбейте таблицу на 5 групп в каждой по 2 наблюдения и подсчитайте среднее значение для каждой группы (рис. 2.5.1).

	A	B	C	D	E
1	№	x	y	групп ср $\bar{x}_y$	групп ср $\bar{y}_x$
2	1	0,8	44	0,9	50
3	2	1	56		
4	3	1,2	62	1,3	68
5	4	1,4	74		
6	5	1,6	88	1,7	91
7	6	1,8	94		
8	7	2	91	2,1	85
9	8	2,2	79		
10	9	2,4	69	2,5	61
11	10	2,6	53		
12	сумма	17	710		
13		1,7	71	$\bar{x} = 1,7$	$\bar{y} = 71$

Рис. 2.5.1. Формирование групп измерений и нахождение средних значений

2. Выполните расчёт вспомогательных величин для вычисления корреляционного отношения.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	№	x	y	групп ср $\bar{x}_y$	групп ср $\bar{y}_x$	$y - \bar{y}_x$	$(y - \bar{y}_x)^2$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
2	1	0,8	44	0,9	50	-6	36	-27	729
3	2	1	56			6	36	-15	225
4	3	1,2	62	1,3	68	-6	36	-9	81
5	4	1,4	74			6	36	3	9
6	5	1,6	88	1,7	91	-3	9	17	289
7	6	1,8	94			3	9	23	529
8	7	2	91	2,1	85	6	36	20	400
9	8	2,2	79			-6	36	8	64
10	9	2,4	69	2,5	61	8	64	-2	4
11	10	2,6	53			-8	64	-18	324
12	сумма	17	710			0	362	0,00	2654
13		1,7	71	$\bar{x} = 1,7$	$\bar{y} = 71$				

Рис. 2.5.2. Таблица для вычисления корреляционного отношения

3. Вычислите квадрат корреляционного отношения и корреляционное отношение с использованием формулы 2.5.1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	№	x	y	групп ср $\bar{x}_j$	групп ср $\bar{y}_x$	$y - \bar{y}_x$	$(y - \bar{y}_x)^2$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	η_{yx}^2
2	1	0,8	44			-6	36	-27	729	0,863602
3	2	1	56	0,9	50	6	36	-15	225	
4	3	1,2	62			-6	36	-9	81	η_{yx}
5	4	1,4	74	1,3	68	6	36	3	9	0,929302
6	5	1,6	88			-3	9	17	289	
7	6	1,8	94	1,7	91	3	9	23	529	
8	7	2	91			6	36	20	400	
9	8	2,2	79	2,1	85	-6	36	8	64	
10	9	2,4	69			8	64	-2	4	
11	10	2,6	53	2,5	61	-8	64	-18	324	
12	сумма	17	710			0	362	0,00	2654	
13		1,7	71	$\bar{x} = 1,7$	$\bar{y} = 71$					

Рис. 2.5.3. Нахождение корреляционного отношения

Значение $\eta_{xy}=0,93$ свидетельствует о сильной связи между нормами высева семян гороха и урожаем зелёных бобов

4. Ошибку корреляционного отношения и критерий существенности корреляционного отношения вычисляют по формулам 5.3, 5.4. При числе степеней свободы $v=n-2=10-2=8$ табличное значение критерия Стьюдента (приложение Е) составит $t_5=2,31$.

J7	f _α =КОРЕНЬ((1-J2)/(A11-2))									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	№	x	y	групп ср $\bar{x}_j$	групп ср $\bar{y}_x$	$y - \bar{y}_x$	$(y - \bar{y}_x)^2$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	η_{yx}^2
2	1	0,8	44			-6	36	-27	729	0,863602
3	2	1	56	0,9	50	6	36	-15	225	
4	3	1,2	62			-6	36	-9	81	η_{yx}
5	4	1,4	74	1,3	68	6	36	3	9	0,929302
6	5	1,6	88			-3	9	17	289	
7	6	1,8	94	1,7	91	3	9	23	529	0,130575
8	7	2	91			6	36	20	400	t_n
9	8	2,2	79	2,1	85	-6	36	8	64	7,117017
10	9	2,4	69			8	64	-2	4	
11	10	2,6	53	2,5	61	-8	64	-18	324	$t_{0,5}$
12	сумма	17	710			0	362	0,00	2654	
13		1,7	71	$\bar{x} = 1,7$	$\bar{y} = 71$					

Рис. 2.5.4. Определение ошибки корреляционного отношения и критерия существенности.

Так как $t_n = 7.12 > t_5 = 2.31$, то нулевая гипотеза отклоняется и считаем доказанным наличие криволинейной зависимости.

5. Вычислите доверительный интервал для корреляционного отношения

J13	f _x =J5+J11*J7									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	№	x	y	группн ср $\bar{x}_y$	группн ср $\bar{y}_x$	$y - \bar{y}_x$	$(y - \bar{y}_x)^2$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	η_{yx}^2
2	1	0,8	44			-6	36	-27	729	0,863602
3	2	1	56	0,9	50	6	36	-15	225	
4	3	1,2	62			-6	36	-9	81	η_{yx}
5	4	1,4	74	1,3	68	6	36	3	9	0,929302
6	5	1,6	88			-3	9	17	289	S
7	6	1,8	94	1,7	91	3	9	23	529	0,130575
8	7	2	91			6	36	20	400	tn
9	8	2,2	79	2,1	85	-6	36	8	64	7,117017
10	9	2,4	69			8	64	-2	4	$t_{0,5}$
11	10	2,6	53	2,5	61	-8	64	-18	324	2,31
12	сумма	17	710			0	362	0,00	2654	
13		1,7	71	$\bar{x} =$ 1,7	$\bar{y} =$ 71					1,230929
14										0,627675

Рис. 5.5 Вычисление доверительного интервала

Для корреляционного отношения $\eta=0,93$ доверительный интервал составил $0,63 \dots 1,23$

6. Постройте график используя исходные табличные значения X и Y.

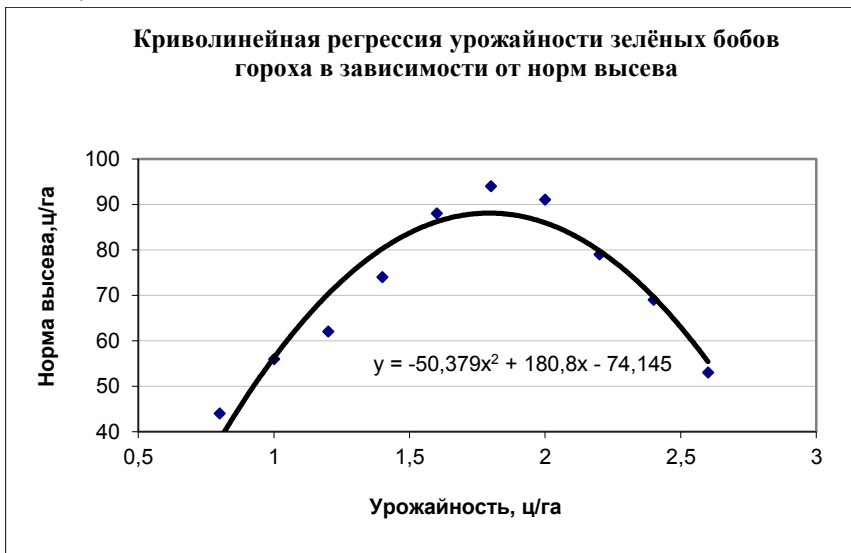


Рис. 2.5.6 График криволинейной регрессии

Графическое изображение имеет форму параболы и выражается квадратическим уравнением $y = 180,8x - 50,379x^2 - 74,145$.

6. Используя полученное уравнение рассчитайте какова будет урожайность зеленых бобов при норма высева 2 ц/га (1 ц/га, 1.5 ц/га).

Контрольные вопросы и задания

1. Определите корреляционное отношение используя данные из приложения Ж (по заданию преподавателя).
2. Докажите наличие криволинейной зависимости.
3. Вычислите доверительный интервал. Постройте график криволинейной зависимости.
4. Покажите уравнение, которым выражается криволинейная зависимость.
5. Оформите работу с использованием текстового процессора и дайте обоснование полученных данных в выводе.

Лабораторная работа 6

Дисперсионный анализ эксперимента

Дисперсионный анализ широко используется для планирования эксперимента и статистической обработки его данных. В настоящее время статистическое планирование опыта в соответствии с требованиями дисперсионного анализа и математическая интерпретация результатов – неперемные условия успешного получения ответов на вопросы экспериментатора.

При дисперсионном анализе одновременно обрабатывают данные нескольких выборок (вариантов), составляющих единый статистический комплекс, оформленный в виде специальной рабочей таблицы. Структура статистического комплекса и его определяют схемой и методикой эксперимента.

Сущностью дисперсионного анализа является расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на части – компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F критерию[6].

При обработке однофакторных статистических комплексов, связанных условием, такая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов S_y , разлагается на три части: варьирование повторений S_p , вариантов S_v и случайное S_z .

$$C_Y = C_P + C_V + C_Z. \quad (2.6.1)$$

Общее число степеней свободы $(n-1)$ также расчленяется на три части

$$n - 1 = (m - 1) + (l + 1) + (m - 1)(l - 1) \quad (2.6.2)$$

где m – количество организованных повторений;

l – количество вариантов.

В исходной таблице определяют суммы по повторениям P , вариантам V и общую сумму наблюдений Σx . Затем вычисляют:

Общее число наблюдений

$$N = l \cdot m; \quad (2.6.3)$$

Корректирующий фактор (поправку)

$$C = \frac{\Sigma x_i^2}{N}; \quad (2.6.4)$$

Общую сумму квадратов

$$C_Y = \Sigma x_i^2 - C; \quad (2.6.5)$$

Сумму квадратов для повторений

$$C_P = \frac{\Sigma P^2}{l} - C; \quad (2.6.6)$$

Сумму квадратов для вариантов

$$C_V = \frac{\Sigma P^2}{m} - C; \quad (2.6.7)$$

Сумму квадратов для ошибки (остаток)

$$C_Z = C_Y - C_P - C_V. \quad (2.6.8)$$

Приведение к сравниваемому виду – одной степени свободы вариации проводят путем вычисления средних квадратов (дисперсии):

Вариантов

$$S_V^2 = \frac{C_V}{l-1}; \quad (2.6.9)$$

Ошибки

$$S^2 = \frac{C_Z}{(m-1)(l-1)}. \quad (2.6.10)$$

Значения, полученные в выражениях 2.6.9 и 2.6.10 используют в дисперсионном анализе для оценки значимости действия изучаемых факторов по критерию Фишера

$$F = \frac{S_V^2}{S^2}. \quad (2.6.11)$$

Таким образом, за базу - единицу сравнения принимают средний квадрат случайной дисперсии, которая определяет случайную ошибку эксперимента. При этом происходит проверка нулевой гипотезы.

Если $F_{\text{факт}} = \frac{S_V^2}{S^2} < F_{\text{теор}}$, то нулевая гипотеза не отвергается; между всеми выборочными средними нет существенных различий, на этом проверка заканчивается. Нулевая гипотеза отвергается, когда $F_{\text{факт}} = \frac{S_V^2}{S^2} \geq F_{\text{теор}}$. В этом случае необходима оценка существенности частных различий по НСР.

Наименьшая существенная разность (НСР) – это величина, указывающая границу предельным отклонениям и определяемая отношением [6]

$$\text{НСР} = tS_d. \quad (2.6.12)$$

где t – коэффициент Стьюдента,

S_d – ошибка разности средних.

$$S_d = \sqrt{\frac{2s^2}{m}} \quad (2.6.13)$$

Ошибка опыта

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{m}} \quad (2.6.14)$$

Пример. Определена урожайность озимой пшеницы. Провести дисперсионный анализ, определить НСР_{0,5} и сгруппировать сорта по отношению к стандарту.

Таблица 2.6.1

Урожай озимой пшеницы, ц/га

Варианты (сорта)	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1 (стандарт)	47,8	46,9	45,4	44,1
2	53,7	50,3	50,6	48,0
3	46,7	42,0	43,4	40,7
4	48,0	47,0	45,9	45,7
5	41,8	40,0	43,0	41,6

Ход работы

Дисперсионный анализ целесообразно проводить с использованием табличного процессора Microsoft Excel.

1. Заполните ячейки таблицы значениями эксперимента

	A	B	C	D	E
1		Измеренные значения урожайности, X			
2	Сорта	X1	X2	X3	X4
3	1 (стандарт)	47,8	46,9	45,4	44,1
4	2	53,7	50,3	50,6	48
5	3	46,7	42	43,4	40,7
6	4	48	47	45,9	45,7
7	5	41,8	40	43	41,6

Рис. 2.6.1. Исходные данные результатов эксперимента

2. Вычислите суммарные значения для каждого сорта и измерения X_i , а затем среднее для каждого сорта (рис. 2.6.2).

	A	B	C	D	E	F	G
1		Измеренные значения урожайности, X					
2	Сорта	X1	X2	X3	X4	ΣV	$\bar{X}_i$
3	1 (стандарт)	47,8	46,9	45,4	44,1	184,2	46,05
4	2	53,7	50,3	50,6	48	202,6	50,65
5	3	46,7	42	43,4	40,7	172,8	43,2
6	4	48	47	45,9	45,7	186,6	46,65
7	5	41,8	40	43	41,6	166,4	41,6
8	ΣP	238	226,2	228,3	220,1	912,6	45,63

Рис. 2.6.2. Промежуточные вычисления суммы и средних значений

3. Для вычисления сумм квадратов исходные значения целесообразно преобразовать в соответствии с соотношением $X_1 = X - A$, приняв за условное среднее A число 45, близкое к $\bar{x}=45,63$ с использованием функции ОКРУГЛВНИЗ() (рис. 2.6.3).

B10		f_x	=ОКРУГЛВНИЗ(G8;0)
	A	B	C
10	Услов ср. A	45	

Рис. 2.6.3. Нахождение условного среднего

4. Выполните преобразование значений в соответствии с выражением $X_i = X - 45$ (рис. 2.6.4)

F18		fx =СУММ(F13:F17)					
	A	B	C	D	E	F	G
10	Услов ср. A	45					
11		$X_i = X - 45$					
12	Сорта	X1	X2	X3	X4	ΣV	
13	1	2,8	1,9	0,4	-0,9	4,2	
14	2	8,7	5,3	5,6	3	22,6	
15	3	1,7	-3	-1,6	-4,3	-7,2	
16	4	3	2	0,9	0,7	6,6	
17	5	-3,2	-5	-2	-3,4	-13,6	
18	ΣP	13	1,2	3,3	-4,9	12,6	ΣX_i

Рис. 2.6.4. Таблица преобразованных значений

5. Вычислите сумму квадратов отклонений. Общее число наблюдений по формуле (2.6.3), корректирующий фактор по формуле (2.6.4).

20	N=	20
21	C=	7,94

Рис. 2.6.5. Общее число наблюдений и корректирующий фактор

Общую сумму квадратов по формуле (2.6.5) для этого необходимо заполнить таблицу значениями квадратов преобразованных значений (рис. 2.6.6).

E29		fx =E28-B21			
	A	B	C	D	E
21	C=	7,94			
22	Сорта	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_4^2
23	1	7,84	3,61	0,16	0,81
24	2	75,69	28,09	31,36	9
25	3	2,89	9	2,56	18,49
26	4	9	4	0,81	0,49
27	5	10,24	25	4	11,56
28				$\sum x_i^2 =$	254,6
29				Cy =	246,66

Рис. 2.6.6. Нахождение общей суммы квадратов

Сумму квадратов для повторений с использованием выражения (2.6.6)

F19		f_x	=СУММ(B19:E19)			
	A	B	C	D	E	F
12	Сорта	X1	X2	X3	X4	ΣV
13	1	2,8	1,9	0,4	-0,9	4,2
14	2	8,7	5,3	5,6	3	22,6
15	3	1,7	-3	-1,6	-4,3	-7,2
16	4	3	2	0,9	0,7	6,6
17	5	-3,2	-5	-2	-3,4	-13,6
18	$\Sigma P =$	13	1,2	3,3	-4,9	12,6
19	$\Sigma P^2 =$	169	1,44	10,89	24,01	205,34

Рис. 2.6.7. Промежуточные вычисления для нахождения суммы квадратов повторений

$C_p =$	33,13
---------	-------

Сумму квадратов для вариантов с использованием выражения (2.6.7)

H18		f _x =СУММ(H13:H17)							
	A	B	C	D	E	F	G	H	
11	Сорта	$X_i = X - 45$					ΣV	ΣV^2	
12		X1	X2	X3	X4				
13		1	2,8	1,9	0,4	-0,9			4,2
14		2	8,7	5,3	5,6	3			22,6
15		3	1,7	-3	-1,6	-4,3			-7,2
16	4	3	2	0,9	0,7	6,6			
17	5	-3,2	-5	-2	-3,4	-13,6			
18	$\Sigma P =$	13	1,2	3,3	-4,9	12,6	ΣX_i	808,76	
19	$\Sigma P^2 =$	169	1,44	10,89	24,01	205,34			

Рис. 2.6.8. Промежуточные вычисления для нахождения суммы квадратов для вариантов

E31		f_x	=H18/4-B21
	C	D	E
29		Cy =	246,66
30		Cp=	33,13
31		Cv=	194,252

Рис. 2.6.9. Сумма квадратов для вариантов

Сумму квадратов для ошибки (остаток) по формуле 2.6.8

Cz=	19,28
-----	-------

6. Заполните таблицу дисперсионного анализа

D37		f_x	=B37/C37			
	A	B	C	D	E	F
34	Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05
35	общая	246,66	19			
36	повторений	33,13	3			
37	вариантов	194,25	4	48,56	30,23	5,90
38	остаток	19,28	12	1,61		

Рис. 2.6.10. Результаты дисперсионного анализа

Где остаток дисперсии – это разность степеней свободы дисперсии общей, повторений и вариантов.

Средний квадрат вариантов и отклонений (остаток) вычислите воспользовавшись формулами (2.6.9) и (2.6.10). Фактическое значение критерия Фишера (2.6.11) $F_{\phi}=30,23$.

7. Определите табличное значение коэффициента Фишера по примеру в лабораторной работе 2 (стр. 81-84.)

Так как $F_{\phi} > F_{0,5}$, то в опыте есть существенные различия между сортами (вариантами), нулевая гипотеза отвергается.

8. Для оценки существенности частных различий и группировки сортов вычислите ошибку опыта (2.6.14), ошибку разности (2.6.13), средних и $НСР_{0,5}$ (2.6.12). При этом коэффициент Стьюдента возьмите из приложения Е для 12 степеней свободы или с использованием функции =СТЮДЕНТ.ОБР.2Х(0,05;12)

C42		f_x	=СТЮДЕНТ.ОБР.2Х(0,05;12)				
	B	C	D	E	F	G	
39							
40	Sx	0,63					
41	Sd	0,90					
42	t _{0,05}	2,18					
43	HCP 0,05	1,95					

Рис. 2.6.11. Нахождение ошибки опыта, ошибки разности и средних HCP

9. Заполните таблицу результатов

C52		f_x	=C42*C41	
	A	B	C	D
45	Результаты опыта			
46	Варианты	Урожай	Отклонен	Группа
47	1 (станд)	46,05		ст
48	2	50,65	4,6	1
49	3	43,2	-2,85	3
50	4	46,65	0,6	2
51	5	41,6	-4,45	3
52	HCP		1,95	

Рис. 2.6.12. Результаты опыта и статистической обработки

В результате проведенного анализа видно, что сорт 2 существенно превышает стандарт, а сорта 3-ий и 5-ый существенно уступают ему по урожаю (относим их в 3-ю группу), а сорт 4 не существенно отличается от контрольного сорта (2-я группа).

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего проводят дисперсионный анализ?
2. Каково назначение коэффициента Фишера?
3. Какие показатели влияют на оценку существенных частных различий?
4. Оформите работу с использованием текстового процессора и дайте обоснование полученных данных в выводе.

Лабораторная работа 7

Обработка наблюдательных листов

Первым источником сведений для технического учета как при функциональных, так и при ресурсных эксплуатационных испытаниях тракторов и сельскохозяйственных машин являются технические наблюдения. Основные формы технических наблюдений в зависимости от назначения и характера могут быть: сплошной или выборочный хронометраж производственных процессов, бригадно-полевой и рядовой хозяйственный учёт и инженерные собственно-технические наблюдения. Виды учёта применяют в различных сочетаниях в зависимости от задач испытаний [5].

Полевой хронометраж и техническое наблюдение

Хронометраж – это наблюдение, при котором изучают циклически повторяющиеся элементы одной операции (поворот агрегата, заправка посевного агрегата семенами и пр.).

Фотохронометраж – это фотография рабочего времени дня, при которой отдельные операции расчленяются на более мелкие элементы и приёмы и изучаются методами хронометража.

При хронометраже производственных процессов сельскохозяйственного агрегата хронометражист неотлучно находится в кабине в течение смены и заносит в хронометражный (наблюдательный) лист все элементы времени в порядке и последовательности, а также необходимые сведения в соответствии с программой и формой наблюдения. Затраты времени фиксируются с точностью до 1 секунды.

Наблюдательный лист является основным первичным документом и к его ведению предъявляются особо жесткие требования. На первой странице заполняют все сведения о хронометрируемой сельскохозяйственной машине, её местонахождение, дату наблюдения и условия испытаний.

На следующих листах записывается время окончания каждой операции и её название, скорость движения машины, а также продолжительность и причины простоев. Операции записываются в хронологическом порядке, при этом против каждой операции ставится время её окончания.

Затраты времени на выполнение операции – это разность во времени между ней и предыдущей операцией.

Расход топлива определяют по уровню топлива в баке в каждом случае до и после заправки, а также в начале и в конце

работы. По окончании смены расход топлива подытоживают и записывают в лист.

Обработка наблюдательного листа состоит:

а) в проверке наблюдательного листа и подсчётов, сделанных хронометражистом, шифровке листа и подсчете суммарного времени одновременным элементом рабочего процесса;

б) подсчёт использования времени смены и результативных показателей.

Задание. Провести обработку наблюдательного листа по заданию преподавателя.

Ход работы

Обработку полученного наблюдательного листа целесообразно вести в программе Microsoft Excel.

1. На *Рабочем столе* откройте подготовленный для заполнения файл с названием **Наблюдательный лист** (рис. 2.7.1).

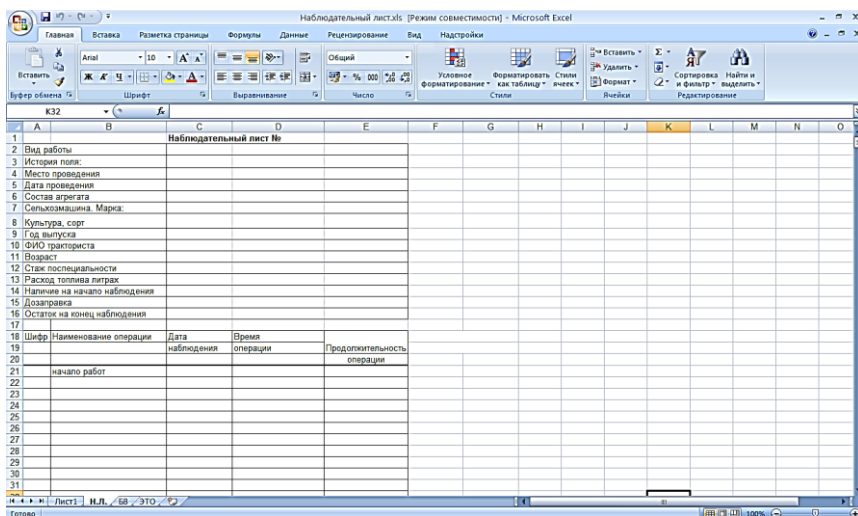


Рис. 2.7.1. Шаблон документа для заполнения Наблюдательного листа

2. Открывшийся пустой шаблон для заполнения сохраните в месте хранения ваших документов.

3. Заполните лист **Н.Л.** данными с полученного наблюдательного листа. Столбец **D** и **E** должны соответствовать типу данных **Время**. Для этого на выделенном столбце вызовите контекстное меню и выберите пункт **Формат ячеек**. В открывшемся диалоговом окне выберите пункт **время** (рис. 2.7.2).

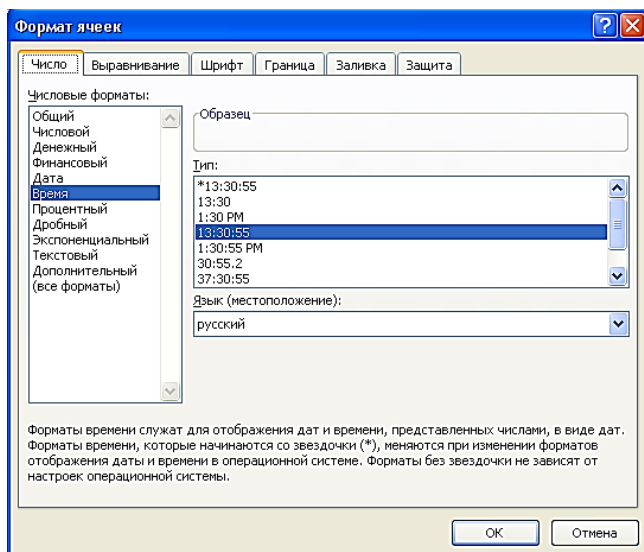


Рис. 2.7.2. Диалоговое окно для выбора формата ячеек

4. Заполните столбец Е «Продолжительность операции» вычислением разности во времени между текущей и предыдущей операцией.

E22		fx =D22-D21		
A	B	C	D	E
16	Остаток на конец наблюдения			
17				
18	Шифр	Наименование операции	Дата	Время
19		наблюдения	операции	Продолжительность
20				операции
21	начало работ	30.09.08	10:26:47	
22	ежедневное ТО		10:45:34	0:18:47
23	х.х. в загонку		10:46:25	0:00:51
24	р.х.		10:50:58	0:04:33
25	разворот		10:51:12	0:00:14
26	р.х.		10:54:25	0:03:13
27	разворот		10:55:19	0:00:54
28	р.х.		10:59:43	0:04:24
29	разворот		11:01:56	0:02:13
30	р.х.		11:04:43	0:02:47
31	разворот		11:05:13	0:00:30
32	р.х.		11:12:27	0:07:14
33	разворот		11:13:30	0:01:03
34	р.х.		11:14:23	0:00:53
35	разворот		11:14:40	0:00:17
36	х.х.к месту обеда		11:16:06	0:01:26
37	обед		11:30:13	0:14:07
38	х.х. в загонку		11:33:59	0:03:46
39	р.х.		11:37:29	0:03:30
40	перевоз в другую загонку		11:40:13	0:02:44
41	р.х.		11:43:46	0:03:33
42	остан. Очистка жатки		11:44:08	0:00:22
43	р.х.		11:57:37	0:13:29
44	разворот		11:58:05	0:00:28
45	р.х.		11:59:26	0:01:21

Рис. 2.7.3. Вычисление продолжительности операций

6. Вычислите общее время наблюдений (рис. 2.7.4).

D129	▼	fx =D128-D21			
	A	B	C	D	E
1			Наблюдательный лист № 10		
2	Вид работы		уборка сои		
3	История поля:		культивация		
4	Место проведения		агрофирма "Партизан" с.Раздольное		
5	Дата проведения		30.09.2008		
6	Состав агрегата		комбайн + жатка 9м		
7	Сельхозмашина. Марка:		Acros 530		
8	Культура, сорт		соя "Соната"		
9	Год выпуска		2 008		
10	ФИО тракториста		Калинин Александр Михайлович		
11	Возраст		30 лет		
12	Стаж специальности		10 лет		
13	Расход топлива литрах				
14	Наличие на начало наблюдения				
15	Дозаправка		165 литров		
16	Остаток на конец наблюдения				
17					
18	Шифр	Наименование операции	Дата	Время	Продолжительность
19			наблюдения	операции	
125		разворот		17:28:12	0:00:25
126		р.х.		17:36:58	0:08:46
127		разворот		17:37:16	0:00:18
128		р.х.		17:44:49	0:07:33
129		Время наблюдения		7:18:02	7:18:02

Рис. 2.7.4. Два варианта подсчёта времени наблюдения

7. С использованием таблицы 2.7.1 заполните столбец **Шифр** для каждой операции (рис. 2.7.5).

Таблица 2.7.1

Условные обозначения основных операций

1. Время основной работы – t1
2. Время на повороты – t21
3. Время на переезды - T22
4. Время на выгрузку бункера - t23
5. Время на другие вспомогательные операции - T24
6. Время на тех.обслуживание, подготовку к работе,наладку и регулировку - T3
7. Время устранения технологических причин - t41
8.Время на холостые переезды - T6
9.Время на отдых - T5
10. Время устранения технических отказов - t42
11.Время периодического технического обслуживания - T8
12. Простои по организационным причинам - T82
13. Простои по погодным условиям - T81

1		Наблюдательный лист №		
2	Вид работы	уборка, подбор с валка		
3	История поля:			
4	Место проведения	с. Раздольное		
5	Дата проведения	11.08.09		
6	Состав агрегата	к+жатка		
7	Сельхозмашина. Марка:	Агрос 530		
8	Культура, сорт	длина гона 1 км 800 м		
9	Год выпуска	2 008		
10	ФИО тракториста	Тютюник Евгений Степанович		
11	Возраст			
12	Стаж по специальности			
13	Расход топлива в литрах			
14	Наличие на начало наблюдения			
15	Дозаправка			
16	Остаток на конец наблюдения			
17				
18	Шифр	Наименование операции	Дата наблюдения	Время операции
19				Продолжительность операции
20				
21		начало работ		8:30:33
22	t3	то		10:40:21
23	t22	перевоз 22 км/ч 1,3 км		10:44:31
24	t21	поворот в загонку		10:44:36
25	t8	остановка		10:45:44
26	t1	рх 8км/ч 1.8		10:49:42
27	t8	остановка		10:51:40
28	t1	рх 7км/ч 3.2		11:03:12
29	t22	перевоз		11:03:42
30	t1	рх 8км/ч		11:06:30
31	t21	поворот		11:06:35

Рис. 2.7.5. Заполнение столбца Шифр условными обозначениями

Для подсчёта затрат времени смены на каждую операцию необходимо выполнить сортировку.

8. Скопируйте в буфер обмена содержимое листа **Н.Л.**

9. Перейдите на **Лист1**. При помощи специальной вставки (рис. 2.7.5) заполните лист значениями с листа **Н.Л.**

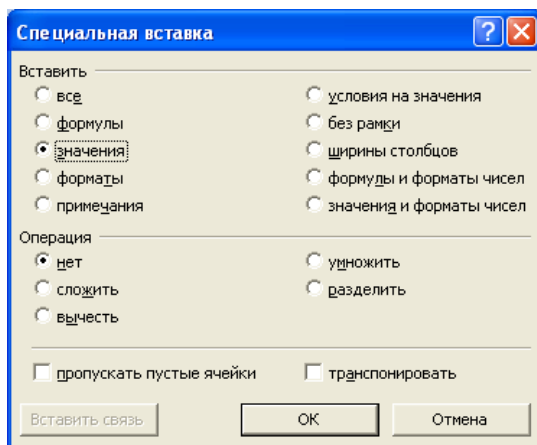


Рис. 2.7.5. Диалоговое окно. Специальная вставка

10. Выполните сортировку операций (рис. 2.7.6)

	A	B	C	D	E
56	t1	р. х.		15:28:30	0:10:12
57	t1	р. х.		15:45:35	0:09:47
58	t1	р. х.		15:47:25	0:01:30
59	t1	р. х.		16:21:38	0:11:20
60	t1	р. х.		16:30:49	0:08:52
61	t1	р. х.		16:40:04	0:08:46
62	t1	р. х.		16:51:21	0:11:02
63	t1	р. х.		16:55:32	0:04:00
64	t1	р. х.		17:03:57	0:08:00
65	t1	р. х.		17:17:08	0:07:05
66	t1	р. х.		17:25:30	0:07:03
67	t1	р. х.		17:27:47	0:01:46
68	t1	р. х.		17:36:58	0:08:46
69	t1	р. х.		17:44:49	0:07:33
70	t21	разворот		10:51:12	0:00:14
71	t21	разворот		10:55:19	0:00:54
72	t21	разворот		11:01:56	0:02:13
73	t21	разворот		11:05:13	0:00:30
74	t21	разворот		11:13:30	0:01:03
75	t21	разворот		11:14:40	0:00:17
76	t21	разворот		11:58:05	0:00:28
77	t21	разворот		12:00:45	0:01:19
78	t21	разворот		12:12:13	0:00:25
79	t21	разворот		12:19:53	0:00:16
80	t21	разворот		12:28:45	0:00:19
81	t21	разворот		12:34:25	0:00:22
82	t21	разворот		12:52:49	0:01:40
83	t21	разворот		13:08:29	0:00:45
84	t21	разворот		13:15:40	0:00:29
85	t21	разворот		13:31:42	0:01:45

Рис. 2.7.6.Фрагмент окна с выполненной сортировкой

11. Выполните вставку пустой строки после каждой группы отсортированных операций. Выполните суммирование продолжительности каждой группы операций (рис. 2.7.7).

E70		fx =СУММ(E22:E69)			
	A	B	C	D	E
56	t1	р. х.		15:28:30	0:10:12
57	t1	р. х.		15:45:35	0:09:47
58	t1	р. х.		15:47:25	0:01:30
59	t1	р. х.		16:21:38	0:11:20
60	t1	р. х.		16:30:49	0:08:52
61	t1	р. х.		16:40:04	0:08:46
62	t1	р. х.		16:51:21	0:11:02
63	t1	р. х.		16:55:32	0:04:00
64	t1	р. х.		17:03:57	0:08:00
65	t1	р. х.		17:17:08	0:07:05
66	t1	р. х.		17:25:30	0:07:03
67	t1	р. х.		17:27:47	0:01:46
68	t1	р. х.		17:36:58	0:08:46
69	t1	р. х.		17:44:49	0:07:33
70	Продолжительность рабочего хода за время наблюдений				5:00:12
71	t21	разворот		10:51:12	0:00:14
72	t21	разворот		10:55:19	0:00:54
73	t21	разворот		11:01:56	0:02:13
74	t21	разворот		11:05:13	0:00:30
75	t21	разворот		11:13:30	0:01:03
76	t21	разворот		11:14:40	0:00:17
77	t21	разворот		11:58:05	0:00:28
78	t21	разворот		12:00:45	0:01:19
79	t21	разворот		12:12:13	0:00:25
80	t21	разворот		12:19:53	0:00:16
81	t21	разворот		12:28:45	0:00:19
82	t21	разворот		12:34:25	0:00:22
83	t21	разворот		12:52:49	0:01:40

Рис. 2.7.7. Фрагмент окна с суммированием продолжительности каждой группы операций

12. Перейдите на лист **БВ** и заполнив продолжительность каждой из вида работ, определите процентное отношение от общего времени наблюдения (рис. 2.7.8)

16			
17		ч	%
18	1. Время основной работы – т1	5:00:12	68,5
19	2. Время на повороты – т21	0:24:51	5,7
20	3.Время на перевезды - Т22	0:15:00	3,4
21	4. Время на выгрузку бункера - т23	0:06:32	1,5
22	5.Время на другие вспомогательные операции - Т24		0,0
23	6.Время на тех.обслуживание, подгот.к работе,наладку и регулировку - Т3	0:05:13	1,2
24	7. Время устранения технологических причин - т41	0:24:41	5,6
25	8.Время на холостые перевезды - Т6	0:22:53	5,2
26	9.Время на отдых - Т5	0:14:07	3,2
27	Итого: сменное время (1+8) - Тсм		0,0
28	10. Время устранения технических отказов - т42	0:05:47	1,3
29	11.Время периодического технического обслуживания - Т8	0:18:47	4,3
30	Итого: Эксплуатационное время (1+11) - Тэк		0,0
31	12. Простой по организационным причинам - Т82		0,0
32	13. Простой по погодным условиям - Т81		0,0
33	Всего время наблюдения	7:18:02	100,0

Рис. 2.7.8. Расчет процентного отношения каждой операции ко времени наблюдений

Контрольные вопросы и задания

1. Определите количество операций, выполняемых механизатором на уборке.
2. Определите продолжительность наблюдений. Какими способами её можно рассчитать?
3. Рассчитайте продолжительность каждой операции составляющей технологический процесс уборки.
4. Определите процентное отношение от общего времени на каждую операцию во время выполнения технологического процесса.
5. Оформите работу с использованием текстового процессора и дайте обоснование полученных данных в выводе.

Лабораторная работа 8

Определение эксплуатационно-технологических показателей

Эксплуатационно-технологическую оценку проводят по ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки [5].

Показателями эксплуатационно-технологической оценки являются:

- производительность за 1 ч основного времени;
- производительность за 1 ч сменного и эксплуатационного времени;
- удельный расход топлива;
- коэффициенты, характеризующие затраты времени: рабочих ходов, технологического обслуживания, надежности технологического процесса, использования сменного и эксплуатационного времени [5].

Производительность за 1 ч основного времени W_0 , га/ч вычисляют по формуле

$$W_{01} = \frac{W_{\text{наб}}}{t_{\text{осн}}}, \quad (2.8.1)$$

где $W_{\text{наб}}$ - объем работы за период наблюдений, га;

$t_{\text{осн}}$ - время основной работы за период наблюдений, ч.

Если отображение времени в формате «чч:мм:сс» (часы:минуты:секунды), то его необходимо перевести в часы. Для этого округляем время до минут, а затем количество минут делим на 60.

Например: 2:34:28, где 2 – часы, 34-минуты, 28- секунды.

Время в часах определяем так $2 + \frac{34}{60} = 2 + 0,57 = 2,57$ ч.

Производительность за 1 ч сменного времени $W_{\text{см}}$ времени, га/ч вычисляют по формуле

$$W_{\text{см1}} = \frac{W_{\text{наб}}}{t_{\text{наб}}}, \quad (2.8.2)$$

где $t_{\text{наб}}$ – время наблюдений, ч.

Расход топлива, л/га

$$R = \frac{V_{\text{топ}}}{W_{\text{наб}}}, \quad (2.8.4)$$

где $V_{\text{топ}}$ – количество топлива, израсходованное за время наблюдений, л;

$W_{\text{наб}}$ – производительность, за период наблюдений, га.

Для нахождения скорости движения комбайна в середине гона выбирают участок равный 100 м и при помощи секундомера измеряют время t_{100} , за которое комбайн проходит этот участок.

Рабочую скорость при выполнении основной работы V_p , км/ч, вычисляют по формуле

$$V = \frac{360}{t_{100}}, \quad (2.8.5)$$

где t_{100} - время, за которое комбайн проходит 100 м, с

Расстояние пройденное комбайном за основное время P_{px} , км, (рабочий ход) вычисляют по формуле

$$P_{px} = V \cdot t_{осн}, \quad (2.8.6)$$

где V – скорость движения комбайна, км/ч;

$t_{осн}$ – время основной работы, ч.

Производительность за период наблюдений $W_{наб}$, га, вычисляют по формуле

$$W_{наб} = 0,1 \cdot P_{px} \cdot b_k \cdot \beta, \quad (8.7)$$

где P_{px} – рабочий ход, км;

b_k – ширина захвата жатки, м;

β – коэффициент использования ширины захвата жатки (0,85).

Дневную производительность W , га, вычисляют по формуле

$$W = \frac{W_{наб} \cdot t_{см} \cdot 100}{t_{наб} \cdot T}, \quad (2.8.8)$$

где $W_{наб}$ – производительность комбайна за период наблюдений, га;

$t_{см}$ – время смены, за исключением ежесменного ТО, ч;

T – процентная величина потраченная на выполнение основной работы за время наблюдений, %.

С учетом всех найденных величин можно определить количество комбайнов определенной марки, необходимых на уборке культуры в определённом хозяйстве

$$N = \frac{F}{W \cdot D}, \quad (2.8.9)$$

где F – площадь культуры (поля), га (принимают произвольно от 1000 до 10000 га);

W – дневная производительность комбайна, га;

D – рациональное количество календарных дней на уборке, дн (на уборке сои 10 дней, при использовании сортов с разным периодом вегетации количество дней можно увеличить).

Задание. Выполнить эксплуатационно-технологическую оценку и определить необходимое количество зерноуборочных комбайнов для уборки культуры в оптимальные агросроки.

Ход работы

Для выполнения эксплуатационно-технологической оценки используем данные, полученные в работе №7 на листе **БВ**(рис. 7.8)и первичный материал (сам наблюдательный лист).

Используя выражения 2.8.1-2.8.9 найдите количество комбайнов, необходимое для своевременной уборки урожая.

	А	В
1		
2	Рабочая скорость, км/ч	7,3
3	Рабочий ход, км	37,5
4	Производительность $W_{\text{наб}}$, га	23,91
5	Производительность за 1 ч основного времени, га/ч	4,78
6	Производительность за 1 ч сменного времени, га/ч	4,30
7	Расход топлива, л/га	5,70
8	Дневная производительность, га	43,34
9	Количество комбайнов, шт	6

Рис. 2.8.1 Расчёт эксплуатационно-технологических показателей

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте оценку работе данного комбайна на уборке культуры в условиях Амурской области.
2. В чем недостатки данного метода?
3. Сравните данные полученные вами с теми, что получили сокурсники.
4. Оформите работу с использованием текстового процессора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, Г.И. Основы научной работы и оформление результатов научной деятельности [Текст]: учеб.пособие / Г. И. Андреев, С.А. Смирнов, В.А. Тихомиров. – М.: Финансы и статистика, 2003.-272 с.
2. Афанасьева Н.Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента: учебное пособие/Н.Ю. Афанасьева. – М.: КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Болдин, А.П. Основы научных исследований и УНИРС [Текст]/ А.П. Болдин, В.А. Максимов. – М.:МАДИ, 2002.–276 с.
4. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений
5. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985.-351 с.
7. Доспехов, Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка данных [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1972.-208 с.
8. Завалишин, Ф.С. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства [Текст] / Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев. – М.:Колос, 1982.-231 с.
9. Испытания сельскохозяйственной техники [Текст] / С.В. Кардашевский[и др]. – М.: Машиностроение, 1979.-288 с.
- 10.Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии [Текст]/ Б. Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев. – М.:КолосС, 2009.-398 с.
- 11.Короткевич, А.В. Основы испытаний сельскохозяйственной техники [Текст]/ А.В. Короткевич. – Минск: БАТУ, 1997.-444 с.
- 12.Лонцева, И.А. Методика исследовательской работы и основы патентования: учебное пособие для выполнения практических работ [Текст]/ И.А. Лонцева, В.И. Лазарев – Благовещенск: Даль-ГАУ, 2010. – 94 с.
- 13.Методология научного исследования: Учеб.пособие[Текст]/А.Я. Баскаков, Н.В. Туленков. — 2-е изд., испр. — К.: МАУП, 2004. — 216 с.: ил. — Библиогр.: с. 208-212.

14. Основы научных исследований [Текст]/ В.С. Кравченко [и др.] – Краснодар: КубГАУ, 2005.-136 с.

15. Основы научных исследований (сборник заданий)[Текст]: метод. указания / В.С. Кравченко [и др.] - Краснодар: КубГАУ, 2005.-136 с.

16. Основы научных исследований [Текст]/ В.И. Крутов[и др.] – М.: Высшая школа, 1989.-400 с.

17. Ревко-Линардато П.С. Методы научных исследований: учебное пособие [Текст]. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮРФУ, 2012. – 55 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А Исходные данные к работе 1

Таблица А.1

Интенсивность разложения клетчатки в почве (X) и урожайность озимой ржи (Y)

Значения признака	
X, %	Y, т/га
10	2,03
9	2,03
16	2,28
11	2,38
11	2,45
15	2,50
19	2,60
23	2,70
25	2,70
25	2,75

Таблица А.2

Масса (X) и диаметр (Y) стебля льна-долгунца

Значения признаков	
X, г	Y, мм
0,16	0,8
0,20	0,9
0,24	1,0
0,25	1,0
0,29	1,0
0,32	1,1
0,32	1,2
0,33	1,2
0,35	1,3
0,45	1,5

Таблица А.3

Содержание гумуса (X) и подвижного фосфора почвы (Y)

Значения признаков	
X, %	Y, мг на 100 гр
0,85	3
0,98	8
1,11	13
1,24	18
1,34	23
1,50	28
1,64	33

Таблица А.4

Содержание гумуса (X) и подвижного фосфора почвы (Y)

Значения признаков	
X, %	Y, мг на 100 гр
0,8	10,0
0,9	10,2
1,0	12,5
1,1	15,2
1,2	16,5
1,3	18,0
1,4	20,5
1,5	22,8
1,6	25,0
1,7	26,0

Таблица А.5

Количество внесённых органических удобрений (X) и урожайность картофеля (Y)

Значения признаков	
X, т на 1га	Y, т/га
26	16,4
48	19,2
24	10,8
16	12,6
32	17,0
29	13,3
41	14,9
53	16,1
20	15,5
11	14,2

Таблица А.6

Урожайность клевера (X) и кислотность почвы (Y)

Значения признаков	
X, т/га	Y, мг на 100г
0,38	26
0,38	27
0,41	28
0,42	28
0,43	29
0,45	29
0,46	30
0,50	30
0,54	31
0,55	32

Таблица А.7

Урожайность клевера (X) и кислотность почвы (Y)

Значения признаков	
X, т/га	Y, мг на 100г
0,38	29
0,38	29
0,44	30
0,44	31
0,44	32
0,50	32
0,50	33
0,50	34
0,55	35
0,55	36

Таблица А.8

Длина колоса (X) и число зёрен (Y) в колосе ячменя

Значения признаков	
X, см	Y, шт
16	7
18	8
20	9
22	10
24	10
24	10
26	11
28	11
30	12
32	12

Таблица А.9

Относительная влажность (X) и липкость (Y) чернозёма

Значения признаков	
X, %	Y, г/см ²
19,9	0,0
20,9	0,6
26,1	1,1
29,4	1,4
30,5	1,7
40,3	1,7
44,8	2,6
47,8	3,4
55,6	4,2
58,3	5,8

Таблица А.10

Относительная влажность (X) и липкость (Y) чернозёма

Значения признаков	
X, %	Y, г/см ²
25,1	1,1
28,4	1,2
30,3	1,7
35,3	1,7
40,3	1,8
44,8	2,0
47,8	2,6
48,0	3,4
50,6	4,2
56,7	5,8

Таблица А.11

Затупление лемеха (X) и колебания вспашки по глубине (Y)

Значения признаков	
X, %	Y, см
0	1,00
1	1,52
2	1,60
3	1,95
4	2,01
5	2,12
6	2,21
7	2,50
8	2,75
9	2,90

Таблица А.12

Утечка газов в картере тракторного двигателя (Y) в зависимости от суммарной относительной неплотности его цилиндров (X)

Значения признаков	
X, мм ²	Y, мл/мин
5	25
10	50
15	75
20	100
25	125
30	140

Таблица А.13

Затупление лемеха (X) и колебания вспашки по глубине (Y)

Значения признаков	
X, %	Y, см
0	1,00
1	1,60
2	1,80
3	1,85
4	2,00
5	2,15
6	2,21
7	2,50
8	2,70
9	2,85

Таблица А.14

Утечка газов в картере тракторного двигателя (Y) в зависимости от суммарной относительной неплотности его цилиндров (X)

Значения признаков	
X, мм ²	Y, мл/мин
5	30
10	55
15	75
20	120
25	125
30	150

Таблица А.15

Дымность(Y) в выпускной трубе тракторного двигателя в зависимости от суммарной относительной неплотности его цилиндров (X)

Значения признаков	
X, мм2	Y, %
5	15
10	20
15	25
20	30
25	35
30	40

Таблица А.16

Количество листьев (X) и длина вегетационного периода (Y) кукурузы

Значения признаков	
X, шт	Y, дн
11	112
11	118
12	122
13	122
13	124
13	125
14	126
14	131
14	128
15	132

Таблица А.17

Дымность(Y) в выпускной трубе тракторного двигателя в зависимости от суммарной относительной неплотности его цилиндров (X)

Значения признаков	
X, мм ²	Y, %
5	10
10	15
15	20
20	25
25	30
30	35

Таблица А.18

Количество листьев (X) и длина вегетационного периода (Y) кукурузы

Значения признаков	
X, шт	Y, дн
10	110
11	112
11	118
12	120
12	122
13	124
14	126
15	131
16	135
16	137

Таблица А.19

Содержание сухой клейковины (X) и объемный выход хлеба (Y)

Значения признаков	
X, %	Y, см ³
8,3	467
10,4	487
10,9	478
11,5	452
12,0	488
12,8	507
13,2	515
14,2	508
15,2	510

Таблица А.20

Содержание сухой клейковины (X) и объемный выход хлеба (Y)

Значения признаков	
X, %	Y, см ³
8,5	470
8,6	487
10,2	489
10,9	490
11,5	488
12,0	491
12,5	510
13,2	520
14,5	521

Приложение Б

Исходные данные к работе 2

Таблица Б.1

Получено теоретическое выражение $y=50x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из трех серий (повторностей, $m=3$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опы- та	X_i	Измеренные значения Y_i в серии		
		Y_1	Y_2	Y_3
1	0.2	9	10	12
2	0.3	16	14	16
3	0.4	21	20	22
4	0.5	26	25	25
5	0.6	29	30	33

Таблица Б.2

Получено теоретическое выражение $y=50x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из трех серий (повторностей, $m=3$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опы- та	X_i	Измеренные значения Y_i в серии		
		Y_1	Y_2	Y_3
1	0.5	25	25	26
2	0.6	28	31	32
3	0.7	36	35	36
4	0.8	38	42	42
5	0.9	46	45	47

Таблица Б.3

Получено теоретическое выражение $y=50x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из трех серий (повторностей, $m=3$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опы- та	X_i	Измеренные значения Y_i в серии		
		Y_1	Y_2	Y_3
1	2	101	102	99
2	3	148	152	151
3	4	197	203	203
4	5	253	254	248
5	6	295	302	302

Таблица Б.4

Получено теоретическое выражение $y=50x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из трех серий (повторностей, $m=3$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опыта	X_i	Измеренные значения Y_i в серии		
		Y_1	Y_2	Y_3
1	0.7	35	35	36
2	0.8	42	41	39
3	0.9	47	45	46
4	1.0	49	50	52
5	1.1	58	55	56

Таблица Б.5

Получено теоретическое выражение $y=60x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из пяти серий (повторностей $m=5$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опыта	X_i	Измеренные значения Y_i в серии				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	0.2	10	11	12	14	13
2	0.3	18	20	18	16	17
3	0.4	23	22	24	25	27
4	0.5	28	29	30	31	32
5	0.6	34	35	36	38	37

Таблица Б.6

Получено теоретическое выражение $y=30x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из пяти серий (повторностей, $m=5$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опыта	X_i	Измеренные значения Y_i в серии				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	0.4	10	12	12	14	15
2	0.5	14	13	15	17	18
3	0.6	16	19	18	21	22
4	0.7	17	18	21	24	25
5	0.8	24	20	24	26	23

Таблица Б.7

Получено теоретическое выражение $y=40x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из пяти серий (повторностей, $m=5$) выполнено по пять измерений ($n=5$).

№ опыта	X_i	Измеренные значения Y_i в серии				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	0.3	12	11	12	10	13
2	0.4	16	18	16	17	15
3	0.5	18	14	20	21	22
4	0.6	23	27	24	26	25
5	0.7	27	28	28	29	30

Таблица Б.8

Получено теоретическое выражение $y=70x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из пяти серий (повторностей, $m=5$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опыта	X_i	Измеренные значения Y_i в серии				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	0.1	6	7	8	7	10
2	0.2	13	14	15	17	16
3	0.3	24	21	22	23	19
4	0.4	25	28	27	26	29
5	0.5	30	35	36	37	40

Таблица Б.9

Получено теоретическое выражение $y=20x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из пяти серий (повторностей, $m=5$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опыта	X_i	Измеренные значения Y_i в серии				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	0.5	8	14	10	9	12
2	0.6	10	11	12	14	13
3	0.7	13	13	14	15	16
4	0.8	14	15	16	18	19
5	0.9	16	15	18	21	20

Таблица Б.10

Получено теоретическое выражение $y=80x$ для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из пяти серий (повторностей, $m=5$) выполнено по пять измерений ($n=5$)

№ опыта	X_i	Измеренные значения Y_i в серии				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	0.5	38	39	49	43	45
2	0.6	45	47	48	50	49
3	0.7	53	54	56	58	60
4	0.8	61	62	64	65	67
5	0.9	70	71	72	73	74

Приложение В

Исходные данные к работе 3

Таблица В.1

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои (мм)

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	67	21	55	41	74	61	79	81	59
2	80	22	54	42	77	62	72	82	81
3	80	23	60	43	100	63	88	83	93
4	68	24	63	44	103	64	89	84	90
5	69	25	78	45	69	65	94	85	79
6	74	26	87	46	72	66	82	86	83
7	72	27	94	47	74	67	80	87	91
8	69	28	91	48	66	68	81	88	87
9	80	29	88	49	67	69	77	89	89
10	79	30	90	50	72	70	80	90	94
11	90	31	79	51	72	71	79	91	92
12	109	32	84	52	68	72	78	92	91
13	99	33	84	53	80	73	83	93	76
14	100	34	108	54	81	74	92	94	79
15	115	35	83	55	84	75	93	95	73
16	68	36	84	56	77	76	81	96	84
17	70	37	99	57	79	77	82	97	79
18	72	38	98	58	81	78	86	98	84
19	73	39	102	59	84	79	89	99	79
20	70	40	101	60	76	80	93	100	84

Таблица В.2

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои (мм)

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	66	21	51	41	38	61	103	81	79
2	92	22	109	42	47	62	36	82	81
3	106	23	60	43	100	63	88	83	93
4	68	24	63	44	103	64	89	84	90
5	79	25	78	45	69	65	94	85	79
6	74	26	87	46	82	66	82	86	83
7	72	27	94	47	74	67	80	87	91
8	69	28	91	48	66	68	81	88	87
9	70	29	78	49	67	69	77	89	89
10	79	30	90	50	72	70	80	90	94
11	90	31	79	51	72	71	79	91	92
12	109	32	84	52	68	72	78	92	91
13	99	33	84	53	80	73	83	93	76
14	100	34	108	54	81	74	92	94	79
15	115	35	83	55	84	75	93	95	73
16	68	36	84	56	77	76	81	96	84
17	70	37	99	57	79	77	82	97	79
18	72	38	98	58	81	78	86	98	84
19	73	39	102	59	84	79	89	99	79
20	70	40	101	60	76	80	93	100	84

Таблица В.3

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои (мм)

№ опы- та	Значе- ние	№ опы- та	Значе- ние	№ опыта	Значе- ние	№ опыта	Значе- ние	№ опыта	Значе- ние
1	120	21	116	41	52	61	55	81	68
2	54	22	81	42	106	62	66	82	93
3	60	23	93	43	88	63	100	83	80
4	63	24	90	44	89	64	103	84	68
5	78	25	79	45	94	65	69	85	69
6	87	26	83	46	82	66	72	86	74
7	94	27	91	47	80	67	74	87	72
8	91	28	87	48	81	68	66	88	69
9	88	29	89	49	77	69	67	89	80
10	90	30	94	50	80	70	72	90	79
11	79	31	92	51	79	71	72	91	90
12	84	32	91	52	78	72	68	92	109
13	84	33	76	53	83	73	80	93	99
14	108	34	79	54	92	74	81	94	100
15	83	35	73	55	93	75	84	95	115
16	84	36	84	56	81	76	77	96	68
17	99	37	79	57	82	77	79	97	70
18	98	38	84	58	86	78	81	98	72
19	102	39	79	59	89	79	84	99	73
20	101	40	84	60	93	80	76	100	70

Таблица В.4

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	77	21	70	41	76	61	45	81	76
2	76	22	67	42	82	62	59	82	82
3	88	23	100	43	80	63	60	83	80
4	89	24	103	44	68	64	63	84	68
5	94	25	69	45	69	65	78	85	69
6	82	26	72	46	74	66	87	86	74
7	80	27	74	47	72	67	94	87	72
8	81	28	66	48	69	68	91	88	69
9	77	29	67	49	80	69	88	89	80
10	80	30	72	50	79	70	90	90	79
11	79	31	72	51	90	71	79	91	90
12	78	32	68	52	109	72	84	92	109
13	83	33	80	53	99	73	84	93	99
14	92	34	81	54	100	74	108	94	100
15	93	35	84	55	115	75	83	95	115
16	81	36	77	56	68	76	84	96	68
17	82	37	79	57	70	77	99	97	70
18	86	38	81	58	72	78	98	98	72
19	89	39	84	59	73	79	102	99	73
20	93	40	76	60	70	80	101	100	70

Таблица В.5

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	45	21	76	41	70	61	45	81	76
2	59	22	82	42	67	62	59	82	82
3	60	23	80	43	100	63	60	83	80
4	63	24	68	44	103	64	63	84	68
5	78	25	69	45	69	65	78	85	69
6	87	26	74	46	72	66	87	86	74
7	94	27	72	47	74	67	94	87	72
8	91	28	69	48	66	68	91	88	69
9	88	29	80	49	67	69	88	89	80
10	90	30	79	50	72	70	90	90	79
11	79	31	90	51	72	71	79	91	90
12	84	32	109	52	68	72	84	92	109
13	84	33	99	53	80	73	84	93	99
14	108	34	100	54	81	74	108	94	100
15	83	35	115	55	84	75	83	95	115
16	84	36	68	56	77	76	84	96	68
17	99	37	70	57	79	77	99	97	70
18	98	38	72	58	81	78	98	98	72
19	102	39	73	59	84	79	102	99	73
20	101	40	70	60	76	80	101	100	70

Таблица В.6

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	107	21	44	41	74	61	99	81	51
2	80	22	54	42	77	62	72	82	81
3	100	23	60	43	120	63	88	83	93
4	68	24	63	44	103	64	89	84	90
5	69	25	78	45	69	65	94	85	79
6	74	26	87	46	72	66	82	86	83
7	72	27	94	47	74	67	80	87	91
8	69	28	91	48	66	68	81	88	87
9	122	29	88	49	67	69	77	89	89
10	79	30	90	50	72	70	80	90	94
11	90	31	79	51	72	71	79	91	92
12	109	32	84	52	68	72	78	92	91
13	99	33	84	53	80	73	83	93	76
14	100	34	108	54	81	74	92	94	79
15	115	35	83	55	84	75	93	95	73
16	68	36	84	56	77	76	81	96	84
17	70	37	99	57	79	77	82	97	79
18	72	38	98	58	81	78	89	98	84
19	73	39	102	59	84	79	86	99	79
20	70	40	101	60	76	80	93	100	84

Таблица В.7

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	70	21	76	41	89	61	45	81	77
2	67	22	82	42	85	62	59	82	76
3	100	23	80	43	93	63	60	83	88
4	103	24	68	44	90	64	63	84	89
5	69	25	69	45	79	65	78	85	94
6	72	26	74	46	83	66	87	86	82
7	74	27	72	47	91	67	94	87	80
8	66	28	76	48	87	68	91	88	81
9	67	29	80	49	89	69	88	89	77
10	72	30	69	50	94	70	90	90	80
11	72	31	90	51	92	71	79	91	79
12	68	32	109	52	91	72	84	92	78
13	80	33	99	53	76	73	84	93	83
14	81	34	100	54	79	74	108	94	92
15	84	35	115	55	73	75	83	95	93
16	77	36	68	56	84	76	84	96	81
17	79	37	70	57	79	77	99	97	82
18	81	38	72	58	84	78	98	98	86
19	84	39	73	59	79	79	102	99	89
20	76	40	70	60	84	80	101	100	93

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	70	21	76	41	89	61	45	81	77
2	67	22	82	42	85	62	59	82	76
3	100	23	80	43	93	63	60	83	88
4	103	24	68	44	90	64	63	84	89
5	69	25	69	45	79	65	78	85	94
6	72	26	74	46	83	66	87	86	82
7	74	27	72	47	91	67	94	87	80
8	66	28	69	48	87	68	91	88	81
9	67	29	80	49	89	69	88	89	77
10	72	30	79	50	94	70	90	90	80
11	72	31	90	51	92	71	79	91	79
12	68	32	109	52	91	72	84	92	78
13	80	33	99	53	76	73	84	93	83
14	81	34	100	54	79	74	108	94	92
15	84	35	115	55	73	75	83	95	93
16	77	36	68	56	84	76	84	96	81
17	79	37	70	57	79	77	99	97	82
18	81	38	72	58	84	78	98	98	86
19	84	39	73	59	79	79	102	99	89
20	76	40	70	60	84	80	101	100	93

Таблица В.9

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	86	21	60	41	103	61	75	81	47
2	85	22	67	42	76	62	80	82	54
3	93	23	63	43	88	63	117	83	60
4	90	24	103	44	89	64	68	84	63
5	79	25	69	45	94	65	69	85	78
6	83	26	72	46	82	66	74	86	87
7	91	27	74	47	80	67	72	87	94
8	87	28	66	48	81	68	69	88	91
9	89	29	67	49	77	69	80	89	88
10	94	30	72	50	80	70	79	90	90
11	92	31	72	51	79	71	90	91	79
12	91	32	68	52	78	72	109	92	94
13	76	33	80	53	83	73	99	93	84
14	79	34	81	54	92	74	100	94	108
15	73	35	84	55	93	75	115	95	83
16	84	36	77	56	81	76	68	96	84
17	79	37	79	57	82	77	70	97	99
18	84	38	81	58	86	78	72	98	98
19	79	39	84	59	89	79	73	99	102
20	84	40	76	60	93	80	70	100	101

Высота прикрепления нижних бобов у растений сои

№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение	№ опыта	Значение
1	76	21	45	41	69	61	77	81	79
2	82	22	59	42	67	62	76	82	85
3	80	23	60	43	90	63	88	83	93
4	68	24	63	44	103	64	89	84	90
5	69	25	78	45	79	65	94	85	79
6	74	26	87	46	72	66	82	86	83
7	72	27	94	47	74	67	80	87	91
8	69	28	91	48	66	68	81	88	87
9	80	29	88	49	67	69	77	89	89
10	79	30	90	50	72	70	80	90	94
11	90	31	79	51	72	71	79	91	92
12	109	32	84	52	68	72	78	92	91
13	99	33	84	53	80	73	83	93	76
14	100	34	108	54	81	74	92	94	79
15	115	35	83	55	84	75	93	95	78
16	68	36	84	56	77	76	81	96	84
17	70	37	99	57	79	77	82	97	79
18	72	38	98	58	81	78	86	98	84
19	73	39	102	59	84	79	89	99	79
20	70	40	101	60	76	80	93	100	84

Приложение Г

Значения интегральной функции Лапласа $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx$

х	Φ(х)	х	Φ(х)	х	Φ(х)	х	Φ(х)
0,00	0,0000	0,43	0,1664	0,86	0,3051	1,29	0,4015
0,01	0,0040	0,44	0,1700	0,87	0,3078	1,30	0,4032
0,02	0,0080	0,45	0,1736	0,88	0,3106	1,31	0,4049
0,03	0,0120	0,46	0,1772	0,89	0,3133	1,32	0,4066
0,04	0,0160	0,47	0,1808	0,90	0,3159	1,33	0,4082
0,05	0,0199	0,48	0,1844	0,91	0,3186	1,34	0,4099
0,06	0,0239	0,49	0,1879	0,92	0,3212	1,35	0,4115
0,07	0,0279	0,50	0,1915	0,93	0,3238	1,36	0,4131
0,08	0,0319	0,51	0,1950	0,94	0,3264	1,37	0,4147
0,09	0,0339	0,52	0,1985	0,95	0,3289	1,38	0,4162
0,10	0,0398	0,53	0,2019	0,96	0,3315	1,39	0,4177
0,11	0,0438	0,54	0,2054	0,97	0,3340	1,40	0,4192
0,12	0,0478	0,55	0,2088	0,98	0,3365	1,41	0,4207
0,13	0,0317	0,56	0,2123	0,99	0,3389	1,42	0,4222
0,14	0,0557	0,57	0,2157	1,00	0,3413	1,43	0,4236
0,15	0,0596	0,58	0,2190	1,01	0,3438	1,44	0,4251
0,16	0,0636	0,59	0,2224	1,02	0,3461	1,45	0,4265
0,17	0,0675	0,60	0,2257	1,03	0,3485	1,46	0,4279
0,18	0,0714	0,61	0,2291	1,04	0,3508	1,47	0,4292
0,19	0,0753	0,62	0,2324	1,05	0,3531	1,48	0,4306
0,20	0,0793	0,63	0,2357	1,06	0,3554	1,49	0,4319
0,21	0,0832	0,64	0,2389	1,07	0,3577	1,50	0,4332
0,22	0,0871	0,65	0,2422	1,08	0,3599	1,51	0,4345
0,23	0,0910	0,66	0,2454	1,09	0,3621	1,52	0,4357
0,24	0,0948	0,67	0,2486	1,10	0,3643	1,53	0,4370
0,25	0,0987	0,68	0,2517	1,11	0,3665	1,54	0,4382
0,26	0,1026	0,69	0,2549	1,12	0,3686	1,55	0,4394
0,27	0,1064	0,70	0,2580	1,13	0,3708	1,56	0,4406
0,28	0,1103	0,71	0,2611	1,14	0,3729	1,57	0,4418
0,29	0,1141	0,72	0,2642	1,15	0,3749	1,58	0,4429
0,30	0,1179	0,73	0,2673	1,16	0,3770	1,59	0,4441

x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)
0,31	0,1217	0,74	0,2703	1,17	0,3790	1,60	0,4452
0,32	0,1255	0,75	0,2734	1,18	0,3810	1,61	0,4463
0,33	0,1293	0,76	0,2764	1,19	0,3830	1,62	0,4474
0,34	0,1331	0,77	0,2794	1,20	0,3849	1,63	0,4484
0,35	0,1368	0,78	0,2823	1,21	0,3869	1,64	0,4495
0,36	0 1406	0,79	0,2852	1,22	0,3883	1,65	0,4505
0,37	0,1443	0,80	0,2881	1,23	0,3907	1,66	0,4515
0,38	0,1480	0,81	0,2910	1,24	0,3925	1,67	0,4525
0,39	0,1517	0,82	0,2939	1,25	0,3944	1,68	0,4535
0,40	0,1554	0,83	0,2967	1,26	0,3962	1,69	0,4545
0,41	0,1591	0,84	0,2995	1,27	0,3980	1,70	0,4554
0,42	0,1628	0,85	0,3023	1,28	0,3997	1,71	0,4564
1,72	0,4573	1,93	0,4732	2,28	0,4887	2,70	0,4965
1,73	0,4582	1,94	0,4738	2,30	0,4893	2,72	0,4967
1,74	0,4591	1,95	0,4744	2,32	0,4898	2,74	0,4969
1,75	0,4599	1,96	0,4750	2,34	0,4904	2,76	0,4971
1,76	0,4608	1,97	0,4756	2,36	0,4909	2,78	0,4973
1,77	0,4616	1,98	0,4761	2,38	0,4913	2,80	0,4974
1,78	0,4625	1,99	0,4767	2,40	0,4918	2,82	0,4976
1,79	0,4633	2,00	0,4772	2,42	0,4922	2,84	0,4977
1,80	0,4641	2,02	0,4783	2,44	0,4927	2,86	0,4979
1,81	0,4649	2,04	0,4793	2,46	0,4931	2,88	0,4980
1,82	0,4656	2,06	0,4803	2,48	0,4934	2,90	0,4981
1,83	0,4664	2,08	0,4812	2,50	0,4938	2,92	0,4982
1,84	0,4671	2,10	0,4821	2,52	0,4941	2,94	0,4984
1,85	0,4678	2,12	0,4830	2,54	0,4945	2,96	0,49846
1,86	0,4686	2,14	0,4838	2,56	0,4948	2,98	0,49856
1,87	0,4693	2,16	0,4846	2,58	0,4951	3,00	0,49865
1,88	0,4699	2,18	0,4854	2,60	0,4953	3,20	0,49931
1,89	0,4706	2,20	0,4661	2,62	0,4956	3,40	0,49966
1,90	0,4713	2,22	0,4868	2,64	0,4959	3,60	0,49984
1,91	0,4719	2,24	0,4875	2,66	0,4961	3,80	0,499928
1,92	0,4726	2,26	0,4881	2,68	0,4963	4,00	0,499968
						5,00	0,499997

Приложение Д

Значения χ^2 - критерия Пирсона

Число степеней	Уровень значимости			
	0,95	0,50	0,10	0,05
1	...	0,45	2,71	3,84
2	0,10	1,39	4,61	5,99
3	0,35	2,37	6,25	7,81
4	0,71	3,36	7,78	9,49
5	1,15	4,35	9,24	11,07
6	1,64	5,35	10,64	12,59
7	2,17	6,35	12,02	14,07
8	2,73	7,34	13,36	15,51
9	3,33	8,34	14,68	16,92
10	3,94	9,34	15,99	18,31
11	4,57	10,34	17,28	19,68
12	5,23	11,34	18,55	21,03
13	5,89	12,34	19,81	22,36
14	6,57	13,34	21,06	23,68
15	7,26	14,34	22,31	25,00
16	7,96	15,34	23,54	26,30
17	8,67	16,34	24,77	27,59
18	9,39	17,34	25,99	28,87
19	10,12	18,34	27,20	30,14
20	10,85	19,34	28,41	31,41
21	11,59	20,34	29,62	32,67
22	12,34	21,34	30,81	33,92
23	13,09	22,34	32,01	35,17
24	13,85	23,34	33,20	36,42
25	14,61	24,34	34,38	37,65
26	15,38	25,34	35,56	38,89
27	16,15	26,34	36,74	40,11
28	16,93	27,34	37,92	41,34
29	17,71	28,34	39,09	42,56
30	18,49	29,34	40,26	43,77
40	26,51	39,34	51,80	55,76
50	34,76	49,33	63,17	67,50
60	43,19	59,33	74,40	79,08
70	51,74	69,33	85,53	90,53
80	60,39	79,33	96,58	101,88
90	69,13	89,33	107,56	113,14
100	77,93	99,33	118,50	124,34

Приложение Е

Значения t- критерия (Стьюдента)

Число степе- ней свободы	Уровень значимости, %		
	5	1	0,1
1	12,71	63,66	-
2	4,30	9,93	31,60
3	3,18	5,84	12,94
4	2,78	4,60	8,61
5	2,57	4,03	6,86
6	2,45	3,71	5,96
7	2,37	3,50	5,41
8	2,31	3,36	5,04
9	2,26	3,25	4,78
10	2,23	3,17	4,59
11	2,20	3,11	4,44
12	2,18	3,06	4,32
13	2,16	3,01	4,22
14	2,15	2,98	4,14
15	2,13	2,95	4,07
16	2,12	2,92	4,02
17	2,11	2,90	3,97
18	2,10	2,88	3,92
19	2,09	2,86	3,88
20	2,09	2,85	3,85
21	2,08	2,83	3,82
22	2,07	2,82	3,79
23	2,07	2,81	3,77
24	2,06	2,80	3,75
25	2,06	2,79	3,73
26	2,06	2,78	3,71
27	2,05	2,77	3,69
28	2,05	2,76	3,67
29	2,05	2,76	3,66
30	2,04	2,75	3,65
50	2,01	2,68	3,50
100	1,98	2,63	3,39
∞	1,96	2,58	3,29

Приложение Ж

Исходные данные к работе №5

Таблица Ж.1

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации(X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	2	26
2	3	24
3	4	16
4	5	15
5	7	13
6	7	12
7	16	6
8	17	8
9	18	8
10	24	6
11	26	4
12	43	3

Таблица Ж.2

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3	26
2	4	24
3	5	16
4	6	15
5	8	13
6	8	12
7	17	6
8	18	8
9	18	8
10	25	6
11	27	4
12	45	3

Таблица Ж.3

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	4	26
2	5	24
3	7	16
4	7	15
5	9	13
6	10	12
7	18	6
8	19	8
9	18	8
10	26	6
11	28	4
12	41	3

Таблица Ж.4

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3	25
2	4	23
3	5	15
4	6	14
5	8	12
6	8	11
7	17	5
8	18	7
9	18	8
10	25	5
11	27	3
12	45	2

Таблица Ж.5

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3,5	26
2	4,6	24
3	5,5	16
4	6,4	15
5	8,5	13
6	8,6	12
7	17,5	6
8	18,6	8
9	18,5	8
10	25,5	6
11	27,6	4
12	45,5	3

Таблица Ж.6

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3	24,5
2	4	22,5
3	5	15,0
4	6	13,5
5	8	13,4
6	8	11,6
7	17	5,6
8	18	7,5
9	18	7,6
10	25	5,6
11	27	3,4
12	45	2,6

Таблица Ж.7

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3,3	26
2	4,2	24
3	5,3	16
4	6,4	15
5	8,2	13
6	8,3	12
7	17,4	6
8	18,2	8
9	18,1	8
10	25,3	6
11	27,4	4
12	45,1	3

Таблица Ж.8

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3	24
2	4	22
3	5	14
4	6	13
5	8	11
6	8	10
7	17	4
8	18	6
9	18	7
10	25	4
11	27	2
12	45	1

Таблица Ж.9

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	5	26
2	6	24
3	7	16
4	8	15
5	9	13
6	10	12
7	19	6
8	20	8
9	21	8
10	27	6
11	29	4
12	47	3

Таблица Ж.10

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3	27
2	4	25
3	5	17
4	6	16
5	8	14
6	8	13
7	17	7
8	19	9
9	18	9
10	25	7
11	26	5
12	45	3

Таблица Ж.11

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	4,5	26
2	5,5	24
3	6,5	16
4	7,6	15
5	9,5	13
6	9,4	12
7	18,4	6
8	19,5	8
9	19,3	8
10	26,6	6
11	28,5	4
12	46,4	3

Таблица Ж.12

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на 100м ³	Потери Y, %
1	3	28
2	4	26
3	5	18
4	6	17
5	8	15
6	8	14
7	17	8
8	18	10
9	18	10
10	25	8
11	27	6
12	45	5

Таблица Ж.13

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	6	26
2	7	24
3	8	16
4	9	15
5	11	13
6	11	12
7	20	6
8	21	8
9	22	8
10	28	6
11	30	4
12	47	3

Таблица Ж.14

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3	29
2	4	27
3	5	19
4	6	19
5	8	16
6	8	15
7	17	9
8	18	11
9	18	11
10	25	9
11	27	7
12	45	6

Таблица Ж.15

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	7	26
2	8	24
3	9	16
4	10	15
5	12	13
6	12	12
7	21	6
8	22	8
9	23	8
10	27	6
11	30	4
12	49	3

Таблица Ж.16

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3	30
2	4	28
3	5	20
4	6	19
5	8	17
6	8	16
7	17	10
8	18	12
9	18	12
10	25	10
11	27	8
12	45	7

Таблица Ж.17

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	8	26
2	9	24
3	10	16
4	12	15
5	13	13
6	13	12
7	22	6
8	23	7
9	24	8
10	30	6
11	32	4
12	50	3

Таблица Ж.18

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3	25
2	4	24
3	5	18
4	6	15
5	8	13
6	7	12
7	17	6
8	17	8
9	18	7
10	24	6
11	27	4
12	43	3

Таблица Ж.19

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	2	26
2	3	24
3	4	16
4	5	15
5	7	13
6	7	12
7	16	6
8	17	8
9	18	8
10	24	6
11	26	4
12	43	3

Таблица Ж.20

Потери аммиака (Y) в зависимости от его концентрации (X)

№	Концентрация аммиака X, кг на	Потери Y, %
1	3,2	26,2
2	4,3	24,3
3	5,1	16,2
4	6,3	15,3
5	8,4	13,4
6	8,5	12,3
7	17,3	6,3
8	18,4	8,5
9	18,6	8,1
10	25,4	6,3
11	27,5	4,5
12	45,1	3,2

Приложение 3

Исходные данные к работе №6

Таблица 3.1

Урожай сахарной свеклы, ц/га

Варианты (сорта)	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1 (стандарт)	360	370	375	388
2	410	426	423	412
3	421	422	432	445
4	216	290	296	391

Таблица 3.2

Урожай сахарной свеклы, ц/га

Варианты (сорта)	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1 (стандарт)	356	378	396	391
2	246	290	310	327
3	369	363	360	379
4	220	232	260	289
5	318	350	348	362

Таблица 3.3

Урожай капусты, ц/га

Варианты (сор-та)	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1	560	542	574	537
2	548	509	560	510
3(стандарт)	595	569	631	497
4	607	594	612	501
5	629	601	653	574
6	518	502	549	518

Таблица 3.4

Чистота зерна сои в бункере зерноуборочных комбайнов, %

Варианты	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1	89,0	94,5	99,0	97,7
2	61,5	72,0	77,5	81,7
3(стандарт)	92,2	90,7	90,0	94,7
4	73,3	77,3	86,7	96,3
5	79,5	87,5	87,0	90,5

Таблица 3.5

Чистота зерна сои в бункере зерноуборочных комбайнов, %

Варианты	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1	98,0	94,5	99,0	97,7
2	81,5	82,0	87,5	81,7
3	92,2	90,7	90,0	94,7
4(стандарт)	83,3	87,3	86,7	96,3
5	89,5	87,5	87,0	90,5

Таблица 3.6

Чистота зерна сои в бункере зерноуборочных комбайнов, %

Варианты	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1 (стандарт)	98,6	96,5	99,0	97,7
2	89,5	88,0	87,5	87,7
3	92,2	90,7	90,0	94,7
4	98,0	94,5	96,3	97,7
5	89,5	87,5	87,0	90,5

Таблица 3.7

Сменная выработка трактора ДТ-75, эт.га/смена

Варианты	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1	8,8	8,2	9,3	9,2
2	8,9	7,1	8,0	8,2
3	7,7	6,3	7,6	6,4
4	7,3	6,8	6,9	6,5
5(стандарт)	9,6	7,7	9,0	8,7

Таблица 3.8

Сменная выработка трактора ДТ-75, эт.га/смена

Варианты	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1	8,6	8,8	9,3	9,2
2	8,1	8,9	8,0	8,2
3	7,3	7,7	7,6	6,4
4	6,8	7,3	6,9	6,5
5(стандарт)	8,7	9,1	9,0	8,7

Таблица 3.9

Сменная выработка трактора ДТ-75, эт.га/смена

Варианты	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1	8,6	8,8	9,3	9,2
2	8,1	8,9	8,0	8,2
3	7,3	7,7	7,6	6,4
4	6,8	7,3	6,9	6,5
5(стандарт)	8,7	9,1	9,0	8,7

Таблица 3.10

Количество сорняков в опыте с гербицидами, %

Варианты	Повторения, х			
	I	II	III	IV
1	8,6	8,8	9,3	9,2
2	8,1	8,9	8,0	8,2
3	7,3	7,7	7,6	6,4
4	6,8	7,3	6,9	6,5
5(стандарт)	8,7	9,1	9,0	8,7

Приложение И

Исходные данные к работе №7

Таблица И.1

Исходная информация по полевым наблюдениям

Вид работы	Уборка прямым комбайнированием
Место проведения	с. Нижняя Полтавка, ОАО "Пограничное"
Дата проведения	04.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатка 6 м
Сельхоз. машина Марка	Енисей 950
Культура, сорт	соя, Соната
Год выпуска	2005
ФИО механизатора	Титаев Николай Владимирович
Возраст, лет	60
Стаж по специальности, лет	40
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	210
Дозаправка, л	
Остаток на конец наблюдений, л	135
Время прохождения 100 м, с	56

начало наблюдений	10:42:50
рабочий ход	11:44:00
поворот	11:45:15
холостой ход	11:46:05
рабочий ход	11:49:05
остановка, осмотр жатки	11:49:35
рабочий ход	11:51:00
остановка, осмотр жатки	11:52:05
рабочий ход	12:01:35
переезд ч/з тех. колею	12:01:40
рабочий ход	12:04:35
остановка, осмотр жатки	12:05:45
холостой ход	12:07:05
остановка, очистка жатки	12:10:39
рабочий ход	12:11:20
остановка, осмотр жатки	12:11:28
рабочий ход	12:13:17
холостой ход	12:14:04
рабочий ход	12:16:45
остановка, осмотр жатки	12:16:50
рабочий ход	12:22:35
переезд ч/з тех. колею	12:22:40
рабочий ход	12:24:35
остановка, очистка жатки	12:24:41
рабочий ход	12:30:15
холостой ход	12:30:55

обед	12:42:55
холостой ход	12:43:10
рабочий ход	12:46:15
холостой ход	12:46:30
стоянка, ожидание выгрузки	12:47:10
выгрузка бункера	12:51:47
рабочий ход	12:55:34
холостой ход	12:56:35
рабочий ход	13:02:25
холостой ход	13:03:48
рабочий ход	13:06:26
остановка, очистка жатки	13:07:00
остановка, разговор с механизатором	13:07:46
рабочий ход	13:13:39
переезд ч/з тех. колею	13:13:43
рабочий ход	13:19:07
остановка, очистка жатки	13:19:17
рабочий ход	13:20:35
поворот	13:21:00
рабочий ход	13:34:40
холостой ход	13:36:13
рабочий ход	13:43:50
остановка, проверка бункера	13:44:00
рабочий ход	13:45:10
холостой ход	13:45:22
стоянка, ожидание выгрузки	13:47:27
выгрузка бункера	13:52:55
холостой ход	13:53:26
рабочий ход	13:55:07
устранение технической неисправности	14:49:13
рабочий ход	15:07:30
поворот	15:07:50
рабочий ход	15:12:07
холостой ход	15:12:37
рабочий ход	15:12:50
холостой ход	15:13:25
рабочий ход	15:28:37
поворот	15:28:41
рабочий ход	15:37:21
остановка, разговор с механизатором	15:41:45
рабочий ход	15:45:12
холостой ход	15:45:40
стоянка, ожидание выгрузки	15:50:45
выгрузка бункера	15:54:15
холостой ход	15:54:20
рабочий ход	15:55:20
холостой ход	15:55:30

Таблица И.2

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Уборка прямым комбайнированием
Место проведения	с. Н. Ильиновка, ОАО "Амурский пар- тизан"
Дата проведения	02.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатка 7 м
Сельхоз. машина Марка	ClaasMega 350
Культура, сорт	соя, Соната
Год выпуска	2007
ФИО механизатора	Зверский Юрий Владимирович
Возраст, лет	30
Стаж по специальности, лет	9
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	370
Дозаправка, л	
Остаток на конец наблюдений, л	200
Время прохождения 100 м, с	61

начало наблюдений	10:46:57
холостой ход	10:47:09
рабочий ход	10:54:14
поворот	10:54:30
рабочий ход	11:14:13
поворот	11:14:46
рабочий ход	11:16:07
поворот	11:16:30
рабочий ход	11:24:50
остановка, очистка жатки	11:25:14
рабочий ход	11:33:16
остановка, очистка жатки	11:33:38
рабочий ход	11:35:46
переезд в другую загонку	11:36:06
рабочий ход	11:46:05
поворот	11:46:22
рабочий ход	11:54:30
переезд в другую загонку	11:56:20
остановка, поломка соседнего ком- байна	11:57:04
холостой ход	11:58:04
рабочий ход	12:00:01
поворот	12:00:30
рабочий ход	12:04:29
остановка, очистка жатки	12:04:42

рабочий ход	12:09:41
переезд на обед	12:16:13
обед	12:30:41
разгрузка бункера	12:37:38
переезд в загонку	12:40:29
рабочий ход	12:46:23
поворот	12:46:55
рабочий ход	12:49:09
холостой ход	12:58:56
рабочий ход	13:00:01
остановка, мешает другой комбайн	13:00:25
холостой ход	13:01:04
рабочий ход	13:09:23
поворот	13:09:46
рабочий ход	13:15:20
поворот	13:15:52
рабочий ход	13:25:58
поворот	13:26:20
рабочий ход	13:34:33
переезд в другую загонку	13:35:59
рабочий ход	13:39:25
поворот	13:40:13
рабочий ход	13:48:40
поворот	13:48:52
рабочий ход	13:59:02
поворот	13:59:15
рабочий ход	14:08:05
разгрузка бункера	14:14:23
рабочий ход	14:21:16
поворот	14:21:30
рабочий ход	14:28:51
переезд в другую загонку	14:29:52
рабочий ход	14:32:17
поворот	14:32:33
рабочий ход	14:39:46
поворот	14:40:02
рабочий ход	14:48:34
холостой ход	14:49:58
рабочий ход	14:51:44
переезд в другую загонку	14:54:54
рабочий ход	14:57:15
холостой ход	14:58:21
рабочий ход	15:03:16
поворот	15:03:30

рабочий ход	15:33:35
поворот	15:13:55
рабочий ход	15:18:41
остановка, очистка жатки	15:19:07
рабочий ход	15:23:16
поворот	15:23:54
рабочий ход	15:29:53
холостой ход	15:30:10
рабочий ход	15:35:04
поворот	15:35:18
рабочий ход	15:37:03
разгрузка бункера	15:43:40
холостой ход	15:46:22
рабочий ход	15:56:18
поворот	15:56:42
рабочий ход	16:05:01
поворот	16:05:10
рабочий ход	16:11:12
поворот	16:11:36
рабочий ход	16:17:37
холостой ход	16:21:14
рабочий ход	16:23:04
остановка, разговор с руководителем	16:26:52
рабочий ход	16:27:37
поворот	16:28:20
рабочий ход	16:32:30
поворот	16:32:45
рабочий ход	16:43:58
поворот	16:44:08
рабочий ход	16:55:25
поворот	16:55:52
рабочий ход	17:00:12
разгрузка бункера	17:09:47
рабочий ход	17:15:10
поворот	17:15:28
рабочий ход	17:19:57
холостой ход	17:20:23
рабочий ход	17:23:32
холостой ход	17:36:15
рабочий ход	17:43:37
конец наблюдений	

Таблица И.3

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Подбор валков с обмолотом
История поля	Валки сформированы с ширины 7 м
Место проведения	с.Николаевка, ООО "Зарево"
Дата проведения	26.08.2013
Состав агрегата	комбайн+подборщик
Сельхоз. машина Марка	ClaasTucano 470
Культура, сорт	пшеница, Арюна
Год выпуска	2010
ФИО механизатора	Крупиневич Максим Николаевич
Возраст, лет	28
Стаж по специальности, лет	7
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	637
Дозаправка, л	
Остаток на конец наблюдений, л	495
Время прохождения 100 м, с	72

начало наблюдений	11:16:04
техническое обслуживание	12:12:36
холостой ход	12:22:13
рабочий ход	12:48:08
холостой ход	12:49:17
рабочий ход	13:16:35
переезд на обед	13:16:50
обед	13:32:46
переезд к разгрузке	13:33:21
разгрузка бункера	13:35:23
холостой ход	13:36:40
остановка, настройка рабочих органов	13:36:57
рабочий ход	14:06:56
холостой ход	14:07:44
рабочий ход	14:35:37
переезд к разгрузке	14:36:13
стоянка в ожидании машины	14:39:00
разгрузка бункера	14:41:25
переезд в загонку	14:42:12
рабочий ход	14:49:30
холостой ход	14:50:32
рабочий ход	15:19:16
холостой ход	15:20:46
рабочий ход	15:35:05
переезд к разгрузке	15:35:23

стоянка в ожидании машины	15:35:55
разгрузка бункера	15:38:13
переезд в загонку	15:39:20
остановка, настройка рабочих органов	15:39:36
рабочий ход	15:57:35
холостой ход	15:58:38
рабочий ход	16:28:54
холостой ход	16:30:03
рабочий ход	16:42:45
переезд к разгрузке	16:43:20
стоянка в ожидании машины	16:44:50
разгрузка бункера	16:47:01
остановка, настройка рабочих органов	16:48:27
рабочий ход	17:05:25
конец наблюдений	

Таблица И.4

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Прямое комбайнирование
История поля	Обработка почвы - культивация
Место проведения	с. Раздольное, агрофирма "Партизан"
Дата проведения	30.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатка 9 м
Сельхоз. машина Марка	Acros 530
Культура, сорт	соя, Соната
Год выпуска	2008
ФИО механизатора	Калинин Александр Михайлович
Возраст, лет	36
Стаж по специальности, лет	16
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	полный бак 500 л
Дозаправка, л	165
Остаток на конец наблюдений, л	
Время прохождения 100 м, с	64

начало наблюдений	10:26:47
техническое обслуживание	10:45:34
холостой ход	10:46:25
рабочий ход	10:50:58
поворот	10:51:12
рабочий ход	10:54:25
поворот	10:55:19
рабочий ход	10:59:43
поворот	11:01:56
рабочий ход	11:04:43
поворот	11:05:13
рабочий ход	11:12:27
поворот	11:13:30
рабочий ход	11:14:23
поворот	11:14:40
переезд на обед	11:16:06
обед	11:30:13
переезд в загонку	11:33:59
рабочий ход	11:37:29
переезд в загонку	11:40:13
рабочий ход	11:43:46
остановка, очистка жатки	11:44:08
рабочий ход	11:57:37

поворот	11:58:05
рабочий ход	11:59:26
поворот	12:00:45
рабочий ход	12:07:14
остановка, очистка жатки	12:08:53
рабочий ход	12:11:48
поворот	12:12:13
рабочий ход	12:19:37
поворот	12:19:53
рабочий ход	12:28:26
поворот	12:28:45
рабочий ход	12:34:03
поворот	12:34:25
рабочий ход	12:38:23
остановка, очистка жатки	12:38:50
рабочий ход	12:40:51
переезд в загонку	12:44:31
рабочий ход	12:51:09
поворот	12:52:49
рабочий ход	12:59:06
остановка, очистка жатки	13:07:44
поворот	13:08:29
рабочий ход	13:15:11
поворот	13:15:40
рабочий ход	13:23:40
остановка, очистка жатки	13:29:57
поворот	13:31:42
рабочий ход	13:36:40
поворот	13:36:55
рабочий ход	13:37:39
поворот	13:37:59
рабочий ход	13:41:04
поворот	13:41:23
рабочий ход	13:43:48
поворот	13:44:06
рабочий ход	13:45:28
переезд в загонку	13:48:01
рабочий ход	14:06:59
поворот	14:07:27
рабочий ход	14:19:28
поворот	14:20:37
рабочий ход	14:23:42
разгрузка бункера	14:30:14
поворот	14:31:03

рабочий ход	14:40:13
остановка, замена сегмента	14:46:40
поворот	14:46:40
рабочий ход	14:55:48
поворот	14:56:08
рабочий ход	15:00:47
поворот	15:01:04
рабочий ход	15:11:57
поворот	15:12:28
рабочий ход	15:17:18
поворот	15:18:18
рабочий ход	15:28:30
остановка, очистка жатки	15:35:48
рабочий ход	15:45:35
поворот	15:45:55
рабочий ход	15:47:25
переезд на другое поле	16:10:18
рабочий ход	16:21:38
поворот	16:21:57
рабочий ход	16:30:49
поворот	16:31:18
рабочий ход	16:40:04
поворот	16:40:19
рабочий ход	16:51:21
поворот	16:51:32
рабочий ход	16:55:32
поворот	16:55:57
рабочий ход	17:03:57
поворот	17:04:07
дозаправка	17:09:19
конец наблюдений	

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Прямое комбайнирование
История поля	
Место проведения	с. Раздольное, агрофирма "Партизан"
Дата проведения	28.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатка 9 м
Сельхоз. машина Марка	Acros 530
Культура, сорт	соя, Соната
Год выпуска	2008
ФИО механизатора	Тютюнник Евгений Степанович
Возраст, лет	50
Стаж по специальности, лет	28
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюд, л	полный бак 540
Дозаправка, л	200
Остаток на конца наблюд, л	
Время прохождения 100 м, с	54

начало наблюдений	10:24:02
подготовка к работе	10:25:03
холостой ход	10:25:40
рабочий ход	10:38:09
поворот	10:39:05
рабочий ход	10:43:14
поворот	10:43:33
рабочий ход	10:45:00
остановка, очистка жатки	10:45:29
рабочий ход	10:49:01
холостой ход	10:49:36
рабочий ход	10:51:07
остановка, очистка жатки	10:51:20
рабочий ход	10:54:06
поворот	10:54:45
рабочий ход	11:02:10
переезд на обед	11:03:42
обед	11:18:10
переезд в загонку	11:21:14
рабочий ход	11:27:38
поворот	11:28:05
рабочий ход	11:35:03
переезд в загонку	11:38:23
рабочий ход	11:42:45
остановка, очистка жатки	11:42:58

рабочий ход	11:43:25
остановка, очистка жатки	11:43:42
рабочий ход	11:50:50
остановка, очистка жатки	11:51:07
рабочий ход	11:58:33
остановка, очистка жатки	11:59:10
рабочий ход	12:05:10
поворот	12:06:13
рабочий ход	12:12:56
поворот	12:13:18
рабочий ход	12:16:33
остановка, очистка жатки	12:16:45
рабочий ход	12:22:27
поворот	12:22:58
рабочий ход	12:31:21
поворот	12:32:01
рабочий ход	12:36:20
переезд в другую загонку	12:40:48
рабочий ход	12:42:20
остановка, очистка жатки	12:42:33
рабочий ход	12:48:39
переезд в другую загонку	12:50:08
рабочий ход	12:56:02
остановка, очистка жатки	12:56:13
рабочий ход	12:58:06
поворот	12:58:20
стоянка в ожидании разгрузки	12:59:54
выгрузка бункера	13:05:32
остановка, очистка жатки	13:10:06
холостой ход	13:11:38
рабочий ход	13:13:34
остановка, очистка жатки	13:13:45
рабочий ход	13:19:53
поворот	13:20:18
рабочий ход	13:26:33
остановка, очистка жатки	13:26:52
рабочий ход	13:27:25
поворот	13:27:37
рабочий ход	13:33:49
поворот	13:34:18
рабочий ход	13:37:50
поворот	13:38:18
рабочий ход	13:50:27
остановка, очистка жатки	13:50:35

рабочий ход	14:05:30
переезд в другую загонку	14:06:16
рабочий ход	14:09:08
остановка, очистка жатки	14:09:24
рабочий ход	14:18:08
холостой ход	14:19:20
рабочий ход	14:29:20
поворот	14:29:47
рабочий ход	14:35:03
остановка, очистка жатки	14:35:23
рабочий ход	14:56:24
поворот	14:56:38
рабочий ход	15:03:10
холостой ход	15:03:50
стоянка в ожидании разгрузки	15:07:25
выгрузка бункера	15:16:30
холостой ход	15:17:58
рабочий ход	15:22:02
переезд в другую загонку	15:23:14
рабочий ход	15:29:02
поворот	15:30:17
рабочий ход	15:30:28
остановка, пропускает другой комбайн	15:30:35
рабочий ход	15:35:55
поворот	15:36:20
рабочий ход	15:39:51
поворот	15:40:15
рабочий ход	15:45:22
холостой ход	15:50:37
ужин	15:58:20
остановка, настройка МСУ	16:00:10
рабочий ход	16:00:58
остановка, поломка мотовила	16:01:26
переезд на стан	16:03:53
ремонт мотовила	16:06:52
переезд в загонку	16:08:06
рабочий ход	16:19:01
поворот	16:19:20
рабочий ход	16:22:01
поворот	16:22:24
рабочий ход	16:28:46
поворот	16:29:10
рабочий ход	16:34:26

поворот	16:34:48
рабочий ход	16:36:45
поворот	16:37:02
рабочий ход	16:41:24
переезд в другую загонку	16:42:20
рабочий ход	16:48:29
поворот	16:48:53
рабочий ход	16:52:49
поворот	16:53:31
рабочий ход	16:59:53
поворот	17:00:40
рабочий ход	17:07:06
переезд в другую загонку	17:08:09
рабочий ход	17:18:12
поворот	17:18:58
рабочий ход	17:19:23
переезд на стан	17:19:45
дозаправка	17:24:39
конец наблюдений	

Таблица И.6

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Прямое комбайнирование
Место проведения	с. Ильиновка, ОАО "Амурский партизан"
Дата проведения	18.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатка 7,5 м
Сельхоз. машина Марка	ClaasMega 350
Культура, сорт	соя, Соната
Год выпуска	2007
ФИО механизатора	Кургузов Василий Васильевич
Возраст, лет	53
Стаж по специальности, лет	25
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	полный бак 400
Дозаправка, л	130
Остаток на конец наблюдений, л	
Время прохождения 100 м, с	64

начало наблюдений	10:44:32
рабочий ход	10:54:22
поворот	10:54:58
рабочий ход	11:09:08
поворот	11:09:33
рабочий ход	11:16:08
поворот	11:16:36
рабочий ход	11:25:57
поворот	11:26:19
рабочий ход	11:32:56
поворот	11:33:23
рабочий ход	11:45:20
поворот	11:45:39
рабочий ход	11:52:48
поворот	11:53:03
рабочий ход	11:54:42
переезд в другую загонку	11:56:17
рабочий ход	12:01:02
поворот	12:01:23
рабочий ход	12:03:26
поворот	12:04:01
рабочий ход	12:06:38
поворот	12:06:58
рабочий ход	12:09:22
поворот	12:09:53
рабочий ход	12:12:59
переезд на обед	12:21:26
обед	12:45:32
переезд к месту выгрузки	12:46:20
выгрузка бункера	12:51:04

переезд в загонку	12:51:52
рабочий ход	12:57:11
поворот	12:57:35
рабочий ход	12:59:44
поворот	13:00:08
рабочий ход	13:09:33
поворот	13:10:09
рабочий ход	13:11:23
переезд в другую загонку	13:12:30
рабочий ход	13:16:28
поворот	13:16:47
рабочий ход	13:20:23
поворот	13:20:46
рабочий ход	13:27:22
холостой ход	13:28:10
рабочий ход	13:36:10
поворот	13:36:25
рабочий ход	13:46:56
переезд в другую загонку	13:48:46
рабочий ход	14:01:50
поворот	14:02:15
рабочий ход	14:06:04
поворот	14:06:22
рабочий ход	14:12:50
поворот	14:13:08
рабочий ход	14:14:30
выгрузка бункера	14:19:18
подготовка к работе	14:19:44
холостой ход	14:20:05
рабочий ход	14:29:43
поворот	14:30:07
рабочий ход	14:36:53
холостой ход	14:37:38
рабочий ход	14:39:50
поворот	14:40:15
рабочий ход	14:45:03
переезд в другую загонку	14:47:00
рабочий ход	14:55:18
поворот	14:55:39
рабочий ход	15:08:28
поворот	15:08:51
рабочий ход	15:18:07
поворот	15:18:33
рабочий ход	15:27:17
остановка, ожидание выгрузки	15:27:33
выгрузка бункера	15:32:10
рабочий ход	15:35:30
поворот	15:35:44
рабочий ход	15:41:09

холостой ход	15:42:15
рабочий ход	15:50:03
холостой ход	15:51:29
рабочий ход	15:59:07
поворот	15:59:30
рабочий ход	16:06:26
поворот	16:06:44
рабочий ход	16:09:30
поворот	16:09:50
рабочий ход	16:13:45
поворот	16:14:10
рабочий ход	16:18:40
поворот	16:19:14
рабочий ход	16:19:41
переезд в другую заголку	16:23:16
рабочий ход	16:25:05
остановка, разговор с руководителем	16:28:23
рабочий ход	16:30:17
поворот	16:30:59
рабочий ход	16:35:50
поворот	16:36:18
рабочий ход	16:41:15
остановка, ожидание выгрузки	16:43:11
выгрузка бункера	16:46:43
рабочий ход	16:49:57
поворот	16:50:16
рабочий ход	16:57:02
поворот	16:57:15
рабочий ход	17:09:54
поворот	17:10:12
рабочий ход	17:23:08
поворот	17:23:49
рабочий ход	17:32:50
остановка, ожидание выгрузки	17:34:58
выгрузка бункера	17:44:45
конец наблюдений	

Таблица И.7

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Прямое комбайнирование
История поля	Культивация, дискование
Место проведения	с. Ильиновка, ОАО "Амурский партизан"
Дата проведения	17.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатка 6 м
Сельхоз. машина Марка	КЗР-10 Полесье Ротор
Культура, сорт	соя, Соната
Год выпуска	2004
ФИО механизатора	Кургузов Василий Васильевич
Возраст, лет	37
Стаж по специальности, лет	11
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	полный бак 400
Дозаправка, л	170
Остаток на конец наблюдений, л	
Время прохождения 100 м, с	55
начало наблюдений	11:14:23
переезд в загонку	11:15:44
рабочий ход	11:22:35
поворот	11:22:52
рабочий ход	11:26:15
поворот	11:26:44
рабочий ход	11:30:42
поворот	11:31:21
рабочий ход	11:34:38
остановка, замена сегмента	11:44:47
рабочий ход	11:50:16
поворот	11:50:48
рабочий ход	11:57:46
поворот	11:58:23
рабочий ход	12:04:49
поворот	12:05:18
рабочий ход	12:11:04
поворот	12:11:22
рабочий ход	12:14:59
остановка, очистка жатки	12:20:44
рабочий ход	12:21:53
поворот	12:22:30
рабочий ход	12:31:31
поворот	12:31:44
рабочий ход	12:38:49
переезд на обед	12:39:55
обед	12:50:34
переезд в загонку	12:52:31

рабочий ход	12:57:41
поворот	12:57:51
рабочий ход	12:59:28
остановка, очистка жатки	12:59:52
рабочий ход	13:02:17
поворот	13:02:37
рабочий ход	13:12:23
поворот	13:12:59
рабочий ход	13:18:01
поворот	13:18:14
рабочий ход	13:25:11
поворот	13:25:27
остановка, очистка жатки	13:30:21
рабочий ход	13:36:34
поворот	13:36:51
рабочий ход	13:40:18
поворот	13:40:39
рабочий ход	13:44:39
поворот	13:44:55
рабочий ход	13:47:50
холостой ход	13:49:21
рабочий ход	13:53:23
поворот	13:53:42
рабочий ход	13:57:48
поворот	13:58:13
рабочий ход	14:03:18
выгрузка бункера	14:07:45
остановка, замена сегмента	14:16:17
поворот	14:17:21
рабочий ход	14:21:28
остановка, очистка жатки	14:22:20
поворот	14:23:15
рабочий ход	14:31:07
поворот	14:31:27
рабочий ход	14:38:52
поворот	14:39:25
рабочий ход	14:43:05
поворот	14:43:32
рабочий ход	14:48:12
холостой ход	14:50:28
рабочий ход	15:06:46
поворот	15:07:06
рабочий ход	15:12:27
остановка, очистка жатки	15:16:17
холостой ход	15:18:58
рабочий ход	15:30:57
поворот	15:31:21
рабочий ход	15:34:51

холостой ход	15:36:08
рабочий ход	15:45:47
поворот	15:46:36
рабочий ход	15:48:30
остановка, очистка жатки	15:51:08
холостой ход	15:51:41
рабочий ход	15:55:50
поворот	15:56:20
рабочий ход	16:02:04
поворот	16:02:42
рабочий ход	16:07:59
остановка, замена сегмента	16:12:18
рабочий ход	16:14:45
поворот	16:15:06
рабочий ход	16:17:58
поворот	16:18:19
рабочий ход	16:20:43
поворот	16:21:05
рабочий ход	16:30:56
поворот	16:31:18
рабочий ход	16:35:18
холостой ход	16:36:18
рабочий ход	16:38:41
остановка, ожидание выгрузки	16:39:30
выгрузка бункера	16:45:22
рабочий ход	17:07:12
остановка, очистка жатки	17:09:03
поворот	17:09:42
рабочий ход	17:13:17
поворот	17:13:31
рабочий ход	17:15:28
поворот	17:15:53
рабочий ход	17:30:56
поворот	17:31:33
рабочий ход	17:32:11
остановка, очистка жатки	17:36:35
рабочий ход	17:43:59
остановка, очистка жатки	17:44:36
рабочий ход	17:51:38
поворот	17:53:58
рабочий ход	18:00:33
дозаправка	18:20:50
конец наблюдений	

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Прямое комбайнирование
История поля	
Место проведения	с. Козьмодемьяновка ОАО "Приамурье"
Дата проведения	27.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатка 6 м
Сельхоз. машина Марка	NewHolland TC - 5080
Культура, сорт	соя, Гармония
Год выпуска	2008
ФИО механизатора	Подковальный Алексей Иванович
Возраст, лет	55
Стаж по специальности, лет	38
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	300
Дозаправка, л	
Остаток на конец наблюдений, л	145
Время прохождения 100 м, с	48,4

начало наблюдений	11:03:51
переезд в загонку	11:10:48
завод и настройка рабочих органов	11:11:21
рабочий ход	11:11:56
остановка, очистка жатки	11:12:02
рабочий ход	11:28:03
поворот	11:28:19
рабочий ход	11:44:17
поворот	11:44:38
рабочий ход	11:52:59
поворот	11:53:20
рабочий ход	11:57:25
поворот	11:57:38
рабочий ход	12:00:23
поворот	12:00:45
рабочий ход	12:02:33
остановка, ожидание разгрузки	12:05:03
выгрузка бункера	12:07:23
холостой ход	12:07:43
рабочий ход	12:14:47
поворот	12:15:02
рабочий ход	12:16:00
холостой ход	12:21:21
рабочий ход	12:28:20

поворот	12:29:04
рабочий ход	12:33:50
поворот	12:34:22
рабочий ход	12:38:55
поворот	12:39:10
рабочий ход	12:42:38
переезд на обед	12:44:49
обед	13:10:10
рабочий ход	13:21:46
поворот	13:22:06
рабочий ход	13:25:01
поворот	13:25:36
рабочий ход	13:37:01
поворот	13:37:59
рабочий ход	13:40:19
остановка, очистка радиатора	13:40:36
рабочий ход	13:54:18
поворот	13:54:40
рабочий ход	13:59:30
остановка, ожидание разгрузки	14:00:40
выгрузка бункера	14:03:10
завод и настройка рабочих органов	14:03:30
рабочий ход	14:11:42
поворот	14:12:20
рабочий ход	14:18:25
холостой ход	14:20:30
рабочий ход	14:31:26
поворот	14:31:43
рабочий ход	14:42:35
поворот	14:42:53
рабочий ход	14:49:18
холостой ход	14:50:19
рабочий ход	15:01:33
холостой ход	15:01:46
рабочий ход	15:09:53
поворот	15:10:34
рабочий ход	15:13:27
поворот	15:14:03
рабочий ход	15:14:32
переезд в другую загонку	15:17:20
рабочий ход	15:19:05
остановка, ожидание разгрузки	15:21:35
выгрузка бункера	15:24:16

рабочий ход	15:27:46
поворот	15:28:04
рабочий ход	15:29:37
остановка, очистка жатки	15:30:59
рабочий ход	15:32:56
поворот	15:33:24
рабочий ход	15:35:20
переезд в другую загонку	15:37:22
рабочий ход	15:39:47
холостой ход	15:40:33
рабочий ход	15:53:48
поворот	15:54:00
рабочий ход	16:04:25
поворот	16:05:02
рабочий ход	16:12:12
остановка, убирает с поля корни	16:14:40
рабочий ход	16:17:09
переезд в другую загонку	16:18:00
рабочий ход	16:27:41
холостой ход	16:29:06
рабочий ход	16:38:27
поворот	16:38:49
рабочий ход	16:41:25
выгрузка бункера	16:46:16
рабочий ход	16:51:26
поворот	16:52:01
рабочий ход	16:56:03
поворот	16:56:24
рабочий ход	16:57:40
поворот	16:58:10
рабочий ход	17:03:05
поворот	17:03:24
рабочий ход	17:09:44
дозаправка	17:35:40
конец наблюдений	

Таблица И.9

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Прямое комбайнирование
История поля	
Место проведения	с. Раздольное, агрофирма "Партизан"
Дата проведения	30.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатк 7 м
Сельхоз. Машина. Марка	Енисей 958 Р
Культура, сорт	соя, Гармония
Год выпуска	2006
ФИО механизатора	Евсеев Алексей Алексеевич
Возраст, лет	56
Стаж по специальности, лет	37
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	300
Дозаправка, л	125
Остаток на конец наблюдений, л	
Время прохождения 100 м, с	64

начало наблюдений	12:06:12
переезд в загонку	12:06:38
рабочий ход	12:11:40
поворот	12:12:14
рабочий ход	12:27:15
поворот	12:27:29
рабочий ход	12:29:21
переезд в другую загонку	12:54:58
рабочий ход	13:06:05
поворот	13:06:31
рабочий ход	13:19:25
поворот	13:20:03
рабочий ход	13:31:34
поворот	13:32:09
рабочий ход	13:33:30
поворот	13:33:43
остановка, ожидание разгрузки	13:35:19
выгрузка бункера	13:39:59
переезд в загонку	13:41:10
рабочий ход	13:48:04
поворот	13:48:31
рабочий ход	13:57:33
холостой ход	13:58:30
рабочий ход	14:04:22

поворот	14:05:11
рабочий ход	14:14:41
поворот	14:15:03
рабочий ход	14:21:14
поворот	14:21:38
рабочий ход	14:25:23
обед	14:35:10
рабочий ход	14:43:56
поворот	14:44:20
рабочий ход	14:48:08
остановка, очистка жатки	14:51:00
рабочий ход	14:57:20
поворот	14:57:37
рабочий ход	15:00:05
поворот	15:07:26
рабочий ход	15:07:57
поворот	15:10:15
рабочий ход	15:10:59
поворот	15:16:39
рабочий ход	15:16:53
поворот	15:20:19
рабочий ход	15:20:58
поворот	15:26:14
холостой ход	15:28:20
рабочий ход	15:37:36
поворот	15:37:47
рабочий ход	15:43:49
переезд к разгрузке	15:45:18
выгрузка бункера	15:49:07
рабочий ход	15:59:07
поворот	16:00:15
рабочий ход	16:16:08
холостой ход	16:16:54
рабочий ход	16:21:33
поворот	16:22:08
рабочий ход	16:33:14
поворот	16:33:40
рабочий ход	16:35:56
дозаправка	17:07:21
конец наблюдений	

Таблица И.10

Исходная информация к полевым наблюдениям

Вид работы	Прямое комбайнирование
Место проведения	с. Козьмодемьяновка, ООО Приамурье
Дата проведения	27.10.2013
Состав агрегата	комбайн+жатка 7 м
Сельхоз. машина Марка	Vector 410
Культура, сорт	соя, Даурия
Год выпуска	2008
ФИО механизатора	Журавлев Роман Павлович
Возраст, лет	40
Стаж по специальности, лет	6
Расход топлива, л	
Наличие на начало наблюдений, л	540
Дозаправка, л	135
Остаток на конец наблюдений, л	
Время прохождения 100 м, с	60

начало наблюдений	11:41:40
ТО	12:45:06
обед	12:57:11
переезд	12:57:57
завод р.о.	12:58:25
рабочий ход	13:01:31
поворот	13:01:47
рабочий ход	13:03:32
поворот	13:03:52
рабочий ход	13:24:12
остановка, поправляет зеркало	13:24:50
переезд	13:25:11
ожидание машины	13:27:37
выгрузка	13:29:42
подготовка к работе	13:29:57
переезд	13:30:13
рабочий ход	13:36:22
холостой ход	13:36:32
рабочий ход	13:40:35
холостой ход	13:41:18
рабочий ход	13:44:11
холостой ход	13:44:46
рабочий ход	13:50:43
холостой ход	13:51:26
рабочий ход	13:55:52
холостой ход	13:56:34
рабочий ход	13:57:53
переезд	13:58:14
ожидание машины	13:59:27

выгрузка	14:01:36
подготовка к работе	14:02:02
переезд	14:02:25
рабочий ход	14:03:15
холостой ход	14:04:02
рабочий ход	14:06:13
поворот	14:06:32
остановка по лич.надоб	14:07:25
рабочий ход	14:09:15
поворот	14:09:35
рабочий ход	14:14:46
остановка талон ожидает	14:15:04
рабочий ход	14:17:32
холостой ход	14:17:39
рабочий ход	14:18:12
холостой ход	14:18:37
рабочий ход	14:20:40
остановка, загреб землю	14:20:54
рабочий ход	14:26:20
холостой ход	14:26:50
рабочий ход	14:28:32
холостой ход	14:28:56
рабочий ход	14:31:13
переезд	14:31:32
ожидание машины	14:34:20
переезд	14:35:30
ожидание машины	14:41:25
выгрузка	14:43:44
переезд	14:44:28
рабочий ход	14:47:11
холостой ход	14:47:26
рабочий ход	14:49:00
холостой ход	14:49:20
рабочий ход	14:50:00
поворот	14:50:20
рабочий ход	14:52:55
холостой ход	14:53:14
рабочий ход	14:56:20
поворот	14:56:38
рабочий ход	14:59:30
поворот	14:59:50
рабочий ход	15:01:15
поворот	15:01:26
рабочий ход	15:01:45
холостой ход	15:03:58
рабочий ход	15:06:28
холостой ход	15:07:24
рабочий ход	15:10:36

холостой ход	15:10:56
рабочий ход	15:14:03
холостой ход	15:14:27
выгрузка	15:16:35
талон ожидает	15:16:57
завод р.о.	15:17:12
переезд	15:17:20
рабочий ход	15:18:43
поворот	15:19:00
рабочий ход	15:20:02
холостой ход	15:21:25
рабочий ход	15:26:53
поворот	15:27:03
рабочий ход	15:27:43
поворот	15:27:54
рабочий ход	15:32:52
поворот	15:33:05
рабочий ход	15:33:30
поворот	15:33:51
рабочий ход	15:39:13
холостой ход	15:39:40
рабочий ход	15:43:40
переезд	15:44:08
ожидание машины	15:45:07
выгрузка	15:47:23
переезд	15:48:07
рабочий ход	15:53:09
остановка по лич.надоб	15:54:08
холостой ход	15:54:18
рабочий ход	15:55:00
холостой ход	15:55:42
рабочий ход	16:06:17
поворот	16:06:35
рабочий ход	16:06:46
холостой ход	16:07:13
рабочий ход	16:08:09
холостой ход	16:08:33
рабочий ход	16:14:40
холостой ход	16:15:03
рабочий ход	16:15:38
переезд	16:15:48
ожидание машины	16:16:08
выгрузка	16:18:28
завод рабочих органов	16:18:43
переезд	16:19:41
рабочий ход	16:22:24
холостой ход	16:22:55
рабочий ход	16:34:06

холостой ход	16:36:09
рабочий ход	16:46:21
переезд	16:47:38
ожидание машины	16:48:15
выгрузка	16:50:43
переезд	16:51:29
рабочий ход	17:05:16
поворот	17:05:32
рабочий ход	17:06:17
поворот	17:06:33
рабочий ход	17:08:13
поворот	17:08:32
рабочий ход	17:16:31
остановка, впереди комбайн	17:16:42
рабочий ход	17:17:45
переезд	17:18:01
ожидание машины	17:21:25
выгрузка	17:23:52
отдает талон	17:24:14
переезд	17:24:32
рабочий ход	17:26:10
поворот	17:26:15
рабочий ход	17:32:40
поворот	17:32:52
рабочий ход	17:33:05
поворот	17:33:18
рабочий ход	17:33:24
поворот	17:33:44
рабочий ход	17:33:54
переезд	17:34:30
рабочий ход	17:49:49
поворот	17:50:03
рабочий ход	17:50:38
переезд	17:51:52
выгрузка	17:54:05
переезд на ужин	17:54:58
конец наблюдений	18:07:00

Учебное издание

*Лонцева Ирина Александровна,
Лазарев Вадим Иванович*

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебное пособие

В редакции составителей

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.

Подписано к печати 27.11.2015 г. Формат 60×90/16.

Уч.-изд.л. – 8,8. Усл.-п.л. – 11,6.

Тираж 50 экз. Заказ 147.

