

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ  
РЕВОЛЮЦИИ И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

---

ФАКУЛЬТЕТ БИОТЕХНОЛОГИИ И АКВАКУЛЬТУРЫ

КАФЕДРА КОРМЛЕНИЯ И РАЗВЕДЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И БИОМЕТРИИ

для специальностей  
1-74 03 01 Зоотехния  
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство

Горки  
БГСХА  
2021

**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ  
РЕВОЛЮЦИИ И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

---

**ФАКУЛЬТЕТ БИОТЕХНОЛОГИИ И АКВАКУЛЬТУРЫ**

**КАФЕДРА КОРМЛЕНИЯ И РАЗВЕДЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ**

**СОГЛАСОВАНО**  
Председатель методической  
комиссии факультета биотехно-  
логии и аквакультуры  
А.Г. Марусич  
26.01.2021 г.

**СОГЛАСОВАНО**  
Декан факультета биотехнологии  
и аквакультуры  
А.И. Портной  
26.01.2021 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
И БИОМЕТРИИ**

**для специальностей  
1-74 03 01 Зоотехния  
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство**

**Горки  
БГСХА  
2021**

## **РЕКОМЕНДОВАН К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой кормления и разведения сельскохозяйственных животных учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 6 от 28.01.2021 г.);

Методической комиссией факультета биотехнологии и аквакультуры учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 5 от 30.01.2021 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол №5 от 27.01.2021 г.)

### **Составители:**

*Измайлович И.Б.*, доцент кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

*Давыдович Е.В.*, доцент кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

### **Рецензенты:**

*Букас В.В.*, доцент кафедры экономики и организации сельскохозяйственного производства УО «ВГАВМ», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

*Козинец А.И.*, заведующий опытно-экспериментальной научно-производственной лабораторией кормовых добавок и биопродуктов РУП «НПЦ Национальной академии наук Беларуси по животноводству», кандидат сельскохозяйственных наук.

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И БИОМЕТРИИ:** учебно-методический комплекс / Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия. Сост. И.Б. Измайлович, Е.В. Давыдович. – Горки, 2021. – 122 с.

© Учреждения образования  
«Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА</b> .....	5
<b>1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b> .....	7
1.1. Примерные тематические планы лекций.....	7
1.2. Опорный конспект лекций.....	8
1.3. Перечень тем теоретического материала, выносимых на самостоя- тельное изучение.....	88
<b>2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b> .....	90
2.1. Тематические планы лабораторных занятий.....	90
2.2. Методические материалы для выполнения лабораторных работ.....	91
2.3. Темы, выносимые на самостоятельное изучение.....	104
<b>3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ</b> .....	105
3.1. Вопросы, выносимые на зачет.....	105
3.2. Критерии оценки знаний по учебной дисциплине.....	106
<b>4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ</b> .....	107
4.1. Учебная программа учреждения высшего образования.....	107
4.2. Список учебно-методической литературы.....	122

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

УМК предназначен для оказания помощи в изучении и систематизации теоретических знаний, формирования практических навыков работы как в предметной области, так и в системе дистанционного образования или в традиционной образовательной системе с использованием информационных технологий. УМК содержит не только теоретический материал, но и практические задания, тесты, дающие возможность осуществления самоконтроля и т.п.

В УМК могут входить не только традиционные (учебник, хрестоматия, сборник ситуаций), но и новые книжные жанры (учебник-хрестоматия, учебник-словарь, рабочая тетрадь), а также такие базы данных как электронные гипертексты, дистанционные задания.

База вопросов и тестов распределена по элементам УМК, а внутри элемента по разделам, темам, лабораторным работам и т.д. Режим контроля преподавателем предполагает наличие перечня контрольных тестов, сформированных из общего перечня контрольных вопросов случайным образом. *Учебная программа* – документ, в котором определен перечень тем, номенклатура изучаемых вопросов, объединенных в темы и подтемы, последовательность их изучения, время, отводимое на основные части курса. В программе раскрываются цели и задачи дисциплины, ее связь с другими предметами, содержание тем, определяются области и характер знаний, умений и навыков (компетенции), которыми учащийся должен овладеть в результате изучения дисциплины. В программах перечисляются виды учебных занятий в зависимости от формы обучения, обозначается круг литературных источников, который учащиеся должны использовать для наиболее полного овладения дисциплиной.

*Курс лекций* – тексты лекций одного или нескольких авторов по отдельным темам или по дисциплине в целом. Рассматривается как дополнение к учебнику, которое развивает его содержание за счет новых оригинальных материалов и показывает обучающемуся методологические аспекты учебного материала. Главное назначение лекции – обеспечить теоретическую основу обучения, развить интерес к учебной деятельности и конкретной учебной дисциплине, сформировать у обучающихся ориентиры для самостоятельной работы над курсом. Лекции должны соответствовать учебной программе по данной дисциплине, они составляются на базе уже прочитанного материала. Автор раскрывает конкретные проблемы, ставит спорные вопросы, аргументирует собственную позицию.

Методика чтения лекций зависит от этапа изучения предмета и уровня общей подготовки обучающихся, форма ее проведения – от характера темы и содержания материала.

*Лабораторное занятие* – форма организации учебного процесса, направленная на закрепление теоретических знаний путем обсуждения первоисточников и решения конкретных задач, проходящее под руководством преподавателя. На таких занятиях идет осмысление теоретического материала, формируется умение убедительно формулировать собственную точку зрения, приобретаются навыки профессиональной деятельности. Формы проведения практических занятий могут быть различными: занятия по изучению языка, решение задач, семинары, практикумы.

*Методическое пособие* включает материалы по методике преподавания учебной дисциплины, изучения курса, выполнения курсовых и дипломных проектов, контрольных работ, организации самостоятельной работы учащихся. В них дается характеристика методов овладения дисциплиной. Издания данного вида помогают организовать работу учащегося и преподавателя. В методические рекомендации и указания должны быть включены требования к содержанию, оформлению и защите курсовых и дипломных проектов. Особую группу составляют методические указания по организации самостоятельной работы учащихся, которые готовятся по каждому предмету (дисциплине). Указания содержат общую характеристику дисциплины (цели, задачи ее изучения, комплекс предметов, на которые она опирается), а также форм, методов и видов самостоятельной работы учащихся (изучение литературных источников, конспектов лекций, подготовка к практическим занятиям, семинарам, составление докладов выступлений и др.). Излагаемый материал должен показать особенности самостоятельной работы по данной дисциплине, раскрыть общие требования к знаниям и навыкам, которые формируются при ее изучении.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1. Примерный тематический план лекций для студентов факультета биотехнологии и аквакультуры по специальности 1-74 03 01 Зоотехния, 1-74 03 03 Промышленное рыбо- водство / 1-74 03 01 Зоотехния(ССО)

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов	Дата
1	Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии	2/2	
2	Методы постановки зоотехнических опытов	4/2	
3	Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов	2/-	
4	Опыты по переваримости кормов и обмену веществ	2/-	
5	Предмет и основные понятия биометрии	6/2	
6	Описательная статистика. Средние величины	2/2	
7	Статистическая гипотеза. Репрезентативность выборочных показателей	2/2	
8	Основы дисперсионного анализа	2/2	
9	Корреляционный анализ	2/2	
10	Регрессионный анализ	2/2	
11	Математический анализ опытных данных	2/-	
12	Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы	2/-	
13	Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта	2/-	
14	Основы изобретательства и патентования	2/-	
Итого:		34/16	

## 1.2. Опорный конспект лекций

### Лекция 1. Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии

#### 1. Роль науки в народном хозяйстве. Предмет и задачи курса.

Уровень развития и эффективность работы любой отрасли народного хозяйства во многом определяются состоянием научно-технического прогресса и степенью применения научных достижений в практике. Животноводство – как часть народного хозяйства, не является исключением. Большую пользу в наращивании производственного потенциала отрасли оказывает использование достижений генетики и селекции, кормления на основе знаний физиологии и биохимии питания.

Не менее важную роль играет внедрение передового опыта и технологий в разнообразные технологические процессы с учетом биологических особенностей животных. Все научные достижения в сельском хозяйстве, а также передовой опыт возникают в результате проведения научных исследований, которые представляют собой логически связанной цепочки операций или опытов с подопытными животными, искусственно изъятыми из производственного процесса. Эффективность научно-исследовательской работы во многом определяется формулировкой грамотной рабочей гипотезы, правильностью методического подхода к решению проблемы и верной обработкой, а также интерпретацией полученных данных.

Поэтому главной задачей курса является усвоение общей методики зоотехнических и физиологических исследований, изучение планирования, организации и проведения опытов, математических способов обработки полученных данных и их анализ.

#### 2. Характеристика основных общебиологических методов исследований.

Среди всех методов научных исследований наиболее важными являются: *наблюдения, обследование, историческое сравнение, логический или аксиоматический метод и экспериментальный метод.*

**Наблюдение** – целенаправленное исследование объекта или явления в том виде, в каком они существуют в природе и являются доступными для восприятия человеком. От простого восприятия наблюдение отличается целенаправленностью. **Научное наблюдение включает** в себя *выбор объекта, цель наблюдения, описание и выводы.* Для наблюдения за объектом используются различные технические средства, которые обеспечивают математическое выражение получаемой информации. Наблюдение фиксирует естественное состояние объекта, не вмешиваясь в естественный ритм.

**Обследование** – изучение и описание явления или объекта путем измерения с помощью органов чувств и различных аппаратов и приборов в естественной для объекта обстановке. Измерения могут быть *прямыми, косвенными, совокупными и совместными.* Прямые –

получают путем отсчета показаний на измерительном приборе. Косвенные – получают прямым измерением нескольких величин, функционально связанных с измеряемой величиной, и вычисляют ее по уравнению функциональной связи  $d=f(a,b,c)$ . Совокупные измерения – искомые величины определяют путем решения системы уравнений. Совместные измерения – две или несколько неоднородных величин измеряются одновременно для нахождения зависимости между ними.

Кратность и частота проведения измерения данной величины зависит от требуемой точности, степени изменчивости и разброса изучаемого признака,

**Историческое сравнение** – метод, при котором изучаются и сопоставляются материалы, характеризующие состояние животных стада, породы в разное время. При сравнении продуктивности, экстерьерных показателей и т.д. за определенное время (месяц, год, ряд лет) можно определить, как повлиял тот или иной фактор на эти показатели (отбор, подбор, условия содержания, уровень и характер кормления), который воздействовал на животных в течение этого периода времени.

**Логический метод** – этот метод обобщает материал или факты, накопленные другими методами для построения новых выводов, новых рабочих гипотез, которые необходимо проверять, в свою очередь, другими методами.

**Экспериментальный метод** – является основным в зоотехнии. Эксперимент – исследование объекта или явления в искусственно создаваемых, регулируемых и контролируемых условиях, которые позволяют следить за ходом различных процессов и ответными реакциями у животных. Эксперимент дает возможность исследователю менять как условия, в которых содержатся животные, так и сами объекты исследования и вместе с тем вести контроль и измерение изучаемых явлений. В этом его основное преимущество по сравнению с обычным наблюдением. Кроме того, эксперимент является средством внедрения в производство новейших достижений науки, так как научные достижения не могут быть в готовом виде перенесены в производство.

Зоотехнические эксперименты делятся на *физиологические, научно-хозяйственные и производственные*. По своему существу зоотехнические опыты являются сравнительными, так как в них сравнивается действие изучаемых факторов на одних и тех же животных или сходных – животных-аналогах, а так же действие одинакового фактора на разных животных, отличающихся по виду, породе, полу, возрасту, продуктивности.

**Физиологические опыты** (научные) – проводятся в строго регламентированной обстановке, в той или иной степени отдаленной от хозяйственных условий и призваны ответить на вопросы физиологического, биохимического, микробиологического и генетического характера. Могут осуществляться на фоне научно-хозяйственного опыта или отдельно от него. Чаще всего в физиологических опытах изучают переваримость, баланс и использование питательных веществ кормов, влияние различных факторов на процессы пищеварения животных и др.

**Научно-хозяйственные опыты** – являются основным методом зоотехнических исследований. Проводятся в обстановке типичной для производственного процесса. В научно-хозяйственных опытах изучают влияние различных факторов на хозяйственно полезные качества животных.

**Производственный (хозяйственный) опыт** – служит для подтверждения всех технологических и экономических результатов полученных в научно-хозяйственных опытах. Дело в том, что большая вариабельность хозяйственно полезных признаков обуславливает необходимость увеличения числа животных задействованных в опыте, для увеличения степени достоверности полученных результатов. Однако в научно-хозяйственном опыте число животных ограничено и при проведении тех же исследований на большом поголовье в обычных производственных условиях, влияние изучаемого фактора может оказаться малозаметным или вовсе неэффективным. Поэтому результаты научно-хозяйственных опытов необходимо закреплять производственными испытаниями в аналогичных хозяйственных условиях. Производственный эксперимент имеет следующие особенности:

1. Производственные испытания служат для проверки результатов научно-хозяйственных опытов и внедрения научных достижений в сельскохозяйственное производство.

2. Производственный эксперимент может иметь большую длительность, которая в зависимости от специфики исследований может достигать нескольких десятков лет.

3. Большой охват числа животных.

4. Включение в опыт иногда нескольких крупных хозяйств, находящихся в разных природно-климатических зонах.

### **3. Структура процесса исследований**

1. Выбор темы и постановка задачи. Тема может быть заимствована из литературы или возникнуть в результате анализа ранее проделанных работ. Кроме того, могут быть повторены ранее проведенные исследования, но на новом материале, с применением новых методов. Тема может быть выбрана в результате предугадывания еще не обнаруженных связей, явлений. После этого формулируется задача исследований, которая должна включать в себя знание принципиальной возможности решения данной проблемы, перечень исходных условий и методов решения.

2. Сбор информации. Представляет собой систематизацию технических и теоретических средств решения данной задачи, аналогичных сведениях по данной проблематике. Необходим и поиск информации в смежных областях науки. Весь собранный материал заносится в специальную карточку и тщательно анализируется. В карточке указывают ФИО автора, название работы, где напечатана, год издания, страница и краткое содержание.

3. Первоначальная гипотеза. Гипотеза – научное предположение, выдвигаемое для объяснения какого-либо явления, еще недостаточно проверенное. Гипотеза обычно появляется после постановки конкретной задачи исследований и обработки большого количества литературных данных. Этот этап

возможен лишь на основе четкой формулировки задачи исследований и анализа собранной информации. Обычно выдвигается несколько гипотез, которые в последующей работе или опровергаются или оправдываются.

4. Разработка и утверждение методики эксперимента. От правильности методического подхода к решению поставленной задачи зависит исход всей научно-исследовательской работы. Поэтому этот этап является очень ответственным. Методику исследований обычно утверждают на совещании специалистов, после обсуждения.

5. Эксперимент. Осуществляется в строгом соответствии с утвержденной методикой. В результате эксперимента происходит эмпирическая проверка справедливости выдвинутой гипотезы или ее опровержение. Кроме того, по ходу опыта рабочая гипотеза может быть пересмотрена и видоизменена, такой эксперимент называется разведочным и он осуществляется в несколько этапов.

6. Обработка экспериментальных данных. Ее проводят после окончания опыта, применяя соответствующие методы вариационной статистики (биометрии). Как правило, вычисляют среднюю арифметическую, ошибку средней, коэффициент изменчивости, критерий достоверности и уровень значимости.

7. Выводы. Должны быть четкими и конкретными, кратко отражающими основное содержание проведенных исследований.

8. Подготовка к внедрению. Данный этап является заключительным и служит для внедрения результатов научных исследований в сельскохозяйственное производство. Пред внедрением результатов научных опытов проводится их производственная проверка на большом поголовье животных в условиях конкретного производства. Внедрение научных разработок подтверждается актом внедрения.

## **Лекция 2. Методы постановки зоотехнических опытов**

### **1. Классификация методов зоотехнических исследований.**

Центральным звеном в подготовке и проведении любого эксперимента является методика исследований, т. е. комплекс и последовательность специфических операций над подопытными животными. В основе зоотехнических опытов заложен метод сравнения, где на основе сходства и равенства между группами всех факторов, за исключением изучаемого, устанавливают его влияние. При этом один из вариантов опыта принимается за контрольный, а другие – за опытные.

Применяемые в настоящее время схемы зоотехнических исследований основаны на принципах *аналогичных групп* и *групп периодов*.

При постановке опытов по принципу групп-аналогов формируют несколько групп животных. Этот метод включает методы *обособленных и интегральных групп*. Метод обособленных групп подразделяется на методы: *однойцовых двоек, пар-аналогов, сбалансированных групп-аналогов,*

*министада*, а метод интегральных групп подразделяется на *однофакторный и многофакторный*.

## 2. Сущность методов зоотехнических исследований.

Выбор схемы исследований зависит от цели эксперимента и количества животных имеющихся в распоряжении. Наиболее точным методом из перечисленных является *метод однойцовых двоен*, т. к. в опыте находятся животные с одинаковой наследственностью. Этот метод чаще используют при постановке опытов на крупном рогатом скоте, овцах и козах. Преимущество данного метода состоит в том, что в составе контрольной и опытных групп находятся максимально идентичные животные: по генотипу, возрасту живой массе, конституции. Поэтому результаты, полученные в опытах с такими животными, получаются наиболее объективные, так как на их результат в наименьшей степени влияют индивидуальные особенности животных.

Главным недостатком метода является то, что в данном случае очень сложно подобрать пары животных в контрольную и опытную группу одинакового пола и необходимого количества. Можно отобрать лишь две группы – контрольную и одну опытную, и, следовательно, изучить в опыте влияние только одного фактора.

**Метод пар-аналогов.** Данный метод является основным, наиболее универсальным и широко распространенным методом зоотехнических исследований.

Метод основан на подборе относительно аналогичных пар животных в сравниваемые группы. Основное условие: парная структура в организации опыты, строгая фиксация положения в группе каждого животного по отношению к животным других групп. Число групп зависит от количества изучаемых факторов, причем одна из групп обязательно должна быть контрольной, с которой сравнивают остальные группы. При подборе животных в группы учитывают породу, породность, пол, происхождение, возраст, живую массу, упитанность, продуктивность и др. При этом должна соблюдаться максимальная аналогичность животных в парах – правильно сформированные группы животных не должны иметь достоверных различий между собой по всем параметрам отбора. Степень влияния изучаемого фактора определяют по разнице между контрольной и опытной группой животных. После подбора пар животных в группы, определяют какая из них будет контрольная, а какая или какие опытными. Выбор осуществляют рэндомизировано, т.е. с помощью жеребьевки. Схема опыта приведена в таблице.

*Схема организации опыта по методу пар-аналогов*

Группа	Уравнительный период	Переходный период	Главный (учетный) период
Контрольная	Основной комплекс (ОК)	Основной комплекс (ОК)	Основной комплекс (ОК)
Опытная	Основной комплекс (ОК)	Постепенный переход на режим опыта	ОК + изучаемый фактор
Минимальная длительность периода	15 суток	7-10 суток	1,5-2 месяца

**Метод сбалансированных групп-аналогов.** Этот метод применяется в том случае, когда нет возможности отобрать необходимое количество аналогичных пар животных согласно схеме опыта и нет достаточных данных об их происхождении. Поэтому для опыта отбирают примерно одинаковых животных по возрасту, живой массе, т.е. по фенотипическим признакам, в количестве 1,5-2 раза больше, чем нужно для метода пар-аналогов. Этим компенсируются возможные генотипические различия животных. В этом методе соблюдается лишь аналогичность сравниваемых групп по их средним показателям в целом, а не аналогичность отдельных пар животных. Отобранных для опыта животных по группам распределяют случайным методом (рэндомизировано), что является важным методическим моментом.

Метод групп-аналогов достаточно часто применяется в зоотехнических исследованиях и может дать достаточно обнадеживающие результаты только при высокой степени достоверности сравниваемых показателей ( $P < 0,05$  и выше). Для глубоких физиологических и биохимических исследований этот метод не применим.

**Метод министада.** Если нет возможности провести исследования описанными выше методами используют метод министада. Его используют преимущественно на взрослом крупном рогатом скоте и лошадях. Сущность метода состоит в том, что для изучения какого-либо вопроса отбирают большую группу животных, которая выделяется в производственную единицу. Состав этой группы должен быть копией общего стада по фенотипическим показателям, из которого она выделена, т. е. она должна иметь такую же структуру. Отбор животных в министадо проводят рэндомизированно (т.е. случайно), причем министадо является опытной группой, а основное стадо – контрольной. Формирование поголовья министада осуществляется следующим образом: все поголовье животных хозяйства (на пример коров) разбивают на группы с учетом возраста, породности, живой массы, лактации, продуктивности и т.д., затем от каждой такой группы отбирают по 10-15 % животных в министадо.

Обычно этим методом изучают технологические вопросы, а также влияние генетических факторов продуктивности.

Вторая разновидность метода основанного на принципе аналогичных групп является **метод интегральных групп**. Этот метод позволяет получить информацию о влиянии нескольких факторов в одном эксперименте. В данном случае имеется возможность установить влияние их наиболее оптимального соотношения. В исследовательской работе применяется две разновидности этого метода: *двухфакторный* и *многофакторный*.

**Метод двухфакторного комплекса.** Этим методом изучают влияние двух факторов одновременно при разном их уровне. Для этого отбирают необходимое количество групп животных в каждой из которых изучают влияние разных уровней двух факторов (на пример в первой группе скармливают рацион с высоким уровнем протеина и низким уровнем углеводов, во второй –

наоборот, а в третьей – с низким уровнем того и другого и т.д.). Отбор животных в группы осуществляют так же, как и в методе групп-аналогов.

*Двухфакторный комплекс*

Группы	Изучаемые факторы	
	Уровень протеина	Уровень углевода
I	Высокий	Низкий
II	Низкий	Высокий
III	Низкий	Низкий
IV	Высокий	Высокий

**Метод многофакторного комплекса.** Применяют когда необходимо изучить одновременное влияние многих факторов (более двух) при различных их сочетаниях. Метод имеет такую же схему, что и приведенный выше, но включает в себя большее число групп и, следовательно, является более громоздким, что затрудняет работу исследователя.

Схема проведения опытов с использованием метода интегральных групп.

*Многофакторный комплекс*

Группы	Изучаемые факторы		
	Уровень протеина	Уровень углевода	Уровень жира
I	Низкий	Низкий	Низкий
II	Высокий	Низкий	Низкий
III	Низкий	Высокий	Низкий
IV	Высокий	Высокий	Низкий
V	Низкий	Низкий	Высокий
VI	Высокий	Низкий	Высокий
VII	Низкий	Высокий	Высокий
VIII	Высокий	Высокий	Высокий

**Второй принцип зоотехнических исследований принцип групп-периодов.** Здесь выделяют методы: *периодов, параллельных групп-периодов, обратного замещения (стандартный и без контрольной группы), повторного замещения (двукратный и многократный), латинского квадрата (стандартный и по Лукасу).*

**Метод периодов.** Опыт проводят на одной группе и изучают влияние какого-либо фактора в течение нескольких последовательных периодов. Опыты следует проводить на животных закончивших рост, что бы исключить влияние возрастного фактора. Весь опыт делят на несколько периодов. В первый период изучают продуктивность животных в обычных условиях (в кормленческом опыте – на основном рационе), во второй период – в основной рацион вводят изучаемый фактор и судят о его влиянии на продуктивность. В третий период животных вновь переводят на основной рацион и устанавливают, действительно ли изменения в продуктивности животных было вызвано действием изучаемого фактора, а не случайным стечением обстоятельств.

Преимущества метода заключается в том, что опыты проводят на одних и тех же животных, следовательно, исключается влияние индивидуальных

особенностей животных. Недостатки метода – относительно короткие сроки проведения опыта, трудности учета влияния одного рациона на другой. На результаты исследований может влиять так называемый фактор времени, т.е. изменения погодных условий, физиологического состояния (возрастные изменения, изменения, связанные с фазами цикла размножения, лактации). Поэтому этот метод чаще используется при постановке относительно коротких кормленческих опытов.

*Схема проведения опытов методом периодов*

Предварительный период	Первый опытный период	Второй (главный) опытный период	Переходный период	Заключительный (контрольный) период
Основной рацион (ОР)	Основной рацион (ОР)	ОР + изучаемый фактор	Основной рацион (ОР)	Основной рацион (ОР)
15 суток	25-30 суток	30-60 суток	15 суток	25-30 суток

**Метод параллельных групп периодов.** Применяют для сравнительного изучения влияния нескольких факторов. Для изучения влияния отдельного фактора выделяют отдельную группу, т.е. от числа изучаемых факторов будет зависеть количество групп. Здесь возможна независимая оценка влияния каждого изучаемого фактора в отдельности, а так же сравнение их относительной эффективности если опытные группы животных комплектовались аналогичными животными. Применяется редко и, главным образом, в краткосрочных опытах по кормлению.

*Организация опыта методом параллельных групп-периодов*

Группа	Предварительный период	Первый опытный период	Второй опытный период (главный)	Заключительный (контрольный)
I	Основной рацион (ОР)	Основной рацион (ОР)	ОР+изучаемый фактор	Основной рацион (ОР)
II	Основной рацион (ОР)	Основной рацион (ОР)	ОР+изучаемый фактор	Основной рацион (ОР)
	15 суток	25-30 суток	30-60 суток	25-30 суток

**Метод групп-периодов с обратным замещением.** Данный метод объединяет два выше приведенных метода. Метод имеет два варианта: *стандартный и без контрольной группы*. В стандартном методе вводят контрольную группу, во втором – ее исключают. При этом методе сравнивают изучаемые показатели в двух направлениях: между группами животных и между периодами опыта, что обеспечивает получение наиболее достоверных данных. Между первым и вторым (главным) опытными периодами опыта иногда вводят переходный период. Во втором варианте опыта (без контрольной группы) исключают контрольную группу, однако вводят дополнительный контрольный (заключительный) период.

*Схема организации опыта по методу групп-периодов с обратным замещением (стандартный)*

Группы	Подготовительный (уравнительный) период	Переходный период	Первый опытный период	Второй опытный период
--------	---	-------------------	-----------------------	-----------------------

I-Контрольная	Основной рацион (ОР)	Постепенный переход на режим опыта	ОР	ОР
II-опытная	Основной рацион (ОР)		ОР+фактор А	ОР+фактор Б
III-опытная	Основной рацион (ОР)		ОР+фактор Б	ОР+фактор А
	15 суток	15 суток	30-60 суток	30-60 суток

*Схема организации опыта по методу групп-периодов с обратным замещением (без контрольной группы)*

Группы	Подготовительный (уравнительный) период	Переходный период	Опытный период		Контрольный период
			I	II	
I-опытная	ОР	ОР+А	ОР+А	ОР+Б	ОР+А
II-опытная	ОР	ОР+Б	ОР+Б	ОР+А	ОР+Б
	15 суток	7-10 суток	30-60 сут.	30-60 сут.	25-30 сут.

**Метод повторного замещения.** Метод разработан для того, чтобы многократно оценить справедливость полученных в опыте результатов и учесть влияние фактора времени. Этот метод сочетает достоинства группового метода и метода периодов и позволяет многократно сравнивать полученные результаты. Чаще всего этот метод используется при постановке опытов по кормлению коров.

Сущность метода состоит в следующем. Формируют три группы животных по пять голов в каждой, причем одна из них контрольная. В подготовительный период опыта животные контрольной и опытных групп получают основной рацион и по 50 % из двух изучаемых видов корма. Основной период опыта делят на 6 подпериодов и в каждый из подпериодов контроль получает тот же рацион, а животные опытных групп – попеременно один из изучаемых видов кормов. Поэтому за основной период опыта каждый вид корма будет изучен три раза, а в целом по двум группам – 6 раз. Таким способом достигается трехкратная повторность. При необходимости изучения большего, чем двух, количества факторов формируют соответствующее количество опытных групп (т.е. по группе на фактор) и соответственно увеличивают количество подпериодов в основном периоде опыта. Группы формируют по принципу пар-аналогов или групп-аналогов.

*Проведение опытов методом повторного замещения*

Периоды опыта	Группы		
	Контрольная	I-опытная	II-опытная
Подготовительный период (20 дней)	ОР+50 %А+50% Б		
Основной период (120 дней)			
I опыт (20 дней)	ОР+50 %А+50% Б	ОР+100 % А	ОР+100 % Б
II опыт (20 дней)		ОР+100 % Б	ОР+100 % А
III опыт (20 дней)		ОР+100 % А	ОР+100 % Б
IV опыт (20 дней)		ОР+100 % Б	ОР+100 % А
V опыт (20 дней)		ОР+100 % А	ОР+100 % Б
VI опыт (20 дней)		ОР+100 % Б	ОР+100 % А
Заключительный период (20 дней)	ОР+50 %А+50% Б		

**Метод латинского квадрата.** Этот метод является дальнейшим развитием метода групп-периодов и позволяет на небольшом числе животных

провести опыты по оценке действия различных факторов на хозяйственно-полезные признаки животных и получить достоверные результаты. Стандартный метод латинского квадрата состоит в том, что действие изучаемого фактора оценивается на индивидуальном животном. При постановке опыта по этой схеме необходимо учитывать следующие положения:

1. Число периодов должно соответствовать числу групп или факторов.
2. Число животных в группах должно быть кратным числу периодов опыта.
3. Все животные, поставленные на опыт должны быть сохранены до конца опытов. В противном случае математическая обработка будет сильно затруднена.
4. Для комплектования групп подбираются сходные по зоотехническим качествам животные, а их распределение по группам производится случайно.

*Схема проведения опытов по методу латинского квадрата*

№ животного	Период			
	Предварительный	I	II	III
1	OP	OP+A	OP+B	OP+V
2	OP	OP+B	OP+V	OP+A
3	OP	OP+V	OP+A	OP+B

Схема латинского квадрата по Лукасу отличается от традиционной тем, что она позволяет устранить последствие изучаемого фактора, путем введения дополнительного экстрара периода, который является повторением последнего периода опыта.

*Схема проведения опытов методом латинского квадрата по Лукасу*

№ животного	Период				
	Предварительный	I	II	III	Заключительный
1	OP	OP+A	OP+B	OP+V	OP+A
2	OP	OP+B	OP+V	OP+A	OP+B
3	OP	OP+V	OP+A	OP+B	OP+V

### **Лекция 3. Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов**

1. Классификация этапов достоверности проведения экспериментов.

Достоверность результатов исследований в опытах на животных, прежде всего, зависит от строгого соблюдения и выполнения методики опыта. При ее разработке четко формулируется цель и составляется конкретная схема опыта. Кроме того, важно обеспечить ряд конкретных условий, от которых зависит достоверность результатов зоотехнических опытов. К числу этих условий относят: выбор хозяйства, определение объема опытов, их повторность и продолжительность, размещение и содержание подопытных животных, организация учета кормов и результатов экспериментов, соблюдение техники безопасности, ведения документации по опытам и др.

Выбор хозяйства для проведения опытов. Среди всех видов опытов наибольшее распространение получили научно-хозяйственные и хозяйственные

(производственные), проводимые непосредственно в хозяйствах. От того, насколько правильно выбрано хозяйство, во многом зависит успех опыта. Поэтому важно знать требования к хозяйствам, где проводятся опыты.

Хозяйство должно иметь:

достаточное количество животных определенной половозрастной группы на ферме (комплексе), необходимое для формирования подопытных групп. Если опыты проводятся на коровах, на ферме должно быть не менее 200 животных. При меньшем количестве коров отобрать 25-30 аналогов практически невозможно;

животноводческие помещения, отвечающие зоогигиеническим требованиям: температура, влажность, освещение, плотность размещения животных должны находиться в пределах зоотехнических нормативов, желательна механизация производственных процессов, в частности, доения, уборки навоза. Сложнее с механизацией кормораздачи. Дело в том, что при раздаче корма с помощью ленточных транспортеров или мобильных кормораздатчиков затрудняется учет кормов;

хорошо налаженный зоотехнический учет, отражающий данные о происхождении животных, их продуктивности, физиологического состояния, живой массе и др.;

прочную кормовую базу, которая определяет зоотехнический фон, т.е. уровень продуктивности животных. Этот фон должен быть достаточно высоким, ведь опыты на низкопродуктивных животных дают искаженные результаты. Во всяком случае, для проведения опыта должно быть забронировано достаточное количество необходимых кормов. Хозяйство должно быть благополучным по инфекционным и инвазионным заболеваниям, которые снижают продуктивность на 40-80 %.

Для опытов необходимо подбирать заведомо здоровых животных, прошедших обязательный ветеринарный осмотр. При подозрении на определенное заболевание таких животных лучше не отбирать в подопытные группы, так как это скажется на их продуктивности. Переболевших животных также нежелательно использовать в опытах, так как перенесенные заболевания во многом снижают генетический потенциал и продуктивность.

Место расположения хозяйства должно быть удобным для проведения опыта. Так, сотрудники кафедры кормления с.-х. животных УО ВГАВМ проводили опыты в таких хозяйствах Витебского района как ЗАО «Возрождение» и «Ольговское», бройлерная птицефабрика, имеющие удобное транспортное сообщение. А в других даже и подходящих по всем параметрам, но далеко расположенных хозяйствах проводить опыты затруднительно.

Хозяйство должно располагать квалифицированными кадрами. Успех опыта во многом зависит от тех, кто кормит, обслуживает животных, от их добросовестного труда.

Руководитель и специалисты хозяйства также должны содействовать проведению опыта. Необходимо их заинтересовать в проведении опыта, в обеспечении его успеха, так как внедрение результатов исследований в производство может дать определенный положительный эффект. Иногда руководители неохотно соглашались на проведение опытов, так как их постановка связана с

перегруппировкой животных, а это вызывает стресс, снижение продуктивности. Например, одна перегруппировка свиней ведет к удлинению продолжительности откорма на неделю. Проведение опыта требует также дополнительных производственных площадей, дополнительных рабочих рук – это тоже определенные проблемы.

Эти требования должны учитывать и студенты, выполняющие дипломные работы экспериментального характера, при определении места производственной практики.

Определение объема опыта, или числа животных в группах. При постановке опыта важно определить оптимальное число животных в группе. Чем больше животных, тем легче доказать достоверность полученных данных и казалось бы, чем больше животных, тем лучше, но это далеко не так. Многочисленные группы трудно сформировать, сложно обеспечить всем животным в больших группах одинаковые условия кормления и содержания. В больших группах затрудняется учет продуктивности, физиологических показателей, а значит, снижается глубина исследования. При этом также увеличиваются затраты на проведение опыта.

При определении числа животных в группах учитывают:

вид опыта – в разведывательных (ориентировочных) опытах количество животных может быть меньшим (5-6 голов в группе), чем в основных (10-20 голов);

вид животных – в опытах с крупным рогатым скотом и свиньями достаточно 10-20 голов в группах, на овцах – 20-30 голов, на птице – 50-60 голов, в опытах на быках-производителях – 8 голов;

породность. У чистопородных животных изменчивость ниже, чем у помесей, поэтому чистопородных требуется меньшее количество;

возраст. Чем моложе животное, тем больше изменчивость, значит, молодняка требуется для опыта больше, чем половозрелых животных. Если для опыта отбирают коров первого отела, то их должно быть не менее 15 голов, половозрелых достаточно 10-12 голов;

зоотехнический фон. Высокая продуктивность, хорошие условия кормления и содержания ограничивают изменчивость признаков, а значит, с учетом этих факторов можно формировать меньшие группы;

ожидаемая точность опыта, или допустимый процент ошибки. Этот показатель характеризует изменчивость результатов опыта, он должен быть не более 5 %.

Для определения числа животных в группах используются формулы, специальные таблицы.

$$E = \frac{C_v td}{\sqrt{n}}$$

E – точность опыта или допустимый процент ошибки;

C<sub>v</sub> – коэффициент изменчивости;

td – критерий достоверности; n – число животных.

Из этой формулы следует

$$n = \left[ \frac{C_v td}{E} \right]^2$$

Если  $E = 5 \%$ ,  $CV = 5 \%$ ,  $td = 3$ , то количество животных в группах может

быть:  $n = \left[ \frac{5 \cdot 3}{5} \right]^2 = 9 \text{ голов}$

Следовательно, чем выше изменчивость и ожидаемый критерий достоверности и меньше допустимый процент ошибки, тем больше животных должно быть в группах.

Профессор П.Я. Аранди (1968) предложил следующую формулу для опреде-

ления необходимого числа животных в группах:  $n = 21,6 \cdot \frac{C_v^2}{D^2}$ , где

$C_v$  – коэффициент вариации;

$D$  – ожидаемая разница между средними показателями подопытных групп, %;

21,6 – коэффициент при ожидаемом уровне достоверности 0,95.

Например, в опытах с коровами коэффициент вариации молочной продуктивности составляет 6 %, ожидаемая разница между опытной группой и контрольной – 9 %, то подставляя названные величины в формулу, получим величину группы, которая состоит примерно из 10 коров  $n = 21,6 \cdot 6^2 : 9^2 = 10$ . Митчеллом и Гриндлеем предложена специальная таблица для определения необходимого числа животных в группе в зависимости от ожидаемой разницы в продуктивности (табл. 2).

## 2. Оптимальное число животных в группе

Крупный рогатый скот и свиньи		Овцы	
ожидаемая разность в приростах, %	число жи- вотных в группе	ожидаемая раз- ность в приростах, %	число жи- вотных в группе
50	1	50	2
40	2	40	2
30	3	30	4
20	5	20	8
15	9	15	14
10	20	10	31
5	80	5	121
2,5	317	2,5	482

В большинстве случаев при проведении опытов разница в приростах живой массы составляет 10-15 %. Следовательно, при ожидаемой разнице в приростах между группами в 10 %, требуется молодняка крупного рогатого скота и свиней – 20 голов, при 15 % - 9, для овец соответственно 31 и 14 голов в каждой группе. А.И. Овсянников считает, что при всех благоприятных условиях число животных в группе не может быть ниже 6-8, а в подавляющем числе случаев минимальным числом животных в группе следует считать 12.

Повторность и продолжительность опыта. Чтобы объективно оценить полученные результаты проводят биометрическую обработку для доказательства

достоверности. Но одной биометрической обработки для полной уверенности в получении объективных данных недостаточно. Эта уверенность будет тогда, если такие результаты будут получаться при повторении опытов во второй и третий раз.

Повторность опыта – необходимый критерий доказательства объективности полученных результатов. Для наиболее ответственных опытов их повторение является необходимостью. «Большие разочарования ждут неопытного экспериментатора, - писал академии И.П. Павлов – если он будет что-либо категорически утверждать на основании одного или двух опытов».

Научно-хозяйственные опыты должны иметь не менее двух повторностей. Повторные опыты можно проводить в те же календарные сроки в течение двух смежных лет. Например, влияние круглосуточной пастбы на продуктивность можно изучать в течение двух пастбищных периодов. Повторные опыты можно проводить в разные сезоны, например, чтобы сравнить качество приплода, полученного в зимнее-весенний и в летнее-осенний периоды.

Однако повторные опыты не следует понимать как механическое повторение только что проведенного эксперимента. Как правило, повторные опыты проводятся с более углубленными исследованиями (физиологическими, биохимическими и др.) с тем, чтобы вскрыть механизм процесса, определить причины выявленных закономерностей. К примеру, в научно-хозяйственном опыте установлено, что использование соломы, обработанной аммиачной водой более эффективно по сравнению с другими химическими веществами (известью). Чтобы установить причину, опыт повторили с более углубленными исследованиями, с определением переваримости питательных веществ, состава рубцовой микрофлоры и т.д.

Но бывает и наоборот. Опыты, проведенные с глубокими физиологическими и биохимическими исследованиями, но на небольшом числе животных, повторяют на большом поголовье с определением лишь показателей продуктивности и экономического эффекта. Речь в данном случае идет об апробации данных научно-хозяйственных опытов.

Но может случиться, что результаты повторных опытов не совпадают. Это может происходить в следующих случаях:

- если опыты проводят в других климатических зонах;
- в другое время года;
- на животных другой породы;
- при другом сочетании кормов рациона;
- при разном зоотехническом фоне.

Сочетание этих факторов, или даже действие одного из них может быть причиной расхождений. Например, чешские исследователи О. Квавпил и Р. Шиллер при изучении эффективности скрещивания свиней двух пород установили, что помеси при недостаточно высоком зоотехническом фоне (среднесуточные приросты около 400 г) по продуктивным качествам на 17,8 % превосходили чистопородных, при повторении опыта в условиях высокого зоотехнического фона (суточные приросты около 700 г) преимущество составило лишь 1,8 %.

Продолжительность опыта зависит от метода его постановки, цели и задач исследования, физиологического состояния животных (беременность, лактация), длительности производственного цикла (период выращивания или откорма).

Более надежные результаты получаются в длительных опытах. Кратковременные опыты могут привести к ошибочным результатам. Например, в условиях кратковременного опыта не выявлено отрицательного влияния безвыгульного содержания свиноматок на состояние их здоровья, в более длительных опытах установлено отрицательное действие такого содержания на усвоение железа, качество приплода, молочность.

При использовании периодического метода опыты должны быть непродолжительными, чтобы ограничить влияние случайных обстоятельств на результаты опыта. При групповом методе опыт можно ставить в течение нескольких производственных циклов, а значит, и получать более объективные данные.

Определяя продолжительность опыта, надо учитывать и продолжительность производственного цикла. Так, опыты на ремонтном молодняке свиней длятся с момента рождения до случного возраста, то есть на хрячках до 10-12-месячного, на свинках – до 10-11-месячного возраста. На супоросных свиноматках от начала супоросности до рождения поросят - примерно 114 дней, на подсосных свиноматках от опороса до отъема поросят. При выращивании поросят-сосунов с 5-дневного возраста до времени их отъема. При мясном откорме поросят от начальной массы 25-30 кг до массы 100-120 кг, на курах-несушках - не менее 6 месяцев от начала яйцекладки, на ремонтном молодняке кур – 150-180 дней.

Окончание опыта желательно сочетать со временем хозяйственного учета продуктивности: перевод в другую группу, сдача на мясокомбинат, бонитировка, стрижка овец. В этом случае облегчается учет продуктивности и полученные данные можно сравнить с показателями по стаду, хозяйству.

Размещение и содержание подопытных животных. Опыты лучше проводить в специально оборудованных опытных дворах с регулируемым микроклиматом. Понятие опытный (физиологический) двор означает помещение со специальным оборудованием.

Но часто опыты проводят в обычных типовых, а иногда и не в типовых помещениях. Основные зоогигиенические показатели: число животных в секциях, плотность их размещения, фронт кормления, температура, влажность, освещенность, содержание аммиака, углекислого газа должны соответствовать нормативам и быть одинаковыми как для контрольной, так и для опытных групп. Недопустимо проведение опытов в помещениях с отсыревшими и мокрыми от конденсации паров воздуха оборудованием, с плохой вентиляцией и слабым освещением, со сквозняками.

Чтобы удостовериться в том, что все подопытные группы находятся в одинаково благоприятных условиях, необходимо проконтролировать с помощью приборов на уровне постоянного нахождения животных температуру воздуха, относительную влажность, освещенность и другие параметры. Животные не должны размещаться в станках, где зоогигиенические условия резко отличаются от средних (типичных) показателей.

При размещении животных в станках надо стремиться к тому, чтобы их число в станках (секциях) было одинаковым. Например, сравнивали две группы бычков в разных по величине секциях. В одной находилось 20 бычков, во второй – 80. Разумеется, вторая секция по площади была в 4 раза больше. Оказалось, что в меньшей секции приросты массы были на 13 % больше.

Этологи – специалисты в области поведения животных, считают, что число животных в секции должно быть таким, чтобы они друг друга задевали при встрече и им не приходилось каждый раз выяснять, кто из них сильнее, что ведет к стрессу и снижению продуктивности. А узнают «своих» животные в основном по запаху. Поэтому, формируя группы поросят из разных станков их желательно обработать каким-либо пахучим раствором, например, креолином.

Содержание животных может быть как групповым, так и индивидуальным. Обслуживающий персонал должен обращаться с животными спокойно, без криков, побоев.

Организация учета кормов. Учет кормов – наиболее ответственная работа в зоотехнических опытах. И это понятно, ведь одна из задач опытов - найти пути экономии средств, как при меньшем расходе кормов получить больше продукции.

Селекционеры тоже решают проблему экономии кормов, но они идут с другой стороны, их задача – вывести такие породы и линии, которые отличаются высокой окупаемостью кормов продукцией.

Например, в университете штата Огайо (США) выведена порода карликовых кур, их масса в 1,5-2 раза меньше обычных, а яиц несут столько же и с такой же массой, зато потребляют кормов в 1,5 раза меньше.

Итак, учет кормов обязательное условие каждого зоотехнического опыта. Для организации учета кормов в опытах важно учесть следующие моменты:

точно определить путем взвешивания количество заданных кормов (по группе или по каждому животному и по видам кормов);

учесть количество остатков (также по видам кормов);

по разности определить фактическое потребление кормов.

При этом желательно так составить рационы, чтобы остатков не было, а животные получали необходимое количество питательных веществ согласно рационам кормления.

Существуют следующие способы учета кормов: индивидуальный и групповой. Самый точный – индивидуальный. Разумеется, индивидуальный учет кормов требует больших затрат труда и времени. Да и не всегда он осуществим, к примеру, при групповом содержании животных. Поэтому в большинстве случаев применяют групповой учет кормов, т.е. определяют количество заданных кормов на группу и количество остатков. Количество съеденных кормов делят на количество животных и узнают среднее потребление на 1 голову.

Желательно учет кормов вести ежедневно. Если это невозможно, проводят учет по 2 смежным дням в декаду, например, 1 и 2, 11 и 12, 21 и 22 числам месяца. В журнале учета кормов записывают номер животного или число животных в группе, а также дату, время кормления (утро, обед, вечер), количество заданных

кормов по видам, количество остатков. По разнице определяют количество съеденных кормов за время приема корма (табл. 3).

Журнал учета кормов

Дата		Корова «Яблоня 216»					Остатки, кг по видам кормов
		сено	сенаж	силос	комбикорм	патока	
Задано кормов, кг	утром						сено сенаж силос
	в обед						
	вечером						

В конце опыта определяют общий расход кормов по группе и рассчитывают затраты обменной энергии, к.ед. на единицу продукции, рассчитывают также и затраты концентратов на единицу продукции.

Организуя любой опыт необходимо:

запланировать необходимое количество кормов на весь период опыта;

провести зоотехнический анализ кормов как в предварительный, так и в основной период опыта.

В летний период ежедневно отбирают пробы пастбищных кормов, так как состав зеленых растений быстро меняется. Взвешенные образцы высушивают до воздушно-сухого состояния, определяют первоначальную влажность, а из высушенных образцов за 10-15 дней составляют среднюю пробу корма для проведения анализов.

Обязательным условием при проведении опытов является строгое соблюдение распорядка дня. У животных вырабатывается условный рефлекс на время приема корма. Всякая задержка в кормлении животных, вызывает их возбуждение, беспокойство, стресс и отрицательно сказывается на результатах опыта.

Техника безопасности при проведении опытов. При проведении опытов необходимо знать правила обращения с животными, методы их фиксации, т.е. как закрепить животного в удобном для обследования положении.

Важно соблюдать технику безопасности и гигиены труда. Несоблюдение этих условий может привести к тяжелым увечьям обслуживающего персонала, а также травматизации животных, потере их продуктивности.

Помещения, где проводятся опыты должно соответствовать требованиям производственной санитарии: полы ровные, не скользкие, проходы свободные от посторонних предметов, кормушки, двери другие предметы не должны иметь торчащих гвоздей, острых углов.

При привязном содержании животных привязь должна быть прочной, достаточно свободной, не затягивать шеи. У бодливых коров спиливают кончики рогов.

Коров, быков можно зафиксировать, привязав за голову к столбу или жерди, при этом сдавливая носовым зажимом носогубное зеркальце.

Быки-производители представляют особую опасность. Их привязывают двумя металлическими цепями. С 6-8 месячного возраста быкам вставляют в носовую перегородку постоянное кольцо. Выводить быков необходимо с помощью палки-води́ла длиной не менее 2 м. Эту палку закрепляют за носовое кольцо.

Свиней фиксируют с помощью специальных станков. Вкладывают в ротовую полость веревку и затягивают петлю сзади клыков, а ноги связывают.

При перевозке животных лучше использовать специальные автомашины (скотовозы). При перевозке на обычных машинах, должна быть специальная обрешетка высотой для свиней до 0,8 м, для крупного рогатого скота не менее 1 м. При погрузке животных используют трапы.

При уходе за животными следует соблюдать установленный режим и распорядок дня на ферме, что способствует выработке спокойного и послушного нрава. Кормление и поение животных производить только со стороны кормового прохода.

Рабочим запрещается: раздавать корма, стоя на передвигающихся транспортных средствах (кузове прицепа, автомобиле).

Работая лопатой, вилами и другими инструментами не допускать прикосновений или удара ими животных. Не оставлять вблизи животных емкости с вредными веществами и другие предметы, которые могут быть опрокинуты животными и травмировать людей.

При обслуживании лошадей. При подходе к лошади и заходе в стойло следует окликнуть ее спокойно, повелительным голосом, желательно по кличке. Подойдя, нужно погладить ее и тогда приступить к работе. Нельзя на лошадь кричать, дразнить, бить, допускать резкие движения.

При надевании уздечки соблюдать особую осторожность и действовать смело, но не грубо. Застегнуть уздечку так, чтобы она не резала губы, но и не могла выпасть изо рта лошади.

Уборку стойла и замену подстилки в нем проводить только при отсутствии лошади.

Чистку лошади проводить только после прочного привязывания ее. Во время чистки находиться сбоку лошади в пол-оборота к ней и следить за ее поведением.

Кормление и поение проводить только со стороны кормового прохода.

При обслуживании свиней. Особую опасность представляют свиноматки и хряки. При подходе к ним окликнуть их спокойным, повелительным голосом. Грубое обращение с ними может вызвать у них защитные резкие движения и травмировать рабочих. Необходимо быть осторожным и внимательным при обслуживании поросят от подсосных свиноматок, которые становятся очень агрессивными.

При обслуживании пушных зверей необходимо пользоваться кожаными или стегаными рукавицами, при ловле применять сетки, ловушки, для фиксации зажимы и тесемки.

Учет результатов опытов. Главной целью научных исследований в животноводстве является изыскание резервов увеличения животноводческой продукции. Считается, что дальнейший рост продуктивности животных примерно на 60 % зависит от факторов кормления, на 20 от селекции животных и на 20 % от условий содержания. В целом по этим трем направлениям и проводятся научные исследования. И для того, чтобы правильно судить об их эффективности, необходимо точно определять показатели продуктивности животных, как количественные, так и качественные. Кроме того, важно не только определить факторы, влияющие на продуктивность, но и установить механизм действия этих факторов на

организм животного. Поэтому, кроме учета показателей продуктивности животных проводят физиологические, биохимические и микробиологические исследования.

Контроль за ростом и развитием животных. При проведении опытов на растущих животных определяют показатели их роста и развития.

Рост – это увеличение массы и линейных размеров особи за счет увеличения числа и размеров клеток.

Развитие – процесс количественных (рост) и качественных преобразований особи от рождения до конца жизни.

Индивидуальное развитие (онтогенез) - это совокупность морфологических, физиологических и биохимических изменений, происходящих с животным в течение его жизни. Оба процесса рост и развитие взаимосвязаны. Согласно Ч. Дарвину рост – это увеличение размеров, развитие – изменение строения.

Для учета роста и развития применяют весовые, линейные, объемные измерения.

Весовые измерения – это взвешивание животных с определением массы тела и ее приростов (абсолютных и относительных).

Абсолютный прирост ( $P_{abc}$ ) – это прирост живой массы за конкретный промежуток времени (месяц, декаду, сутки), определяемый по разнице массы в конце и начале учетного периода.

$$P_{abc} = V_2 - V_1$$

$V_1$  – масса в начале периода;

$V_2$  – масса в конце периода;

$$\text{Прирост среднесуточный} \quad P_{cym} = \frac{V_2 - V_1}{t}$$

$t$  – продолжительность периода, в днях;

$$\text{Прирост относительный} \quad P_{отн} = \frac{V_2 - V_1}{t} \cdot 100$$

Относительная скорость роста ( $K$ ) дает представление о напряженности роста.

$$K = \frac{V_2 - V_1 \cdot 100}{(V_1 + V_2) \cdot 0.5}$$

С возрастом относительная скорость роста снижается. Например, живая масса двух ремонтных свинок в начале и в конце месяца составила (кг) 30 и 45 в первом, 70 и 85 кг – во втором случае.

$$\text{Значит:} \quad K_1 = \frac{45 - 30}{(30 + 45) \cdot 0,5} \cdot 100 = 40\%$$

$$K_2 = \frac{85 - 70}{(70 + 85) \cdot 0,5} \cdot 100 = 19,3\%$$

Следовательно, при одинаковом абсолютном приросте (15 кг), относительная скорость роста в первом случае в 2 раза выше.

Для определения живой массы животных их взвешивают в начале и в конце опыта индивидуально. Промежуточное взвешивание проводят в конце каждого

периода опыта. В главный период опыта животных взвешивают не реже 1 раза в месяц. В ряде случаев (опыты на поросятах, цыплятах) взвешивание проводят 2 раза в месяц или каждую декаду. Супоросных свиноматок взвешивают на 2-3-ий день после случки и в конце 1, 2 и 3-го месяца супоросности, а также за 5 дней до опороса и на 5-й день после опороса. Подсосных свиноматок взвешивают на 5-й, 30-й и 60 дни после опороса.

Техника взвешивания. Для получения объективных данных в начале и в конце опыта животных взвешивают два дня подряд натошак перед утренним кормлением. Перед взвешиванием их желательнее выпустить в загон на 10-15 минут для опорожнения кишечника.

Точность взвешивания: поросят до 50 г, птицы до 1 г, в других случаях - до 0,1 кг.

Обстановка при взвешивании должна быть спокойной, без криков, побоев. Можно использовать для подгона животных резиновые хлопушки.

Результаты взвешивания заносят в журнал учета живой массы, где указывают дату, номер животного, живую массу предыдущего взвешивания, прирост за 1 период, среднесуточный прирост.

Для суждения о росте и развитии животных их измеряют, т.е. определяют промеры и вычисляют индексы телосложения, используя мерные ленты, циркули, мерные палки. Измеряют животных в день взвешивания, если это невозможно, то на следующий день. Измерения проводят на ровной площадке с твердым покрытием, при правильной постановке животных. Положение головы и туловища должны быть одинаковыми, для всех животных. У свиней нижний край брюха и шеи должны быть на одной линии.

По данным измерений в зоотехнических исследованиях рассчитывают индексы телосложения. Наиболее распространенными из них являются следующие:

$$\text{Длинноногости} = \frac{\text{высота в холке} - \text{глубина груди}}{\text{высота в холке}} \cdot 100;$$

$$\text{Растянутости} = \frac{\text{длина туловища}}{\text{высота в холке}} \cdot 100;$$

$$\text{Грудной} = \frac{\text{ширина груди}}{\text{глубина груди}} \cdot 100;$$

$$\text{Сбитости} = \frac{\text{обхват груди за лопатками}}{\text{длина туловища}} \cdot 100;$$

$$\text{Массивности} = \frac{\text{обхват груди за лопатками}}{\text{высота в холке}} \cdot 100;$$

$$\text{Перерослости} = \frac{\text{высота в крестце}}{\text{высота в холке}} \cdot 100;$$

$$\text{Шилозадости} = \frac{\text{ширина в седалищных буграх}}{\text{ширина в маклаках}} \cdot 100;$$

$$\text{Костистости} = \frac{\text{обхват пясти}}{\text{высота в холке}} \cdot 100;$$

$$\text{Большеголовости} = \frac{\text{длина головы}}{\text{высота в холке}} \cdot 100;$$

Эти индексы позволяют изучать и сравнивать между собой типы телосложения, как отдельных животных, так и различных пород, линий, семейств.

Учет молочной продуктивности. Академик И.П. Павлов назвал молоко изумительным продуктом природы. И действительно, в молоке есть все необходимые для жизни питательные вещества, причем в оптимальном соотношении и легкоусвояемые. О потенциальных возможностях молочной продуктивности можно судить по удоям рекордисток. Так, от коровы Убре Бланка на Кубе получен мировой рекорд суточного удоя – 110 кг. Корова Бигер Элен Эрлинда (США) за 365 дней лактации дала 26005 кг молока. Ее рацион состоял из 27 кг комбикорма, 30 кг сена люцернового. За сутки она выпивала 200 кг воды.

В э/б «Жодино» Смолевичского района Минской области годовые удои коров превышают 8300 кг. Свыше 7500 кг молока от коровы получают в агрофирме «Снов» Несвижского района, племзаводе «Муховец» Брестского района.

Молочную продуктивность определяют путем взвешивания каждого удоя с точностью до 50 г. При доении в молокопровод используют счетчик молока УЗМ-1 (универсальный зоотехнический модернизированный).

Определяют также и качественные показатели молока: содержание в нем жира, белка, сухих веществ, плотность, кислотность и т.д. Для этого отбирают среднюю пробу молока с помощью пробника 2 дня подряд ежемесячно, а иногда и 3 раза в месяц. Пробы отбирают пропорционально удою, консервируют 25 % раствором формалина (5 мл/1 л), а также толуолом или двуххромовокислым калием и хранят в холодильнике.

Практически всегда при проведении опытов возникает необходимость сравнивать молочную продуктивность при разном содержании жира. Например, за период опыта, от одной коровы надоено – 950 кг с 4 % жира, от другой – 1000 кг 3,5 % жирности, чтобы сравнить продуктивность их пересчитывают на 4 %-ное по формуле:

$$M_{4\%} = 0,4 \cdot M + 0,15M \cdot Ж_{м} = 0,4 \cdot 1000 + 0,15 \cdot 1000 \cdot 3,5 = 925 \text{ кг}$$

где М – количество молока;

Ж<sub>м</sub> – содержание жира в молоке, %.

При неверном расчете 4%-ного молока:  $(1000 \cdot 3,5 : 4) = 875 \text{ кг}$ , этот показатель получается заниженным, так как не учитывается содержание в молоке других сухих веществ, в частности, белка, лактозы.

Молочность коз определяют также как и коров.

Молочность свиноматок определяют 3-мя способами:

выдаивают специальными аппаратами;

взвешивают поросят до и после кормления;

по приросту массы приплода в возрасте 3 недель: массу гнезда умножают на 3,5 (на образование 1 кг прироста расходуется 3,5 кг свиного молока).

Молочность кобыл определяют по приросту жеребят в 2-х месячном возрасте умноженному на 10.

Молочность овец определяют по приросту ягнят в 3-х недельном возрасте умноженному на 6. Овцы дают за лактацию 180-200 кг молока жирностью 6-7 %.

Учет мясной продуктивности. Изучение факторов, определяющих мясную продуктивность, имеет особое значение: во-первых - в связи с исключительной важностью этого продукта в питании людей, во-вторых в связи с трудностями производства мяса.

Человеку в сутки требуется около 100 г белка и около 60 г должны составлять белки животного происхождения, т.к. они наиболее полноценные, т.е. богаты незаменимыми аминокислотами, особенно мясо. По научным нормам в год на человека требуется 80 кг мяса.

Показателями мясной продуктивности являются:

предубойная и убойная масса;

убойный выход;

состав туши;

органолептическая оценка мяса и показатели его химсостава.

Перед убоем животных выдерживают в течение суток без корма, но воду дают, затем взвешивают и определяют предубойную массу. Предубойная выдержка перед убоем улучшает качество мяса, так как в мышцах уменьшается содержание продуктов расщепления питательных веществ.

Категории упитанности определяют по утвержденным стандартам, например, высшая, средняя, упитанность.

Масса туши – это масса убитых животных без крови, шкуры, внутренних органов, головы, хвоста и части ног по запястный и скакательный суставы.

Убойная масса – масса туши и внутреннего жира.

Убойный выход – процентное отношение убойной массы к предубойной.

Убойный выход молодняка крупного рогатого скота черно-пестрой породы составляет 54-55 %, выход туши – 52-54 %.

При изучении состава туши учитывают массу: мяса, костей и сухожилий. Большое влияние на химический состав туш оказывают условия содержания и кормления. Отсутствие моциона, недостаточный объем корма, стрессы являются у свиней причиной порока свинины (PSE) на комплексах: мясо водянистое, бледное, грубоволокнистое.

Органолептическая оценка мяса и бульона из него включает определение аромата, вкуса, консистенции, постороннего привкуса, прозрачности бульона. Результаты оценки выражают в баллах. Для прижизненной оценки химического состава органов и тканей применяют метод биопсии.

Для получения пробы мышц, печени, делают укол (пункцию) поллой иглой с мандреном, которым подсекают кусочек ткани. Затем с помощью шприца в просвете иглы создается вакуум, проба извлекается и делается ее анализ.

Шерстную продуктивность овец определяют по результатам стрижки 1 или 2 раза в год. Шерсть после промывки называют чистой, или мытой.

Определяют выход чистой шерсти – процентное отношение чистой шерсти к настригу невымытой. Этот выход зависит от количества жира и засоренности и составляет 55-60 % у грубошерстных овец и 35-50 % у тонкорунных.

Учитывают также и качественные показатели шерсти: тонины, извитость, длину, крепость, эластичность и др.

Яйценоскость птицы учитывается путем ежедневного сбора яиц от подопытных несушек и определяют процент яйценоскости путем деления количества яиц на число несушек.

Качество яиц учитывают путем определения их массы поштучным взвешиванием в течение 5 дней подряд. Раз в месяц определяют также массу белка, желтка, скорлупы, химический состав. Оплодотворяемость и выводимость яиц выражают в % от числа заложенных на инкубацию яиц.

Показателями рабочих качеств лошадей являются:

сила тяги;

величина работы (сила тяги  $\times$  пройденный путь);

скорость движения (у спортивных до 60 км/час);

грузоподъемность (мировой рекорд - 23 тонны у жеребца Форса породы советский тяжеловоз).

В опытах также учитывают показатели воспроизводства:

продолжительность сервис-периода (время от отела до плодотворного осеменения);

продолжительность сухостойного периода;

плодовитость из расчета на 100 маток, при этом количество полученного приплода делят на количество маток и умножают на 100;

многоплодие свиноматок определяют количеством живых поросят на 1 опорос.

При расчете средних показателей общее количество поросят, полученных за год, делят на количество опоросов в течение года.

Определение физиологических и биохимических показателей. О результатах опытов судят не только по показателям продуктивности, но и по физиологическим, биохимическим показателям (по 3-5 животным из каждой группы). Определяют пульс, частоту дыхания, температуру тела, количество сокращений рубца и т.д. Проводят биохимические исследования крови, молока, мочи. Кровь называют зеркалом организма и по ее биохимическим показателям судят о многих сторонах обмена веществ. Так, о состоянии белкового обмена судят по количеству общего и остаточного азота сыворотки крови. Общий азот – это азот белковых и небелковых веществ крови. Остаточный азот – азот небелковых веществ (мочевина, мочевая кислота).

При недостатке протеина в рационе содержание белков крови снижается.

Об углеводном обмене судят по содержанию сахара, глюкозы, кетоновых тел. В стрессовых ситуациях уровень сахара в крови увеличивается, при голодании – уменьшается.

О минеральном обмене судят по содержанию в крови кальция, фосфора, натрия, калия, микроэлементов, резервной щелочности, рН.

О витаминном обеспечении организма – по содержанию каротина в сыворотке крови, витамина А – у свиней, лошадей.

В рубцовом содержимом жвачных определяют:

количество инфузорий и микрофлоры;  
целлюлозолитическую активность микрофлоры;  
содержание и состав летучих жирных кислот, количество аммиака и другие показатели.

В 1 г рубцовой жидкости содержится до 10 млрд бактерий до 1 млн инфузорий.

Правила ведения первичной документации по опытам. Ход и результаты опыта должны быть зафиксированы различными измерениями, ведь наука, как говорил Ди Менделеев, начинается с измерения.

Желательно в течение опыта пользоваться одними и теми же приборами, одними методиками определения физиологических и биохимических показателей.

Рабочие записи ведут в дневнике исследования (опыта) – это первичная документация.

На лицевой стороне дневника указывают:

наименование учреждения;

название кафедры (лаборатории);

название темы;

фамилию, имя, отчество исполнителя и руководителя.

На следующей странице - схема опыта и результаты измерений в хронологическом порядке:

результаты взвешивания животных, учета молока и другой продукции;

данные учета кормов;

данные физиологического состояния животных: пульс, частота дыхания и др.;

данные гематологических исследований.

В дневнике отмечают все условия, которые могут повлиять на схему опыта: погодные условия, аппетит животных, состояние их здоровья. Страницы должны быть обязательно пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью, подписями исполнителя и руководителя. Первичные расчеты надо делать в тот же день, чтобы при неполадках повторить исследование.

Журнал исследования состоит из 2-х частей:

Общие сведения: название темы, раздела, фамилии исполнителя и руководителя, методика работы.

Результаты опытов, математическая обработка, выводы, предложения.

Записи в этом журнале делают на основании дневника опыта не реже 1 раза в неделю. Исправления делают красными чернилами и оговариваются. Журнал должен быть пронумерованным, подписан исполнителем и руководителем, подписи скреплены печатью вуза.

Отчет о научно-исследовательской работе составляется ежегодно согласно специальному ГОСТу, где приводится краткое содержание результатов за отчетный год, выводы, внедрение в производство.

Актами оформляют наиболее ответственные операции: постановку и снятие животных с опыта. Акты подписывает комиссия во главе с заместителем руководителя учреждения по научной работе.

Метрологический надзор за средствами измерений. Результаты опытов должны быть объективными – соответствовать истине, т.е. должны быть измерены. А для этого измерительные приборы должны давать правильные показания, быть исправными.

Представьте, что при взвешивании животных были неисправны весы. Впустую затрачен труд, а в результате – ошибочные данные. После проведения измерений необходимо сразу провести обработку полученных результатов.

В республике организована специальная метрологическая служба для надзора за средствами измерений. В областных центрах имеются метрологические лаборатории для надзора за измерительной техникой. Это служба организует поверку средств измерений. Поверка – это определение погрешностей в показаниях приборов путем сравнения их с эталонами. Если прибор годен, ставится клеймо. В каждом хозяйстве, на каждом предприятии выделяется ответственный за работу измерительной техники. Заключаются договора на ее ремонт и обслуживание, составляется график техосмотра и проверок метрологического оборудования. Периодичность проверок не реже 1 раза в год.

Правила использования экспериментальных животных. Жестокость к экспериментальным животным несовместима с принципами человеческой морали. Даже трудно себе представить, сколько животных гибнет во имя науки. Существуют специальные правила по проведению работ с экспериментальными животными:

- запрещено проведения опытов без обезболивания, т.к. они наносят вред не только животным, но и моральный ущерб человеку;

- необходимо использовать местную анестезию или наркоз;

- запрещается использовать животных для сложных хирургических вмешательств более 1 раза;

- в после операционный период за животными должен быть налажен квалифицированный уход и адекватное обезболивание;

- всем подопытным животным должны быть наложены нормальные условия содержания и кормления.

- в случае необходимости умертвления животного, оно должно быть быстрым, безболезненным, не сопровождаться чувством тревоги и страха у животного.

## **2. Характеристика периодов эксперимента**

Исследования, схема которых основана на принципе групп, как правило, делятся на три периода: уравнительный или предварительный, переходный и главный или учетный.

Уравнительный или предварительный период. В этот период ставится задача проверить аналогичность состава подобранных животных и оценить состояние их здоровья. Кормление и содержание в уравнительный период – одинаковое в контрольной и опытных группах. Длительность предварительного периода зависит от предшествующих условий – чем больше они отличались от существующих, тем длительнее период. Минимальная длительность – 15 суток.

Переходный период. Продолжается не менее недели и служит для постепенного приспособления животного к условиям опытного режима кормления или содержания. Этот период не обязателен, если в предварительный период не было перестановок животных из группы в группу, а введение опытного режима кормления и содержания не требует от животных больших приспособительных перестроек.

Учетный или главный период. Это основной период опыта длительностью не менее 1,5-2 мес. С начала учетного периода вводится весь комплекс изучаемых факторов предусмотренных методикой опыта. Не допускается никаких перестановок животных. В случае их выбытия, в результате несчастных случаев, как правило, удаляют и их аналогов из соседних групп.

Исследования, проводимые по методу периодов и параллельных групп-периодов, преимущественно состоят из предварительного периода, первого опытного периода, второго или главного опытного периода, контрольного или заключительного периода.

Минимальная длительность предварительного периода – 15 суток, переходного – 7-10, первого опытного периода – 25-30, главного опытного периода – 30-60 и заключительного – 25-30 суток. Переходный период часто включают между первым и главным опытными периодами, а также после предварительного. Значение переходного периода – постепенное приспособление животных к условиям опытного режима эксперимента. Изучаемый фактор вводят в рацион в главный период опыта. В заключительный период из рациона исключается изучаемый компонент, и животных переводят на рацион предварительного периода. Этот период часто опускается и нужен для того, чтобы удостовериться в равенстве продуктивных показателей животных на одном и том же рационе в предварительном периоде и заключительном и при необходимости введение соответствующих корректив.

#### **Лекция 4. Опыты по перевариваемости кормов и обмену веществ**

##### **1. Методы и техника проведения опытов по переваримости.**

Сущность процесса переваривания питательных веществ состоит в расщеплении в пищеварительном тракте сложных химических соединений корма до более простых под действием химических, физических, механических факторов и всасывание их из желудочно-кишечного тракта в кровь. О степени переваримости можно судить по разнице между количеством поступившего с кормом питательного вещества и выделенного с калом. Исходя из этого выводят коэффициент переваримости, который равен отношению переваренного питательного вещества к принятому с кормом, умноженному на 100 %. То есть, коэффициент переваримости показывает, какой процент питательного вещества корма поступает из пищеварительной системы в кровь и лимфу.

Переваримость кормов и рационов можно определить несколькими методами: прямой метод, дифференциальный метод, метод инертных индикаторов, метод фекального индекса, микробный метод, химический метод, микроскопический, убойный метод и др.

Метод прямого определения является основным методом, суть которого сводится к следующему. В течение опыта подопытному животному задается точно учтенное количество корма. Проводят анализ химического состава: содержание сухого вещества, золы, органического вещества, протеина, жира, клетчатки, БЭВ, кальция и фосфора. Точно учитывают количество выделенного за опыт кала и по той же схеме определяют его химсостав. На основе данных веса и химсостава потребленного корма и выделенного кала определяют количество потребленных и выделенных питательных веществ. По разнице определяют количество переварившихся веществ. Коэффициент переваримости можно определить по формуле:  $КП = a - b / a \times 100$ , где  $a$  – количество потребленного питательного вещества,  $b$  – количество выделенного питательного вещества. Т.е. коэффициент переваримости – это отношение переваренной части рациона к принятой с кормом, выраженный в процентах. Этим способом можно определить переваримость питательных веществ всего рациона или одного вида корма, если он является единственным кормом (только в том случае, если этот корм способен поддержать нормальное состояние здоровья и продуктивность животного).

Опыт по переваримости делится на два периода: предварительный и главный или опытный. Последний разделяется на переходный и учетный. Предварительный период служит для приучения животных к условиям опыта, а именно к условиям индивидуального клеточного содержания и для вытеснения из пищеварительного тракта остатков старых кормов и привыканию к новым. В этот период изучают поедаемость рациона и корректируют суточную дачу корма, с тем, чтобы оставалось как можно меньше остатков кормов.

В переходный период животных полностью ставят на запланированный режим опыта, но корма и выделения, а также остатки кормов не учитывают. Иногда этот период опускается. В учетный период строго соблюдается режим опыта, ведутся все предусмотренные учеты и отбор проб для химического анализа.

Дифференциальный опыт. В том случае если нужно определить переваримость питательных веществ изучаемого корма на фоне сложного рациона, когда нет возможности использовать изучаемый корм, как единственный корм рациона, проводят дифференциальный опыт. Дифференциальный опыт состоит из двух последовательных циклов. В первом цикле изучается переваримость основного рациона, а во втором – часть основного рациона (60-75 % от сухого вещества) заменяется изучаемым кормом (40-25 %). Переваримость изучаемого корма определяют следующим образом. Рассчитывают коэффициенты переваримости питательных веществ основного рациона в первом цикле опыта. После проведения второго цикла опыта определяют общее количество переваримых питательных веществ. Затем, пользуясь коэффициентами переваримости, полученными в первом цикле, определяют количество переваримых питательных веществ основного рациона во втором цикле опыта. Разница между первым и вторым составит переваримые питательные вещества изучаемого корма. Если разделить количество переваренных питательных веществ изучаемого корма на количество потребленных и умножить на 100, то получим коэффициент переваримости изучаемого корма. Для увеличения степени достоверности полученных данных, дифференциальные

опыты проводят последовательными повторностями, результаты которых усредняются.

Дифференциальные опыты проводятся по той же схеме, что и прямые. Весь опытный период разделяется на предварительный и учетный. Между двумя циклами вводится переходный период, длительностью 2-3 дня.

Два выше приведенных метода определения переваримости являются достаточно дорогостоящими и трудоемкими, так как требуют круглосуточного дежурства персонала, большого количества химанализов, специальных помещений и оборудования. Для изучения переваримости можно использовать более простой метод, с использованием инертных индикаторов. Метод основан на том, что инертный индикатор не усваивается животными и в полном объеме выделяется с калом и если знать его концентрацию в корме и кале, то можно определить какое количество питательных веществ переварилось и всосалось в кровь и лимфу. Для этого можно воспользоваться формулой:

$$100 - (100 \cdot a / a_1 \cdot v_1 / v),$$

где  $a$  – концентрация инертного вещества в корме (%);  $a_1$  – концентрация инертного вещества в кале (%);  $v$  – процентное содержание питательного вещества в корме,  $v_1$  – процентное содержание питательного вещества в кале.

В практике используют как внутренние, так и внешние индикаторы или оба вместе. Первые содержатся в самих кормах (лигнин, хромогены, железо, кремневая кислота и др.), другие же дополнительно вводят с кормом (оксид хрома, железа, речной песок и др.). Индикатор не должен перевариваться и принимать участия в обмене веществ, выделение с каловыми массами должно быть равномерным, должен отсутствовать в почве, воде и воздухе и легко определяться при химическом анализе. Наиболее часто используется оксид хрома, так как он почти на 100 % выводится с калом. В данном случае оксид хрома вводят в рацион раз в сутки в количестве 0,15-0,2 % для овец и 0,13-0,15 % для свиней от сухого вещества рациона начиная с первого дня предварительного периода опыта. Это в среднем составляет для овец - 2-3 г, а для свиней – 3-4 г на голову в сутки. Крупный рогатый – 15-20 г на голову в сутки или 0,15-0,2 % от сухого вещества рациона. Пробы кала берут 3 раза в день в течение 7, 6 и 4 дней учетного периода соответственно для КРС, свиней и овец. Индикатор тщательно перемешивают с сухим кормом. Размер суточной пробы соответственно – 150-200, 200-250 и 300-400 г.

Метод фекального индекса. Этот метод в основном используется для определения переваримости пастбищной травы и требует анализировать только кал. Метод позволяет использовать широкий круг веществ, входящих в состав кала. Например, по содержанию азота в кале, используя определенные зависимости, можно установить переваримость органического вещества травы, или по содержанию в сухом веществе кала хромогенов переваримость сухого вещества травы.

Химический метод. Этим методом определяют переваримость грубых кормов с высоким содержанием клетчатки (более 10 % от СВ) по степени растворимости клетчатки и сухого вещества. С помощью специальной методики

определяют растворимость клетчатки образца грубого корма и, для большей надежности метода, сухого вещества.

**Микробиологический метод.** Метод основан на том обстоятельстве, что потребность некоторых микроорганизмов в питательных веществах близка потребности отдельных видов с.-х. животных. Например, плесневый гриб *Аспергилус Нигер*, может служить индикатором общей питательной ценности корма. Для этого гриб культивируют на питательной среде с добавлением небольшого количества изучаемого корма и без добавления. Мицелий 5-дневной культуры высушивают и взвешивают. Отношение веса сухого мицелия гриба, выращенного с добавлением корма к весу мицелия, выращенного без корма, составляет индекс питательной ценности корма.

**Микроскопический метод.** Основан на изучении микроскопической и гистологической структуры растительных кормов. Этот метод может служить лишь дополнением к основным методам оценки переваримости кормов.

**Убойный метод.** Этим методом оценивают энергетическую ценность изучаемых кормов. Метод более применителен к мелким животным, на крупных животных технически его сложно осуществить. Основан на строгом учете веса и химического состава организма в начале и конце исследования. Для этого отбирают две группы животных – контрольную и опытную. Первая получает основной рацион, а вторая основной рацион плюс изучаемый корм (15 % от СВ рациона). В начале опыта из двух групп отбирают трех животных – их полных аналогов, и проводят контрольный убой. Продукты убоя взвешивают и исследуют по схеме полного зооанализа. В конце опыта всех животных двух групп так же убивают и учитывают вес и химсостав продуктов убоя. При этом учитываются абсолютно все морфологические части туши, в том числе кожа и волосяной покров. На основании данных химанализа определяют содержание энергии в теле животных обеих групп в начале и конце опыта. По разнице между началом и концом опыта рассчитывают количество энергии, отложенной в теле за опыт по двум группам. Отняв энергию прироста живой массы опытной группы животных от таковой в контроле, получим часть энергии прироста, отложенной в результате дополнительного скармливания изучаемого корма.

## **2. Общие методические критерии постановки опытов по переваримости и обмену веществ.**

**Подбор животных.** В физиологических опытах формирование групп желательно осуществлять методом пар аналогов, используя те же принципы, что и в научно-хозяйственных опытах. Подбирают животных типичных для породы, с хорошим здоровьем и аппетитом, одинаковой живой массой. Желательно использовать полновозрастных кастрированных животных, т.к. их физиологическое состояние более устойчивое. Если есть возможность, то целесообразно ставить опыты на однояйцевых близнецах, или однопометных братьях и сестрах. Отбирают животных после тщательного предварительного изучения.

**Минимальная численность животных в группах.** Численность животных в физиологических опытах ограничено, так как на большом поголовье технически затруднительно провести опыт. Тем не менее можно получить вполне

удовлетворительные результаты на 3-4 животных. Важно, чтобы они были однородными по происхождению, полу, возрасту, конституции, упитанности, темпераменту, продуктивности и т.д.

Продолжительность опыта. Продолжительность отдельных периодов опыта связана со скоростью прохождения корма по пищеварительному тракту. Ориентировочная длительность периодов опыта приведена в таблице.

Вид животного	Возраст, мес	Период опыта		
		переходный	предварительный	учетный
Овцы	24-48	3	15	8-10
Коровы	48-120	3	15	10-15
Телята-молочники	0-5	2	6	4-6
Молодняк КРС	6-11	3	8	6-8
То же	12-24	3	10	8-10
Свиноматки	12-48	3	5-6	5-8
Поросята	0-8	3	8	8-10

Кормление и содержание животных. Кратность кормления – не менее 2-3 раз в сутки и зависит от физиологических особенностей, вида и возраста животных, структуры и поедаемости рациона. Кормление – строго нормированное, индивидуальное, по существующим нормам с учетом факторов, определяющих потребности животных в питательных веществах. Суточное потребление кормов и их остатков учитывают по каждому животному в отдельности. Корма для опыта заготавливают заблаговременно в необходимом количестве и хорошего качества. Средние пробы кормов для химанализа берут из каждой суточной дачи в течение всего учетного периода и хранят в банках с притертыми пробками. Размер суточной пробы должен быть таким, чтобы общая масса отобранного за опыт корма была в 5-10 раз больше размера образца для анализа, который составляет 200-250 г для концентратов, 400-500 г для грубых и 2-3 кг для сочных.

Остатки кормов учитывают по каждому животному после каждого кормления и сохраняют до конца опыта, из которых затем берут среднюю пробу для анализа. Остатки сочных и зеленых кормов консервируют 40 % формалином и хранят в банках с притертыми пробками. Если остатков сравнительно много пробы отбирают через день.

В физиологических опытах крупных животных (коровы, бычки старше года) содержат на привязи в индивидуальных станках, а мелких животных в индивидуальных клетках, оборудованных для кормления и поения.

Учет выделений. Сбор и учет выделившегося кала начинают немедленно с начала учетного периода опыта. Для этого обслуживающий персонал круглосуточно собирает выделяющийся кал в бачки с плотно закрывающимися крышками. Учет количества кала и отбор средних проб для анализа проводят раз в сутки. Среднюю пробу кала отбирают методом квадрата. Размер ее должен составлять около 200 г, т.е. с таким расчетом, что бы в конце учетного периода общий размер отобранных проб составлял около 2 кг. Отобранные суточные пробы кала хранят в таре с притертыми пробками при температуре 2-30 С и консервируют 10 %

соляной кислотой (100 мл/кг кала). Количество внесенных консервантов строго учитывается, т.к. от этого зависит размер поправки на консервирующие вещества. По окончании опыта из суточных проб отбирают 200 г или 10 % для проведения лабораторных анализов.

Аналогичным образом проводят учет и отбор проб мочи. Из количеств мочи, выделенной за сутки, отбирают 200 мл и консервируют ее 10 % соляной кислотой (5 % от массы пробы), помещая в емкости с притертыми пробками.

Учет молока и отбор средних проб ведут при каждом доении. Проба молока – 0,5-1 % от удоя. Минимальный размер суточной пробы – 100 мл. Консервируют молоко формалином (8 капель на литр).

Оборудование для проведения обменных опытов. Во время опытов животные содержатся в специальных клетках или станках. Опыты на крупном рогатом скоте можно проводить в обычных стойлах без применения специального оборудования. Телят желательно содержать в индивидуальных клетках специальной конструкции. Кал собирают дежурные непосредственно во время его выделения животным. Для сбора мочи у самцов можно использовать специальные подвесные мочеприемники с резиновой трубкой, по которой отводится моча. Для сбора кала можно использовать специальные мешки, которые крепятся на теле животного. Наибольшие трудности возникают при проведении опытов на коровах. Для раздельного сбора кала и мочи используют каловые мешки и специальные мочеприемники различной конструкции.

Опыты на свиньях проводят в деревянных или металлических клетках, специально предусмотренных для этих целей. Так же используются каловые мешки и мочеприемники.

## Лекция 5. Предмет и основные понятия биометрии

**1. Предметом биометрии** служит любой биологический объект, изучаемый с применением счета или меры, т.е. с количественной стороны в целях более или менее точкой оценки его качественного состояния.

При этом имеются в виду не единичные, а групповые объекты, т.е. явления массовые, в сфере которых проявляют свое действие статические законы. Например, врач принял больного и назначил необходимое ему лекарство – это единичное явление, отдельный акт. Если же врач принял несколько больных или подверг неоднократно осмотру одно и того же большого, – это массовое явление независимо от того, каким был объект наблюдения – единичным или групповым.

Обычно наблюдения проводят на групповых объектах, например, на особях одного и того же вида, пола и возраста, которые рассматривают как составные элементы, или члены группового объекта, и называют **единицами наблюдения**.

Множество относительно однородных, но индивидуально различимых единиц, объединенных для совместного (группового) изучения, называют **статистической совокупностью**. Понятие статистической совокупности – одно из

фундаментальных биометрических понятий. Оно базируется на принципе качественной однородности ее состава.

**Статистический комплекс** состоит из разнородных групп, объединенных для совместного (комплексного) изучения. При этом каждая группа, входящая в состав комплекса, должна состоять из однородных элементов. Например, при испытании различных доз удобрений каждый опытный участок рассматривают как отдельную группу, входящую в состав статистического комплекса.

Вопрос о форме объединения биометрических данных экспериментатор решает сам в зависимости от объекта и цели исследования. Объединяемые в статистическую совокупность или статистический комплекс результаты наблюдений представляют некую систему, не сводимую к сумме составляющих ее единиц или компонентов.

## **2 Признаки и их свойства. Классификация признаков.**

В общем смысле под словом "признак" подразумевают свойство, проявлением которого один предмет отличается от другого. В области биометрии признаками, по которым проводят наблюдения над объектами, служат такие характерные особенности в строении и функциях живого организма, которые позволяют отличать одну единицу наблюдения от другой, сравнивать их между собой.

Например, исследователя интересует содержание зерен в колосьях пшеницы или ржи, возделываемой на специально подготовленном участке. Массив данной культуры будет объектом наблюдения, а признаком – количество зерен в колосьях отдельных растений, которые являются единицами наблюдения, составляя в общей массе, подвергаемой изучению, статистическую совокупность.

Характерным свойством биологических признаков является *варьирование* величины признаков в определенных пределах при переходе от одной единицы наблюдения к другой. Например, подсчитывая наличие зерен или колосков в колосьях нетрудно заметить, что величина каждого признака колеблется, образуя совокупность числовых значений признака, по которому проводят наблюдения. Эти колебания величины одного и того же признака, наблюдаемые в массе однородных членов статистической совокупности, называют **вариациями** (от лат. *variatio* – изменения, колебания), а отдельные числовые значения варьирующего признака принято называть вариантами (от лат. *varians, variantis* – различный, изменяющийся).

### **Классификация признаков**

Все биологические признаки варьируют, но не все они поддаются непосредственному измерению. Отсюда возникает деление признаков на:

- Качественные (атрибутивные);
- Количественные.

Качественные признаки не поддаются непосредственному измерению и учитываются по наличию их свойств у отдельных членов изучаемой группы. Количественные признаки поддаются непосредственному измерению или счету. Их делят на *мерные* (метрические) и *счетные* (меристические).

Мерные признаки, варьирующиеся непрерывно: их величина может принимать в определенных пределах любые числовые значения. Счетные признаки – варьируют прерывисто или дискретно: их числовые значения выражаются только целыми числами.

Если результаты наблюдений группируются в противопоставляемые друг другу группы, их варьирование называется **альтернативным** и признаки, по которым проводят наблюдения, – **альтернативными**. На языке математики величины любого варьирующего признака являются **переменной случайной величиной**. Их принято обозначать последними в латинском алфавите прописными буквами  $X, Y, Z$ , а их числовые значения, т.е. варианты, – соответствующим строгим буквами:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  или  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$  и т.д. Общее обозначение любой варианты отмечают символами  $x_i, y_i$  и т.д., где индекс  $i$  символизирует общий характер варианты.

### **3 Варьирование результатов наблюдений.**

#### **Формы учета результатов.**

Биологические признаки варьируют под влиянием самых различных, в том числе и случайных, причин. Наряду с естественным варьированием на величине признаков сказываются и ошибки, неизбежно возникающие при измерении изучаемых объектов. Опыт показал, что как бы точно ни были проведены измерения, они всегда сопровождаются отклонениями от действительного значения измеряемой величины, т.е. не могут быть проведены абсолютно точно.

Разница между результатами измерений и действительно существующими значениями измерений величины называется погрешностью или ошибки. Ошибки возникают из-за неисправности или неточности измерительных приборов и инструментов (*технические ошибки*), личных качеств исследователя, его навыков и мастерства в работе (*личные ошибки*) и от целого ряда других, не поддающихся регулированию и неустранимых причин (*случайные ошибки*).

Технические и личные ошибки, объединяемые в категорию **систематических**, т.е. неслучайных ошибок, можно в значительной степени преодолеть, совершенствуя технические средства, условия работы и личный опыт. Эти меры позволяют свести размеры этих ошибок до минимума, которым можно пренебречь. Случайные же ошибки, как независимые от воли человека, остаются и сказываются на результатах наблюдений.

Итак, варьирование результатов наблюдений вызывает причины двоякого рода: естественная изменчивость признаков и ошибки измерений. Однако по сравнению с естественным варьированием случайные ошибки измерения, как правило, невелики, поэтому варьирование результатов наблюдений рассматривают обычно как естественное варьирование признаков.

#### **Формы учета результатов.**

Результаты наблюдений фиксируют в дневниках, журналах, бланках, анкетах или других документах учета. Существует много различных форм и способов учета; выбор той или иной формы определяется задачей исследования и теми условиями, в которых оно проводится. Так, на маршрутных экскурсиях,

при проведении полевых опытов удобной формой учета служит дневник. В условиях лабораторного эксперимента результаты испытаний фиксируют в протоколах, журналах, учетных бланках и других формулярах.

#### **4 Точность измерений. Действия над приближенными числами.**

Применяя биометрию к решению практических задач, исследователь имеет дело с измерениями биологических объектов. Обычно измерения проводят с точностью до десятых, сотых или тысячных долей единицы, более точные измерения производят реже. Практически каждый признак имеет свою меру, например, концентрация вредных веществ измеряется в отдельных случаях не только тысячными, но и миллионными долями единицы.

Как показывает опыт, нет необходимости в точности измерений, когда эта точность практически не нужна. Данное положение относится и к измеряемым объектам, и к вычислениям обобщающих статистических характеристик.

Разумеется, исследователь может иметь дело с точными числами, получаемыми в результате счета. Но гораздо чаще приходится оперировать приближенными числами, полученными в результате измерений. Такие математические операции, как нахождение логарифма чисел, деление, извлечение корня и другие действия, также в итоге дают приближенные числа.

Чтобы избежать грубых ошибок в работе и получить сопоставимые результаты, необходимо неукоснительно соблюдать признанные правила записи и округления приближенных чисел. Очень важно, чтобы числа, фиксируемые в документах учета, соответствовали точности, принятой при измерении варьирующих объектов. Так, если измерения проводят с точностью до одного десятичного знака, то результаты измерений нельзя записать, например, в таком виде: 5,2; 4; 4,69; 4,083 и т.д. Правильная запись этих чисел будет такова: 5,2; 4,0; 4,7; 4,1.

Числа округляются следующим образом:

- Если за последней сохраняемой цифрой следуют цифры 0, 1, 2, 3, 4 они отбрасываются (округление с недостатком);
- Если же за последней сохраняемой цифрой следуют цифрой 5, 6, 7, 8 и 9, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу (округление с избытком).

Например, числа 45,346; 8,644; 9,425; 3,585 и 3,575 округляют так: 45,35; 8,64; 9,43; 3,59; 3,58. Многие исследователи считают более точным такое правило: если за последней сохраняемой цифрой следует цифра 5 (с нулями или без них после нее), то округление осуществляется с недостатком при условии, что сохраняемая цифра четная. Если же сохраняемая цифра нечетная, то округление осуществляется с избытком. Например, числа 3,585 и 3,575 округляют до двух десятичных знаков таким образом: 3,58 и 3,58.

#### **5 Способы группировки первичных данных**

Зафиксированные в документах учета сведения об изучаемом объекте (или объектах) представляют первичный фактический материал, который нуждается в соответствующей обработке. Обработка начинается с упорядочивания или систематизации результатов массовых наблюдений, объединения их в

относительно однородные группы по некоторому признаку и называется группировкой.

Группировка – это не просто технический прием, позволяющий представить первичные данные в комплексном виде, но и глубоко осмысленное действие, направленное на выявление связей между явлениями. Ведь от того, как группируется исходный материал, во многих случаях зависят выводы о природе изучаемого явления. Один и тот же материал дает диаметрально противоположные выводы при разных приемах группировки. Нельзя группировать в одну и ту же совокупность неоднородные по составу данные, необходимо выбирать способ группировки. Группировка должна отвечать требованию поставленной задачи и соответствовать содержанию изучаемого явления.

### Таблицы

Наиболее распространенной формой группировки является статистические таблицы, они бывают простыми и сложными.

К простым таблицам относятся, например, четырехпольные таблицы, применяемые при альтернативной группировке, когда одна группа вариант противопоставляется другой; например, здоровые – больные, высокие – низкие и т.д. (табл. 1.1.).

Таблица 1.1.

Наименование параметра	Альтернативы		Всего
	Альтернатива № 1	Альтернатива № 2	
Параметр № 1			
Параметр № 2			
...			
Параметр № n			
Всего			

К сложным таблицам относятся многопольные таблицы, применяемые при изучении корреляционной зависимости и при выяснении причинно-следственных отношений между варьирующими признаками. В качестве примера группировки, принимаемой при выяснении причинно-следственных отношений между признаками, приведены данные, полученные в НИИ им. В.В. Докучаева при испытании гречихи сорта "Богатырь" на урожайность в зависимости от предшественников (табл.1.2).

Таблица 1.2

Предшественники	Урожай гречихи по повторности, ц/га			Средний урожай
	1	2	3	
Горох раннезеленый	23,7	20,1	20,5	21,4
Чечевица	23,6	25,1	21,1	23,2
Чина степная №21	26,7	23,2	23,8	24,6
Ячмень	26,0	24,9	25,3	25,4

Приведенными таблицами не исчерпывается их многообразие. Здесь рассматриваются лишь типичные для курса биометрии примеры. Из этих примеров видно, что статистические таблицы имеют не только иллюстративное, но

и аналитическое значение, позволяя обнаруживать связи между варьирующими признаками.

### Статистические ряды

Особую форму группировки представляют так называемые статистические ряды. Статистическим называется ряд числовых значений признака, расположенных в определенном порядке.

В зависимости от того, какие признаки изучаются, статистические ряды делят на:

- атрибутивные;
- вариационные;
- ряды динамики и регрессии;
- ряды ранжированных значений признаков;
- ряды накопленных частот.

Примером атрибутивного ряда могут служить данные, показывающие зависимость между содержанием гемоглобина Hb в крови и высотой организации позвоночных животных (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Класс животных	Рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Количество Hb, г/кг массы тела	1,6	2,9	3,8	11,2	11,7

Среди группировки особое место занимает вариационные ряды. На их описании следует остановиться более подробно. Ряды регрессии, динамики и другие будут рассмотрены нами в последующих темах.

Вариационным рядом или рядом распределения называется ряд чисел, показывающий, каким образом числовые значения признака связаны с их повторяемостью в данной статистической совокупности.

Например, вблизи промышленного предприятия были взяты 20 проб и определено содержание кадмия Cd. Значения концентраций Cd были отнесены к предельно-допустимым концентрациям (ПДК) в почве (см. табл. 1.4).

Таблица 1.4

№ опыта	Отношение $S = C_{Cd}/ПДК$	№ опыта	Отношения $S = C_{Cd}/ПДК$
1	0,02	11	0,95
2	1,30	12	0,80
3	0,50	13	3,02
4	1,00	14	4,50
5	1,50	15	2,58
6	0,65	16	1,53
7	2,38	17	0,06
8	2,05	18	1,43
9	2,44	19	3,21
10	1,08	20	1,03

Чтобы разобраться в этих данных, необходимо расположить их в ряд с учетом:  $S \leq 1$ ;  $1 < S \leq 2$ ;  $2 < S \leq 3$  и  $S$  более 3/

Варианта  $S_i \leq 1$  1...2 2...3 >3

Число вариант  $f_i$  7 6 5 2

Это и есть вариационный ряд. Числа, показывающие, сколько раз отдельная варианта встречается в данной совокупности, называются частотами или весами вариант и обозначаются  $f$ . При этом, общая сумма частот вариационного ряда равна объему данной совокупности, т.е.  $\sum_{i=1}^n f_i = n$ , где  $n$  – общее число наблюдений, или объем совокупности. Частоты (веса) выражают не только абсолютными, но и относительными числами – в долях единицы или в процентах от общей численности вариант, составляющих данную совокупность. В таких случаях веса называют относительными частотами или частостями. Общая сумма частостей равна единице.

Распределение исходных данных в вариационный ряд преследует определенные цели, одна из них – ускорение работы при вычислении по вариационному ряду обобщающих числовых характеристик – средней величины и показателей вариации (см. тему №3). Другая сводится к выявлению закономерностей варьирования учитываемого признака. Чтобы ряд распределения полностью удовлетворял предъявляемым к нему требованиям, его нужно строить по ранжированным значениям признака.

Под ранжированием (от франц. ranger – выстраивать в ряд по ранжиру, т.е. по росту) понимают расположение членов ряда в возрастающем (или убывающем) порядке.

В зависимости от того, как варьирует признак – дискретно или непрерывно, в широком или узком диапазоне, – статистическая совокупность распределяется в безынтервальный или интервальный вариационные ряды. В первом случае частоты относятся непосредственно к ранжированным значениям признака, которые приобретают положение отдельных групп или классов вариационного ряда, во втором – подсчитывают частоты, относящиеся к отдельным промежуткам или интервалам, на которые разбивается общая вариация признака в пределах от минимальной до максимальной варианты данной совокупности. Эти промежутки, или классовые интервалы, могут быть равными и неравными по ширине. Отсюда различают равно- и неравноинтервальные вариационные ряды.

В неравноинтервальных рядах характер распределения частот меняется по мере изменения ширины классовых интервалов. Поэтому в качестве числовых характеристик таких рядов используют особые показатели (см. тему №4).

Неравномерную группировку в биологии применяют сравнительно редко. Как правило, биометрические данные распределяются в равноинтервальные ряды, что позволяет не только выявлять закономерность варьирования, но и облегчает вычисление сводных числовых характеристик вариационного ряда, сопоставление рядов распределения друг с другом.

Приступая к построению равноинтервального вариационного ряда, важно правильно наметить ширину классового интервала. Дело в том, что грубая

группировка (когда устанавливают очень широкие классовые интервалы) искажает типичные черты варьирования и ведет к снижению точности числовых характеристик ряда. При выборе чрезмерно узких интервалов точность обобщающих числовых характеристик повышается, но ряд получается слишком растянутым и не дает четкой картины варьирования.

Для получения хорошо обозримого вариационного ряда и обеспечения достаточной точности вычисляемых по нему числовых характеристик следует разбить вариацию признака (в пределах от минимальной до максимальной варианты) на такое число групп или классов, которое удовлетворило бы обоим требованиям.

Величина классового интервала  $\lambda$  вычисляется по формуле (1):

$$\lambda = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K}, \quad (1)$$

где  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  – максимальная и минимальная варианты совокупности;  $K$  – число классов, на которые следует разбить вариацию признака.

Число классов  $K$  можно приблизительно принять, используя табл.5.

Таблица 1.5

Число наблюдений $n$ (от – до)	Число классов $K$
25 – 40	5 – 6
40 – 60	6 – 8
60 – 100	7 – 10
100 – 200	8 – 12
Более 200	10 – 15

Более точно величину  $K$  можно определить по формуле Стерджерса:

$$K = 1 + 3,32 \lg n$$

При наличии совокупности большого числа членов ( $n > 100$ ) можно использовать формулу Н. Брукса, М. Карузера, 1963:

$$K = 5 \lg n$$

Примечание: В тех случаях, когда по вариационному ряду вычисляют числовые характеристики (средние, дисперсию и др.) согласно рекомендации Д. Юла и М. Кендэла (1960), следует выделять 15-20 классовых интервалов независимо от числа наблюдений, что обеспечит достаточную компактность вычислений и практическую их точность.

Вопрос о том, распределять ли собранные данные в интервальный ряд или безынтервальный ряд, решают в зависимости от характера и размаха варьирования признака. Если признак варьирует дискретно и слабо, т.е. в узких границах (величина  $\lambda$  оказывается равной единице или может быть приравнена к единице), данные распределяются в безынтервальный вариационный ряд. Если же признак варьирует в широких границах, то не зависимо от того, как он варьирует – дискретно или непрерывно, по данным строят интервальный вариационный ряд.

### Графики вариационных рядов

Для того чтобы более наглядно представить закономерность варьирования количественных признаков, вариационные ряды принято изображать в виде графиков. Так, при построении графика безынтервального вариационного

ряда по оси абсцисс откладывают средние значения классов, а по оси ординат – частоты. Высоты перпендикуляров, откладываемых по оси абсцисс, соответствует частотам классов. Соединяя вершины перпендикуляров прямыми линиями, получают геометрическую фигуру в виде многоугольника, называемую полигоном распределения частот. Линия, соединяющая вершины перпендикуляров, называется вариационной кривой или кривой распределения частот вариационного ряда (рис. 2.1).

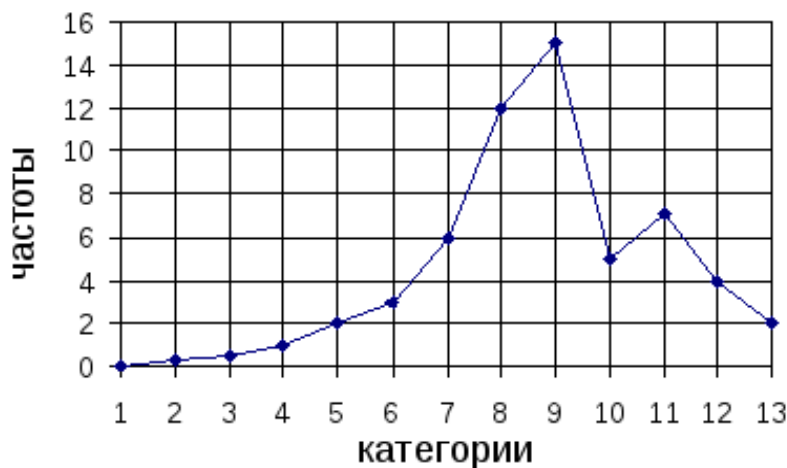


Рис. 2.1 Пример полигона распределения частот вариационного ряда

При построении графика интервального вариационного ряда по оси абсцисс откладывают границы классовых интервалов, а по оси ординат – частоты интервалов. В результате получается так

называемая гистограмма распределения частот (рис. 2.2).

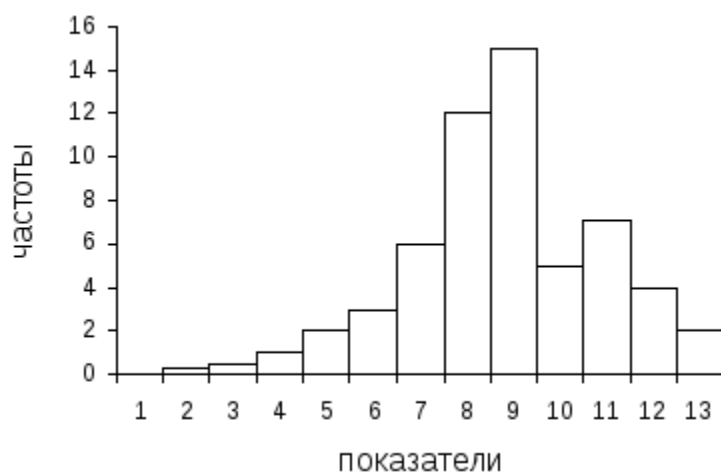


Рис. 2.2 Пример гистограммы распределения частот

Если из середин верхних сторон прямоугольников гистограммы опустить перпендикуляр на ось абсцисс, то гистограмма превращается в полигон распределения, а линия, соединяющая середины верхних сторон прямоугольников гистограммы, будет представлять собой ва-

риационную кривую.

Если по оси абсцисс откладывать значения классов, а по оси ординат – накопленные частоты с последующим соединением точек прямыми линиями, получается график, называемый кумулятой (см. рис. 2.3). В отличие от вариационной кривой, имеющей куполообразную форму, кумулята имеет вид S-образной кривой. Накопленные частоты находят последовательным суммированием, или кумуляцией (от лат. *sumulatio* – увеличение, скопление) частот в направлении от первого класса до конца вариационного ряда.

Откладывая по оси абсцисс частоты, а по оси ординат значения классов с последующим соединением геометрических точек прямыми линиями, как это показано на рис. 2.4, получают линейный график, называемый огивой.

По сравнению с эмпирическими вариационными кривыми, которые выглядят обычно в виде ломанных линий, кумулята и огива имеют более обтекаемую форму. Это особенность позволяет в ряде случаев отдавать предпочтение этим графикам перед эмпирической вариационной кривой.

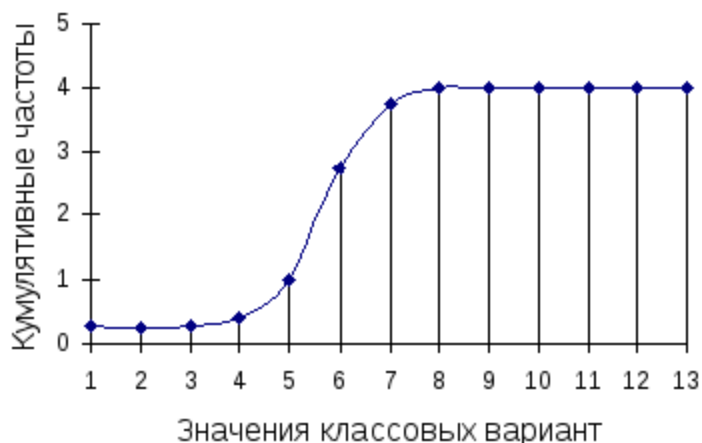


Рис. 2.3 Пример графика кумуляты

Центральная точка кумуляты совпадает с центром распределения совокупности, что дает возможность использовать ее при определении, например, средних доз биологически активных веществ, вызывающих эффект у 50 % подопытных индивидов. Огива позволяет сравнивать друг с другом

одновременно несколько эмпирических распределений неравного объема.

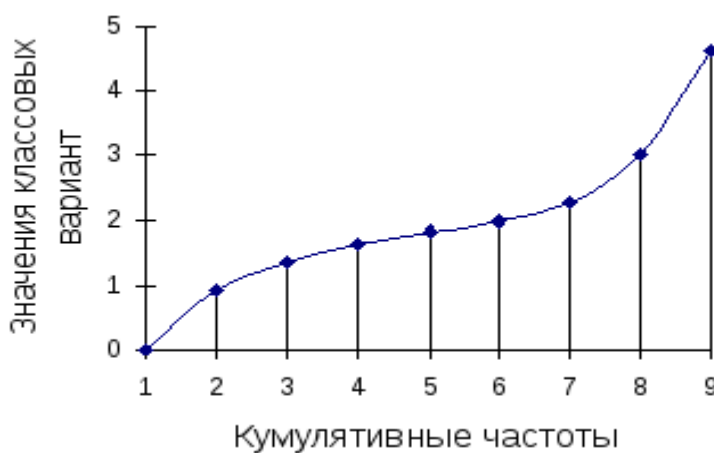


Рис. 2.4 Пример графика огивы

Примечание: Неумелое построение графиков приводит к тому, что последние получаются либо в виде островершинных геометрических фигур с узким основанием, либо плосковершинными, чрезвычайно растянутыми по оси абсцисс. В

обоих случаях графики оказываются плохо обозримыми, нечетко отображающими закономерность варьирования.

Избежать эти недостатки поможет правило "золотого сечения", согласно которому основание геометрической фигуры должно относиться к ее высоте, как 1:0,62. Применительно к построению вариационной кривой масштабы на осях прямоугольных координат следует выбирать с таким расчетом, чтобы основание кривой было в 1,5-2,0 раза больше ее высоты (т.е. максимальной ординаты). Откладывая по оси абсцисс классы вариационного ряда, следует также доводить крайне из них до нулевых классов, в которых не содержится ни одной варианты. В результате вариационной кривой придается законченный, хорошо обозримый вид.

## Лекция 6. ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА. СРЕДНИЕ ВЕЛИЧИНЫ

**1. Две группы показателей для характеристики вариационных рядов.** В предыдущей лекции мы рассмотрели способы сведения данных, составляющих статистические совокупности, в вариационные ряды. Каждый вариационный ряд и его графическое изображение – это как бы «сгущение» исходного фактического материала, превращение его в наглядную форму. Однако этого недостаточно. Очень важно получить характеристики для совокупности, которые были бы выражены цифровыми показателями. С их помощью можно было бы сравнивать разные ряды. Одним из простейших способов количественной характеристики вариационного ряда является указание на его размах, т. е. на верхнюю и нижнюю его границы, которые обычно называют лимитами. Если, например, известно, что вариационный ряд по молочной продуктивности одного стада коров имеет размах от 2000 до 4000 кг, а другого – от 2500 до 6800 кг, то, казалось бы, можно сделать вывод о более высоком качестве второго стада. Однако лимиты не указывают на то, как распределяются по изученному признаку отдельные члены совокупности. Вот почему для характеристики совокупности нужны такие показатели, которые отражали бы свойства всех ее членов. Вариационные ряды могут различаться: а) по тому значению признака, вокруг которого концентрируется большинство вариантов. Это значение признака отражает как бы уровень развития признака в данной совокупности, или, иначе, центральную тенденцию ряда, т. е. типичное для ряда; б) по степени вариации вариант вокруг уровня, по степени отклонения от центральной тенденции ряда.

Соответственно этому статистические показатели разделяются на две группы:

- показатели, которые характеризуют центральную тенденцию, или уровень ряда,
- показатели, измеряющие степень вариации.

К первой группе относятся различные средние величины: мода, медиана, средняя арифметическая, средняя геометрическая.

Ко второй – вариационный размах, среднее абсолютное отклонение, среднее квадратическое отклонение, варианса (дисперсия), коэффициенты асимметрии и вариации.

Существуют еще и другие показатели, но их мы не будем рассматривать, так как они редко применяются в биологической статистике.

**Мода и медиана.** При изучении распределения самок лисиц по числу щенков в помете обнаружилось, что 39 самок из общего числа 80 имели по 4 щенка, т. е. класс «4 щенка» обладал наибольшей частотой. Такой класс был назван модальным. Значение же модального класса называют модой. Мода обозначается символом  $M_o$ . Величина моды является как бы типичной для всей совокупности. Действительно, в нашем примере почти половина самок из 80 имела в помете именно 4 щенка. Для ряда распределения змей по числу хвостовых щитков (табл. 2) модальным является класс «46–48 щитков». А так

как класс здесь охватывает несколько значений вариант, то для его характеристики надо вычислить 30 среднее значение класса. Оно равно  $46 + 48/2 = 47$ . В таком случае  $M_0 = 47$  щиткам. К числу средних величин относится также медиана. **Медиана** – это значение варианты, находящейся точно в середине ряда (обозначается  $M_e$ ). Чтобы найти такую варианту, надо сначала расположить все варианты по порядку от минимальных их значений до максимальных. Такое расположение вариант называют ранжировкой. Чтобы определить  $M_e$  при четном числе вариант, надо взять значения двух соседних срединных вариант, например при  $n = 80$  значения вариант с порядковыми номерами 40 и 41, и разделить их сумму на 2. В примере, представленном в табл. 4, обе эти варианты будут иметь значения «4 щенка», следовательно,  $M_e$  данного ряда = 40. Медиана и мода дают известное представление о совокупности в целом. Они характеризуют своего рода типичное в данной совокупности (конечно, речь идет только о каком-то определенном признаке). Использование моды и медианы в биологии в настоящее время довольно ограничено, но в некоторых случаях без них очень трудно обойтись, в частности, если полученные данные не являются чисто количественными, а поэтому не могут быть представлены в виде точного вариационного ряда. Так, например, тяжесть заболевания подопытных животных или их упитанность можно условно оценивать степенями: слабая, удовлетворительная, средняя, высокая – или баллами 1, 2, 3 и т. д. Тогда мода или медиана могут достаточно хорошо характеризовать типичное в совокупности. Обычно же, когда изучаемая совокупность достаточно однородна и вариация внутри нее чисто количественная, выгоднее пользоваться, другими средними величинами.

**2. Средняя арифметическая и ее свойства.** Нахождение средней арифметической – это в сущности замена индивидуальных варьирующих значений признаков отдельных членов совокупности некоторой уравненной величиной при сохранении основных свойств всех членов совокупности. Этому условию в наибольшей степени удовлетворяет так называемая «средняя арифметическая, обозначаемая» -  $\bar{X}$  (ранее обозначали  $M$ ). Представим себе, что ряд членов совокупности, т. е. ряд значений случайной переменной  $x_1, x_2, \dots, x_i$  заменим таким же рядом из одинаковых величин  $x$ , т. е.  $x, x, x, \dots, x$  ( $n$  раз). Тогда сумма всех вариант совокупности  $x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$  будет равна  $\bar{X} + \bar{X} + \bar{X} + \dots + \bar{X}$  ( $n$  раз), т. е.  $n\bar{X}$ . Сумму всех вариант совокупности можно сокращенно обозначить  $\Sigma x$ , ( $x$  – обозначает значение любой варианты; греческая буква  $\Sigma$  – большая сигма – обозначает суммирование; конкретные суммы часто обозначают также латинской буквой  $S$ ). Тогда  $\Sigma x = n\bar{X}$ , откуда  $\bar{X} = \Sigma x / n$ . Мы получили наиболее общую и в то же время наиболее простую формулу средней арифметической. Для того чтобы вычислить среднюю арифметическую, достаточно сложить значения всех вариант и сумму разделить на общее число вариант. В простейших случаях так и делают. 31 Очевидно, в таких случаях можно пользоваться данными, полученными непосредственно при анализе членов совокупности, не прибегая к группировке вариант. Однако при большом количестве вариант этот прямой способ определения средней арифметической по

указанным формулам оказывается не столь удобным. Кроме того, при его применении нет возможности вычислить некоторые другие биометрические показатели. Поэтому на практике часто пользуются окольными методами вычисления средней арифметической на основе уже сгруппированных данных. Эти методы будут разобраны позднее.

**Свойства средней арифметической:** 1. Если каждую из вариантов совокупности, для которой вычисляется средняя арифметическая, увеличить или уменьшить на одну и ту же величину, то и средняя арифметическая соответственно увеличится или уменьшится на столько же.  $X_1/A; X_2/A; X_3/A; X_4/A; X_i/A$ ; то  $\Sigma X_i/A$

2. Алгебраическая сумма отклонений отдельных вариантов от средней арифметической (т. е. разностей между каждым конкретным значением признака и средней арифметической) равняется нулю:  $\Sigma(x_i - X)=0$ .

3. Сумма квадратов отклонений от средней арифметической меньше суммы квадратов отклонений от любой другой величины  $A$  не равной  $X$ , т. е.  $\Sigma (x_i - X)^2 < \Sigma (x_i - A)^2$ , если  $A$  не равно  $X$ .

### **Значение средней арифметической и ее сущность.**

Средняя арифметическая, как и некоторые другие средние, известна издавна. Она имеет очень большое значение в науке и технике. Нет буквально ни одной биологической работы, в которой не встречались бы в той или другой форме средние арифметические. Средняя арифметическая является обобщающей величиной, которая как бы впитывает в себя все особенности данной совокупности или ряда распределения. Она отражает уровень всей совокупности в целом, дает сводную, обобщенную характеристику данного изучаемого признака. Цифровое значение средней арифметической как таковое может не встретиться ни в одном конкретном случае в совокупности. Может оказаться, что ни одна варианта не будет ей равной. Если среднее число щенков у серебристо-черных лисиц равно 4,7, то, очевидно, фактическое число щенков никак не может быть дробным. В этом смысле средняя арифметическая является абстрактной величиной. Но в то же время она и конкретна. Она выражается в тех же единицах измерения, что и варианты ряда. При определении средней арифметической взаимопогашаются, отменяются случайные колебания, отклонения от центральной тенденции, от уровня вариационного ряда и выступает общий закон явления. Вскрывается типичное для всей совокупности в целом. В то же время нужно предостеречь от возможных ошибок в понимании средней арифметической.

- Средняя арифметическая характеризует всю совокупность в целом, а не отдельные члены совокупности. Среднее число щенков в помете лисиц 4,7 относится только ко всей группе, каждая же отдельная лисица характеризуется своим числом щенков в помете—от 1 до 9.

- Средняя имеет смысл только по отношению к качественно однородной совокупности. Так, нельзя вычислять средний вес животных для группы, включающей и молодняк разных возрастов и взрослых животных. Надо взять каждую возрастную группу отдельно и для них вычислить  $X$ .

- Поскольку средняя арифметическая относится к данной совокупности, перенесение ее на явления, выходящие за ее рамки, рискованно, без специального анализа вопроса о правомерности такого перенесения.

- Средняя относится лишь к отдельным изучаемым признакам и не может быть автоматически перенесена на их сумму.

### **Измерение вариации.**

Вариационный размах и средние отклонения. Средняя арифметическая указывает на то, какое значение признака наиболее характерно для данной совокупности. Но сама по себе она еще недостаточна для характеристики совокупности, так как главной особенностью совокупности является наличие разнообразия между ее членами, т. е. вариации. Если бы не было вариации, то информацию о совокупности можно было бы получить по одному члену совокупности. При наличии же вариации эта информация должна быть основана на учете характера и степени вариации. Учет вариации того или другого признака в совокупности имеет очень большое значение для биолога, так как всякая вариация в популяции животных или растений в конечном счете отражает различия между организмами – в их наследственной природе и в тех условиях, при которых они выращивались. Приемы работы с животными должны меняться в зависимости от характера их вариации. Без оценки вариации невозможно и сравнение двух совокупностей. Два стада коров могут иметь очень близкие средние удои, но в одном величины удоев сильно различаются, в другом же коровы представляют собой довольно однородную группу с небольшим размахом колебаний. Определение вариационного размаха, т. е. разницы между максимальным и минимальным значениями вариант, может в известной степени указывать на степень вариации, но оно недостаточно. Во-первых, крайние величины в рядах не очень устойчивы, и при изменении количества изучаемых особей они легко сдвигаются. Во-вторых, при одних и тех же пределах вариации распределение вариант в рядах может быть различным. Вот почему для характеристики различий между отдельными значениями случайной переменной  $x$ , иначе говоря, вариации между членами совокупности нужен такой показатель, который обобщал бы колеблемость всех вариант. Для этого надо сравнивать варианты или друг с другом, или с какой-то одной постоянной величиной. В качестве последней лучше всего взять среднюю арифметическую.

### **Варианса и среднее квадратическое отклонение.**

Более совершенными показателями, характеризующими вариацию, являются средний квадрат отклонений вариант от средней арифметической, иначе называемый **вариансой**,\*\* и среднее квадратическое отклонение, или, иначе, стандартное отклонение. Вариансу обозначают  $\sigma^2$  (греческая буква сигма) или  $s^2$  (латинская буква эс), а среднее квадратическое отклонение –  $\sigma$ . Словами это можно формулировать так: **варианса** – это сумма отклонений отдельных значений вариант от средней арифметической, деленная на общее количество вариант, а **среднее квадратическое отклонение** – корень квадратный из этого частного. Хотя после извлечения корня квадратного получают значения со знаками плюс и минус, обычно берут только положительное значение.

Степени свободы. Величина  $n - 1$  получила особое название – число степеней свободы (точнее, число степеней свободы вариации). Мы будем обозначать ее буквами  $df$ . Так как во многих разделах статистики приходится пользоваться числом степеней свободы, то следует объяснить его значение. Существуют различные способы вычисления статистических показателей: а) прямой через значения вариант (без ВР, при малом  $n$ ); б) прямой через значения вариант для ВР; в) не прямой способ (способ условной средней) Из всего сказанного видно, что для определения статистических показателей требуется довольно большая вычислительная работа, но объем ее может быть сокращен правильным выбором метода, наиболее подходящего для обработки данного материала, и применением имеющихся технических средств для вычислений ЭВМ, лучше всего пользоваться прямым способом вычислений, так как он дает наиболее точные результаты. Непрямому же способу в силу искусственной разбивки материала на классы всегда сопутствует известная неточность. Средняя геометрическая. Средняя арифметическая – наиболее часто применяемый статистический показатель, в том числе в биологии. Однако в некоторых случаях (например, при изучении темпов роста организмов или роста целых популяций приходится пользоваться другой средней величиной – средней геометрической. Формула для ее вычисления следующая:  $X_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} = \sqrt[n]{\prod x_i}$  Очевидно, что при ее определении надо исключать варианты выражающиеся нулем или отрицательным числом. На практике вычисление средней геометрической производится с помощью логарифмов по следующей рабочей формуле  $\log X_g = 1/n (\log x_1 + \log x_2 + \dots + \log x_n)$  т. е. логарифм средней геометрической равен арифметической средней суммы логарифмов отдельных значений  $x$ . По значению  $\log X$  затем определяется величина  $x$ .

## **Лекция 7. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА. РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ ВЫБОРОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

**1. Оценка достоверности статистических показателей с помощью средней ошибки.** Оценка достоверности  $X$ . Роль средней, или статистической, ошибки в статистическом анализе очень велика. С одной стороны, как было показано выше, она позволяет определить границы для показателей генеральной совокупности, например, для  $\mu$ , а с другой стороны, дает возможность оценить степень достоверности самих статистических показателей, в частности средней арифметической данной выборочной совокупности. Что же следует понимать под достоверностью средней арифметической? Фактическая средняя арифметическая всегда является выборочной. Поэтому для суждения о ее достоверности надо сравнить ее со средней арифметической генеральной совокупности. Мерилом достоверности явится нормированное отклонение, для вычисления которого можно использовать приведенную выше формулу. Возникает вопрос о том, откуда же взять величину  $\sigma$ ? Возможны два случая. В первом  $\mu$  представляет собой определенную, отличающуюся от нуля, величину, значение которой можно примерно предположить по другим данным.

Допустим, что изучали жирность молока 10 коров. Были получены следующие показатели;  $x = 3,7\%$ ;  $\sigma = 0,28\%$ ;  $m = 0,09\%$ . Если при этом ранее изучали жирность молока в других выборках и получали различные значения выборочных средних, то можно вычислить среднюю из этих средних. Допустим, что она оказалась равна  $4,0\%$ . Можно принять ее за  $m_0$ . Тогда  $t = 3,7 - 4,0 / 0,009 = 3,3$  При малом  $n$  ( $= 8$ ) следует проверить достоверность по табл. II. (Рокицкий) Вероятность достоверности ( $p = 0,987$ ) вполне достаточная. В общем можно сказать, что  $x$ , вычисленные для большинства биологических показателей даже на сравнительно малых по размерам выборочных совокупностях, чаще всего будут достаточно достоверными, если только ряд не слишком растянут. Однако может получиться иначе, если приходится оперировать экспериментальными данными, в которых фигурируют какие-либо условные или относительные величины, часть последних может иметь и отрицательный знак. Тогда установление достоверности  $x$  совершенно необходимо.

**2. Нулевая гипотеза.** Метод средней ошибки позволяет сравнивать между собой любые две группы животных или растений, например: две выборочные совокупности, взятые из природной, неизученной популяции; выборку из какой-то уже известной группы и группу, из которой эта выборка взята; опытную и контрольную группы при постановке опытов – и установить, насколько достоверны различия между их статистическими показателями (средними арифметическими, вариансами и др.).

Общие принципы сравнения основываются на анализе так называемой нулевой гипотезы. Согласно этой гипотезе, первоначально принимается, что между данными показателями (или группами, на основе которых они получены) достоверного различия нет, т. е. что обе группы вместе составляют один и тот же однородный материал, одну совокупность. Статистический анализ должен привести или к отклонению нулевой гипотезы, если доказана достоверность полученных различий, или к ее сохранению, если достоверность различий не доказана, т. е. различия признаны случайными. Но так как все статистические показатели и различия между ними характеризуются определенными уровнями значимости, то отбрасывание нулевой гипотезы должно быть связано с принятием определенного уровня значимости. Так, если признан необходимым уровень значимости  $0,01$  и если вероятность достоверности данного статистического показателя или разницы между показателями не удовлетворяет этому условию, т. е. она ниже  $0,99$  (например,  $0,97$ ,  $0,91$ ,  $0,88$ ), то нет оснований для отбрасывания нулевой гипотезы. Ее надо считать правильной по крайней мере до тех пор, пока новые данные не дадут возможности ее опровергнуть, доказав, что существующие различия не являются чисто случайными. Конечно, и в том случае, когда нулевая гипотеза считается опровергнутой, какой-то шанс, что она в действительности верна, остается. При уровне значимости  $0,01$  этот шанс составляет 1 на 100, т. е. в 1 % случаев отбрасывание нулевой гипотезы было ошибкой. Если достигнут уровень значимости не  $0,01$ , а  $0,001$ , то уверенность в том, что нулевая гипотеза действительно отвергнута правильно, резко возрастает (лишь 1 шанс на 1000 случаев, что она

все же верна). При  $P = 0,05$  уверенность правильности вывода составляет лишь 95 случаев из 100, а в 5 возможен неправильный вывод. Таким образом, если полученные данные характеризуются уровнем значимости  $P = 0,05$  – нулевая гипотеза опровергнута. Но значительно неопределеннее положение вещей, если результаты анализа или сравнения удовлетворяют уровню значимости  $0,05$ , но не удовлетворяют уровню значимости  $0,01$ . Надежное суждение оказывается невозможным. Очевидно, что в таких случаях должны быть проведены дополнительные опыты, чтобы решить, следует ли отбрасывать нулевую гипотезу. Вообще надо иметь в виду, что сохранение нулевой гипотезы еще не означает ее правильности. Может оказаться все же, что она неправильна. Сохранение же нулевой гипотезы оставляет вопрос открытым. Приведенная выше оценка достоверности средней арифметической выборочной совокупности также являлась проверкой нулевой гипотезы. Согласно нулевой гипотезе,  $X=0$ . Надо было доказать, что  $X$  достоверно отличается от нуля. При достаточном доказательстве, удовлетворяющем принятому уровню значимости, нулевая гипотеза отбрасывается, т. е. признается достоверность  $X$ . Если это не удается сделать, остается правильной нулевая гипотеза (недостоверность  $x$ ) впредь до новых опытов.

**3 Оценка достоверности разницы между средними арифметическими двух выборочных совокупностей.** Если была получена разница между средними арифметическими двух генеральных совокупностей, то, очевидно, не может стоять вопрос о статистической ошибке этой разницы. Эта разница всегда достоверна, даже если она и очень мала. Иное дело, если сравниваются две выборочные совокупности, например: две группы морских свинок, подвергавшихся воздействию химических веществ или физических факторов, две группы коров, сравниваемые по удою и взятые из одной породы, хозяйства и т. д. В этих случаях разница между средними имеет свою статистическую ошибку, с которой ее можно сравнить и установить, достоверна эта разница или нет. Нулевая гипотеза в данном случае будет сводиться к тому, что две изучаемые выборочные совокупности происходят из одной и той же генеральной совокупности и что разница между их средними арифметическими случайна, т. е. лежит в пределах ошибки выборочности. Чтобы иметь право отвергнуть нулевую гипотезу, надо доказать, что разница между средними арифметическими достоверна, т.е. удовлетворяет требуемому уровню значимости. Для установления достоверности разницы между средними арифметическими надо воспользоваться нормированным отклонением. Нормированное отклонение примет следующую форму: На самом деле формула для  $t$  должна быть несколько сложнее, а именно; Но, так как надо исходить из нулевой гипотезы о том, что две выборочные средние арифметические взяты из одной генеральной совокупности, то  $\mu_1 = \mu_2$  и правая часть числителя обращается в нуль. Числителем является разница между средними арифметическими двух групп (знак разницы не имеет значения). Ее можно обозначить сокращенно буквой  $d$ . В знаменателе же – средняя ошибка этой разницы, т. е.  $m_{x1} - m_{x2}$  или более сокращенно  $m_d$ .

Тогда Существует два способа определения средней ошибки разницы. Первый из них применяется, когда обе сравниваемые группы обладают достаточно большой численностью, большей чем по 30 особей в каждой. Средняя ошибка разницы определяется тогда по формуле. Допустим, что мы хотим сравнить по удою 2 группы коров. В одной группе  $n_1=50$ . В другой  $n_2=40$ . Средние удои и ошибка для первой группы:  $X_1 \pm m_{x1} = 2100 \pm 120$  кг; для второй группы:  $X_2 \pm m_{x2} = 2635 \pm 140$  кг. Разница между средними удоями 2 групп Таким образом,  $d \pm m_d = 535 \pm 184$  кг, а  $t = 2,91$ . По таблице нормального интеграла вероятности (табл. I, Рокицкий) находим, что в этом случае вероятность достоверности очень велика - 0,9963. При отсутствии таблицы можно исходить из правила трех сигм: если разница превышает свою ошибку почти в три раза, она достоверна с вероятностью не менее 0,991. Но из сказанного выше очевидно, что в таком высоком значении  $t$  нет надобности. Если  $n > 30$ , то  $t=2,58$  гарантирует достоверность разницы с вероятностью 0,99. При сравнении двух групп с малыми, и, особенно с неодинаковыми объемами, ошибка разницы определяется по формуле: Смысл этой формулы заключается в том, что нельзя пользоваться просто готовыми средними ошибками, вычисленными заранее для двух сравниваемых групп, как это было при применении формулы, а нужно сначала сложить суммы квадратов отклонений по обеим группам, т.е. т. е. получить объединенную сумму квадратов отклонений, затем определить дисперсию объединенных рядов (путем деления объединенной суммы квадратов на сумму чисел степеней свободы обеих групп) и, наконец, после умножения на  $n_1 + n_2 / n_1 \times n_2$  и извлечения квадратного корня получить ошибку разницы. Для иллюстрации возьмем следующий пример. На двух группах крыс был поставлен опыт по сравнению влияния разных рационов на рост. Крысы 1 группы (12 шт.) получали рацион с высоким содержанием белка, крысы второй (7) – с низким. Привесы за 56 дней опыта для каждой крысы составляли (в г): первая группа – 134, 146, 104, 119, 124, 161, 107, 83, 113, 129, 97, 123; вторая группа – 70, 118, 101, 85, 107, 132, 94. После обработки данных с помощью одной из формул для сумм квадратов получим:  $d = X_1 - X_2 = 19$  г.;  $\sum(x - X_1)^2 = 5302$ ,  $\sum(x - X_2)^2 = 2575$ , тогда общая сумма квадратов равна 7877, а степени свободы  $df=17$ . Применив 43 указанные выше формулы получим  $t=1,89$ . По табл. III (Рокицкий) находим, что (при  $df = 17$  и уровне значимости 0,05)  $t$  должно быть не менее 2,11, полученное значение  $t$  ниже табличного. Для уточнения вероятности достоверной разницы воспользуемся табл. II. Из нее видно, что  $t = 1,89$  соответствует вероятности 0,92, т.е. уровень значимости 0,08. Т.о. можно считать, что разные рационы не привели к разделению популяции крыс по привесам на две достоверно отличающиеся друг от друга популяции, иначе говорят нулевая гипотеза не может быть отвергнута. Конечно, опытные группы были слишком малы. Возможно, что при их увеличении будет получена более достоверная разница между группами крыс, находившимися на разных рационах кормления.

## Лекция 8.ОСНОВЫ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА

**1. Сущность и метод дисперсионного анализа.** Ранее были рассмотрены методы оценки различия двух выборок путем сравнения их средних  $\mu_1$  и  $\mu_2$  и стандартных отклонений. В исследованиях часто приходится иметь дело не с двумя, а с большим числом выборок. Обычно эти выборки относятся к различным совокупностям. Например, это могут быть группы растений, получивших разные удобрения или уход, когда в опыте ставится цель статистически оценить эффект мероприятия. В начале 1950-х годов Р. А. Фишер разработал критерий и метод для такой оценки. Это привело к значительному последующему развитию теории планирования опыта и статистической оценки его эффекта. Статистический смысл задачи по оценке эффекта мероприятия в многогрупповом опыте состоит в проверке значимости различия в групповых средних оцениваемого на основе сравнения дисперсий. Для раскрытия сущности метода оценки эффекта мероприятия, т. е. дисперсионного анализа, рассмотрим сначала анализ нескольких выборок, взятых из общей совокупности. Такой опыт называют условным экспериментом. Дж. У. Снедекор (1961) произвел 4 выборки ( $a=4$ ) из общей совокупности данных по привесу животных. Каждая из групп включала  $n=5$  наблюдений (повторений). Средняя для совокупности  $\mu=30$ , а дисперсия  $\sigma^2=100$ . Результаты опыта приведены в табл. 1.

Таблица 1. Привесы (в фунтах) 4 групп по 5 животных в группе.

Группа	Привес $X$	Сумма $\Sigma X$	Сред- ние $\mu$	$\Sigma X^2$	$\frac{\Sigma(X)^2}{n}$	$\Sigma x^2$
1	40, 24, 46, 20, 35	165	33	5917	5445	472
2	29, 27, 20, 39, 45	160	32	5516	5120	396
3	11, 31, 17, 37, 39	135	27	4261	3645	616
4	17, 21, 28, 33, 21	120	24	3044	2880	164
По опыту в целом		580	29	18738	16820	1918

Данные таблицы позволяют получить три оценки дисперсии в совокупности  $\sigma^2=100$ . Первая оценка получается на основе всех 20 наблюдений.

$$\sigma = \frac{\sum x^2}{N-1} = \frac{1918}{19} = 100.9, (N = a \cdot n)$$

Вторая оценка получается из сумм квадратов внутри четырех групп. Она отражает варьирование «отдельных групп».

$$\sigma_1 = \frac{\sum x_1^2 + \sum x_2^2 + \sum x_3^2 + \sum x_4^2}{a \cdot n - n} = \frac{472 + 396 + 616 + 164}{20 - 4} = 103$$

Групповые средние приводят к третьей оценке дисперсии совокупностей. Средний квадрат средних будет равен:

$$\frac{(\mu_1 - \mu)^2 + (\mu_2 - \mu)^2 + (\mu_3 - \mu)^2 + (\mu_4 - \mu)^2}{n-1} = \frac{(33-29)^2 + (32-29)^2 + (27-29)^2 + (24-29)^2}{4-1} = 18$$

Число 18 является оценкой  $\sigma^2/5$ , т. е. оценкой 20.

Каждая средняя представляет 5 наблюдений. Следовательно, третья оценка  $\sigma^2$  будет равна  $\sigma^2 = 18 \cdot 5 = 90$ . Она основана на 4 групповых средних при  $n-1=4-1=3$  степенях свободы. Сумма квадратов всех групповых средних составит  $90 \cdot 3 = 270$ .

Результаты произведенного подразделения общего варьирования на части и его анализ называют дисперсионным анализом (табл. 2).

Таблица 2. Дисперсионный анализ данных о привесе животных

Источник варьирования	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат
Объекты отдельных групп	16	1648	103
Групповые средние	3	270	90
Итого	19	1918	100,9

1 Сумма всех наблюдений:

2  $\Sigma X = 40 + 24 + \dots + 21 = 580$ .

3 Общая сумма квадратов:

$$\Sigma x^2 = \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N} = 40^2 + 24^2 + \dots + 21^2 - \frac{580^2}{20} = 1918$$

4 Сумма квадратов для групповых средних:

$$\frac{\Sigma (\Sigma X)^2}{n} - \frac{(\Sigma X)^2}{a \cdot n} = \frac{165^2 + 160^2 + \dots + 120^2}{5} - \frac{580^2}{20} = 17090 - 16820 = 270$$

Сравнение среднего квадрата групповых средних (90) и среднего квадрата для объектов внутри отдельных групп (103) показывает незначительное их расхождение. Прежде чем делать окончательные выводы, приведем схему расчетов и таблицу анализа в общепринятом виде. Результат пунктов 2, 3 вносят в таблицу и на их основе получают данные для объектов (табл. 3).

Таблица 3. Дисперсионный анализ данных р привесе животных (общепринятая форма)

Источник варьирования	v	$\Sigma x^2$	$\sigma$
Общее	19	1918	—
Групповые средние (факториальное)	3	270	90
Объекты отдельных групп (случайное)	16	1648	103

**2. Дисперсионный анализ случайных выборок из двух или большего числа совокупностей.** В большинстве приложений дисперсионного анализа изучаемые варианты опыта (например, данные дозы удобрения) влияют на средние. Группы становятся выборками из различных совокупностей. Считается, что эти совокупности имеют различные средние  $\mu$ , но общую дисперсию, не зависящую от вариантов опыта. При дисперсионном анализе средний квадрат для объектов оценивает  $\sigma^2$ , как ранее было показано, но средний квадрат

групповых средних оказывается преувеличенным в связи с различиями между  $\mu$ . Табл. 4 и 5 представляют данные такого эксперимента.

Таблица 4. Высота тополевых саженцев, полученных из черенков особей с разными потомственными данными (от высоты каждого саженца отнято 50 см)

Группа	Высота, см						Сумма	Средняя
1	64	72	68	77	56	95	432	72
2	78	91	97	82	85	77	510	85
3	75	93	78	71	63	76	456	76
4	55	66	51	64	70	66	372	62

Вычисления:

$$1 \quad \sum X = 64^2 + 78^2 + \dots + 66^2 = 1770$$

$$2 \quad \sum x^2 = 64^2 + 78^2 + \dots + 66^2 - \frac{1770^2}{24} = 3586,5$$

3 Для средних:

$$\frac{432^2 + 510^2 + \dots + 372^2}{6} - \frac{1770^2}{24} = 1636,5$$

Таблица 5. Дисперсионный анализ данных о высоте саженцев

Источник варьирования	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат
Общее	23	3586,5	
Между группами (факториальное)	3	1636,5	545,5
Варианты (случайное)	20	1950	97,5

**3. Критерий F–отношение дисперсий. Заключение о равенстве  $\mu$ .** Полученные данные, приводят к вопросу: обуславливается ли значительное различие между средними квадратами  $2\sigma_1$  и  $2\sigma_2$  обычным варьированием случайных выборок из одной совокупности или оно настолько велико, что следует его приписать влиянию выборочных средних. Соответствующая такой постановке вопроса нулевая гипотеза такова.  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_0$  (средние групп одинаковы). Для ответа на подобные вопросы Р. А. Фишер предложил критерий – отношение дисперсий, распределение которого получено на основе случайных выборок из одной общей совокупности. Выше применение критерия F рассматривалось для проверки различия в дисперсиях двух малочисленных выборок. Дж. У. Снедекор знакомит с распределением, полученным на основе 100 47 выборок по 10 наблюдений в каждой, взятых из уже упоминавшейся общей совокупности по привесу животных. Для каждой выборки по методу, изложенному выше, найдены F:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$$

Распределение 100 значений  $F$  (число степеней свободы 9 и 90):

Интервал $F$	0–	0,25–	0,50–	0,75–	1,00–	1,25–
Число случаев	7	16	16	26	11	8
Интервал $F$	1,50–	1,75–	2,00–	2,25–	2,50–	2,75–
Число случаев	5	2	4	2	2	1

Распределение  $F$  несимметрично. 65 значений  $F$  меньше 1. Однако среднее значение  $\bar{F}=0.96$ , т. е. близко к ожидаемой единице. 5% значений  $F$  превосходят 2,25, а 1 % выше 2,75.

Такой таблицей распределения  $F$  можно пользоваться для практических целей. Можно, например, сказать, что при выборках в 10 единиц значение  $F > 2,75$  может встретиться вследствие случайных причин 1 раз на 100 случаев.

На основе исследований Р. А. Фишера получено теоретическое распределение  $F$ -критерия для разных уровней значимости и для различного числа степеней свободы.

В таблицах приложений практически всех изданий по статистическим методам приведен 5%-ный уровень в распределении  $F$ .

При числе степеней свободы  $\nu=3$  и  $\nu=20$  имеем 5%-ный уровень критерия  $F=3,10$ . Полученное в опыте с саженцами отношение дисперсий

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{545.5}{97.5} = 5.6 > F_{0.05}. \text{ Оно превышает даже } F_{0.01}=4,9.$$

На основании сопоставления  $F$ , полученного в опыте, с табличными значениями можно сказать, что вследствие случайных причин из одной общей совокупности имеется менее одной возможности из 100 получить выборку, дающую значение  $F$  больше, чем наблюдаемое. Очевидно, что данные анализируемой выборки принадлежат к совокупности с различными  $\mu$ .

Следовательно, должен быть дан положительный ответ на поставленный выше вопрос о влиянии материнских наследственных качеств на рост нового поколения. Нулевая гипотеза  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_0$  отвергается. Такой вывод получен на основе установленного значимо более высокого варьирования между групповыми средними, измеряемого  $2 \sigma_1$  по сравнению с варьированием высот растений внутри групп, измеряемым  $2 \sigma_2$ .

**4. Дисперсионный анализ с классификацией по двум признакам.** В рассмотренном выше примере с высотой саженцев была использована классификация только по одному признаку. Дисперсионный анализ применим и при классификации по нескольким признакам. Ниже рассмотрим пример группировки по двум признакам (факторам), значимость которых проверяют. Имеем следующие результаты наблюдений  $X$  относительно влияния удобрений (В1 и В2) на почвах с разным качественным составом (А1 и А2) (табл. 6).

Таблица 6. Результаты наблюдений  $X$

Удобрение	Почва		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
B <sub>1</sub>	8, 12 $\mu_{11} = 10; \dots \sum x_{11}^2 = 8$	1, 3 $\mu_{21} = 2; \dots \sum x_{21}^2 = 2$	$\mu_{B1} = \frac{24}{4} = 6$
B <sub>2</sub>	3, 4, 5 $\mu_{12} = 4; \dots \sum x_{12}^2 = 2$	6, 8, 10 $\mu_{22} = 8; \dots \sum x_{22}^2 = 8$	$\mu_{B2} = \frac{36}{6} = 6$
Вся группа	$\mu_{A1} = \frac{32}{5} = 6.4$	$\mu_{A2} = \frac{28}{5} = 5.6$	$\mu = 6; \dots \sum x^2 = 108$
	$\sum x_A^2 = 1.6$		

Числа 8, 12, 3, 4, 5, 1, 3, 6, 8, 10 – значения результативного признака – X.  
 $\mu_{11}, \mu_{12}, \mu_{21}, \dots, \mu_{22}$  – частные средние в клетках; они получены по формуле:

$$\mu = \frac{\sum X_i}{n}$$

$\mu_{A1}, \mu_{A2}$  – средние для 1 и 2-й групп почв;

$\mu_{B1}, \mu_{B2}$  – то же, для соответствующих групп удобрений.

$\sum x_{11}^2 \dots \sum x_{22}^2$  – суммы квадратов отклонений вариантов от средних в клетках.

Проверяемые гипотезы. В опытах, подобных рассматриваемому, интересуют вопросы:

- 1 Различаются ли значимо по своему эффекту на рост растений почвы A<sub>1</sub> и A<sub>2</sub>?
- 2 Значительно ли различен эффект двух удобрений B<sub>1</sub> и B<sub>2</sub>?
- 3 Влияют ли удобрения на рост растений в одинаковой мере на обоях почвах?

Ответ на первый вопрос содержат средние для двух групп почв  $\mu_{A1} = 6,4$  и  $\mu_{A2} = 5,6$ .

Различия этого рода, связанные с неотъемлемыми качественными факторами среды, в литературе о дисперсионном, анализе называют эффектом среды. Ответ на второй вопрос содержится в итогах двух строк  $\mu_{B1} = \mu_{B2} = 6,0$ . Различия, связанные с процессом производства, в данном случае с удобрением, называют эффектом обработки. Ответ на третий вопрос следует искать в средних по клеткам  $\mu_{11}, \mu_{12}, \mu_{21}, \dots, \mu_{22}$ . Видно, что удобрение B<sub>1</sub> на почве A<sub>1</sub> привело к средней  $\mu_{11} = 10$ , тогда как на почве A<sub>2</sub> средняя  $\mu_{21} = 2$ . Удобрение B<sub>2</sub> характеризуется обратным указанному результату:  $\mu_{12} = 4; \mu_{22} = 8$ . Ответ на третий вопрос выявляет взаимодействие, факторов АВ. В поисках заслуживающего доверия ответа на поставленные 3 вопроса выдвигаются 3 нулевые гипотезы: гипотеза H<sub>a</sub> – средние столбцов не отличаются друг от друга гипотеза H<sub>b</sub> – средние строк не отличаются друг от друга гипотеза H<sub>ab</sub> – взаимодействие ab отсутствует.

Компоненты общей суммы квадратов.

$$\sum x = \sum (8^2 + 10^2 + \dots + 6^2 + 8^2 + 10^2) - \frac{60^2}{10} = 468 - 360 = 108.$$

Эту сумму квадратов разделяем на компоненты, измеряющие влияние двух испытываемых факторов, их взаимодействие, а также влияние большого числа случайных факторов, т. е. «компонента ошибки» – меры колебаний вследствие игры случая.

Сумма квадратов, соответствующая каждому из принципов классификации, вычисляется так же, как и при однофакторном комплексе, – как сумма квадратов отклонений каждой групповой средней от общей средней (с учетом веса  $n_i$  каждой средней):

$$\text{для фактора почвы} - \sum x_A^2 = (6.4 - 6)^2 \cdot 5 + (5.6 - 6)^2 \cdot 5 = 1.6$$

$$\text{для фактора удобрения} - \sum x_B^2 = (6 - 6)^2 \cdot 5 + (6 - 6)^2 \cdot 5 = 0.$$

«Компонент ошибки», независимый от двух положенных в основу классификации принципов, представляет собой сумму квадратов внутри всех четырех клеток.

$$\sum \sum x^2 = 8 + 2 + 2)8 = 20$$

Эта сумма квадратов, разделенная на соответствующее число степеней свободы, принимается в качестве меры влияния случайных факторов.

$$\text{Сумма трех компонентов} \sum x_A^2 + \sum x_B^2 + \sum \sum x^2 = 1.6 + 0 + 20 = 21.6.$$

Вычитая этот результат из общей  $\sum x^2 = 108$ , получим остаток равный

86,4. Этот остаток можно определить как «остаточную межгрупповую изменчивость». Он будет измерять взаимодействие АВ. Для степеней свободы найденных 4-х компонентов имеем следующие зависимости (а – число столбцов, b – число строк). Степень свободы Между строками b–1 Между столбцами a–1 Для взаимодействия (a–1) (b–1) Внутри клеток N–ab Для итога N–1 Дисперсионный анализ показан в табл. 7. Данные анализа подтверждают нулевую гипотезу  $H_a=0$ ;  $H_b=0$ , но не 50 согласуются с нулевой гипотезой  $H_{ab}=0$ . Эта гипотеза отвергается на 1%-м уровне значимости, т. е. при вероятности  $p=0,99$ .

Таблица 7. Дисперсионный анализ

Источник варьирования	Степень свободы $\nu$	Сумма квадратов $\sum x^2$	Средний квадрат (дисперсия) $\sigma$	F
Фактор А (почвы)	1	1,6	1,6	$0,5 < F_{005} = 6,0$
Фактор В (удобрение)	1	0		
Взаимодействие (АВ)	1	86,4	86,4	$26,2 > F_{005} > F_{001} = 13,4$
Внутри клеток (ошибка)	6	20	3,3	–
Итого	9	108		

Из этих результатов анализа делаем вывод, что 2 вида удобрения В1 и В2 тесно взаимодействуют с почвой, т. е. Производят эффект в зависимости от почв. Можно сказать, и так почвы А1и А2 по-разному реагируют на удобрения.

## Лекция 9.КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

**1. Понятие о корреляции.** Изложенные в предыдущих главах методы анализа дают возможность изучать вариацию животных по каждому отдельному

признаку – весу, промерам, плодовитости и т. д. Однако в ряде случаев важно знать, какова зависимость между вариацией двух или даже нескольких признаков изменяются ли два признака самостоятельно, независимо от друга или, может быть, вариация одного признака в какой степени связана с вариацией другого. Существуют две категории связей, или зависимостей между признаками: функциональные и корреляционные, или статистические. При функциональных зависимостях каждому значению одной переменной величины соответствует одно вполне определённое значение другой переменной. Такие зависимости наблюдаются в математике и физике. Различные измерительные приборы основаны на функциональных зависимостях. Так, высота ртутного столбика в термометре даёт точный и однозначный ответ о температуре воздуха или воды. Между радиусом окружности  $K$  и её длиной  $C$  существует функциональная зависимость по известной из элементарной геометрии формуле  $C=2\pi R$ . Иначе говоря, каждому значению  $X$  соответствует строго определённое значение  $Y$ . Точно так же накал нити в электрической лампочке определяется напряжением. Наряду с функциональными существуют статистические связи, при которых численному значению одной переменной соответствует много значений другой переменной. Например, между количеством внесённых на поле удобрений и урожайностью пшеницы существует бесспорная зависимость. Это не значит, что определённому количеству удобрений соответствует строго определённая величина урожая. В формировании урожая на данном участке поля много влияет факторов (состава и структуры почвы, способа внесения удобрений, глубина их заделки, различий в методах посева). Во многих исследованиях требуется изучить несколько признаков в их взаимной связи. Если вести такое исследование по отношению к двум признакам, то можно заметить, что изменчивость одного признака находится в некотором соответствии с изменчивостью другого. В некоторых случаях такая зависимость проявляется настолько сильно, что при изменении первого признака на определённую величину всегда изменяется и второй признак на определённую величину, поэтому каждому значению первого признака всегда соответствует совершенно определённое, единственное значение второго признака. Такие связи называются функциональными. Встречаются функциональные связи в физических и математических обобщениях. Площадь треугольника точно определяется его высотой и основанием, длина окружности – радиусом, скорость падения есть функция времени падения и ускорения силы тяжести, скорость протекания определённой химической реакции находится в зависимости от температуры. Необходимо учесть, что функциональные связи встречаются только в идеальных условиях, когда предполагается, что никаких посторонних влияний нет. При изучении живых объектов – диких и культурных растений, животных, микроорганизмов – приходится иметь дело со связями другого рода. Живой организм развивается в связи с условиями его жизни, под действием бесконечно большого числа факторов, которые по-разному определяют развитие разных признаков. У живых объектов связь между любыми двумя признаками настолько часто и сильно нарушается и модифицируется,

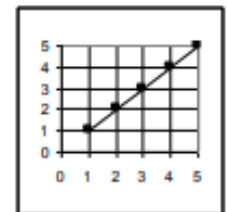
что не всегда даже может быть легко обнаружена. У растений, животных и микроорганизмов связь между признаками обычно проявляется особым образом. Каждому определенному значению первого признака соответствует не одно значение второго признака, а целое распределение этих значений при вполне определенных основных показателях этого частного распределения – средней величины и степени разнообразия. Такая связь называется корреляционной связью или просто корреляцией. Корреляционная связь, например, между весом животных и их длиной выражается в том, что каждому значению длины соответствует определенное распределение веса (а не одно значение веса), и с увеличением длины увеличивается и средний вес животных. Корреляционная связь не является точной зависимостью одного признака от другого, поэтому она может иметь различную степень – от полной независимости до очень сильной связи. Кроме того, характер связи между разными признаками может быть различен. Поэтому возникла необходимость определять форму, направление и степень корреляционных связей. По форме корреляция может быть прямолинейной и криволинейной, по направлению – прямой и обратной. Степень корреляции измеряется различными показателями, введенными для установления силы связи между количественными и качественными признаками. Такими показателями являются коэффициент корреляции  $r$ , корреляционное отношение  $\eta$ . Изобразить корреляционную связь двух признаков можно тремя способами:

- При помощи корреляционного ряда, состоящего из ряда пар значений, из которых одно относится к первому признаку, а другое в этой паре относится ко второму признаку, связанному с первым. На рис. 1 показаны схемы корреляционных рядов при пяти степенях корреляционной связи.

5					1
4					1
3			1		
2		1			
1	1				
	1	2	3	4	5

$X_1$	1	2	3	4	5
$X_2$	1	2	3	4	5

Прямая полная связь;  $r=+1,0$



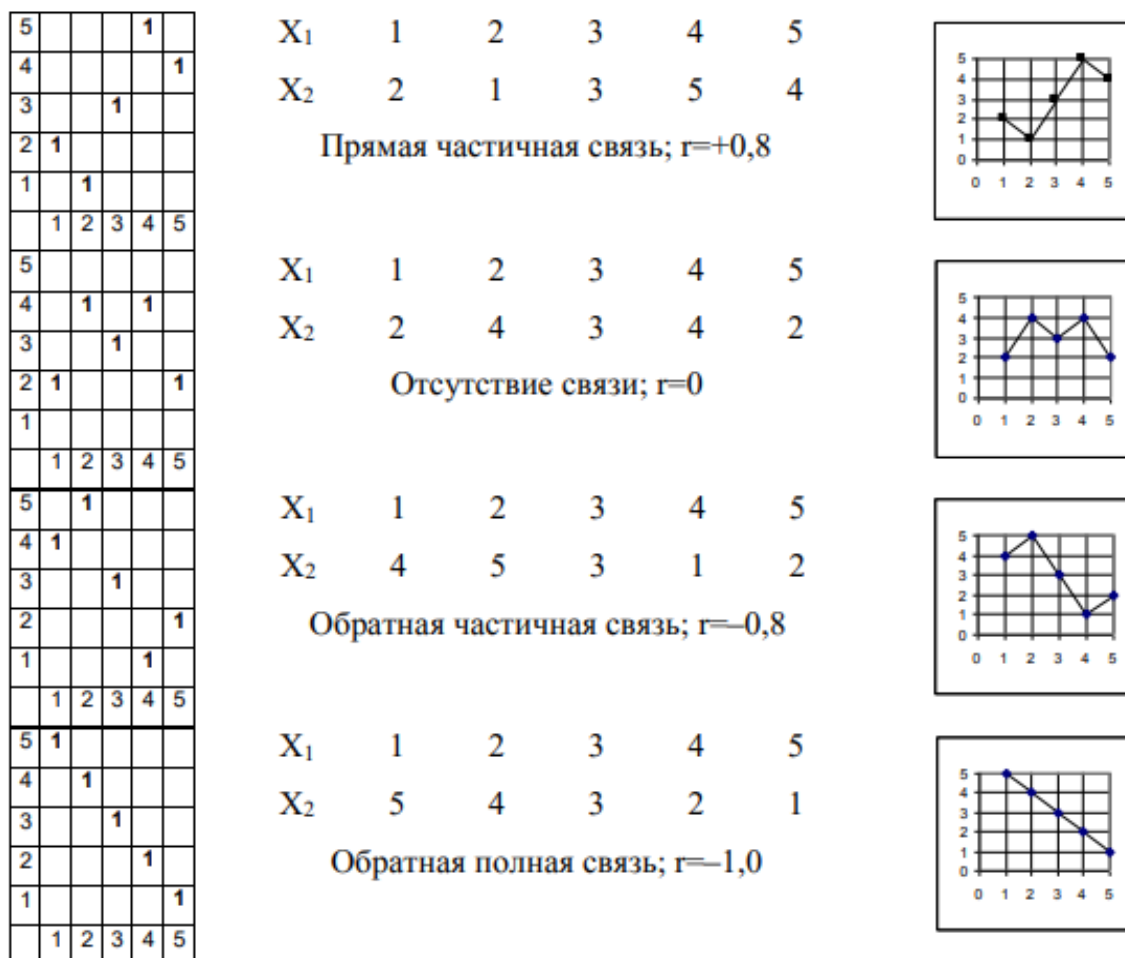


Рис. 1 Схема прямолинейных корреляционных связей

- При помощи корреляционной решетки, в которой каждой особи соответствует определенная клетка. На рис. 1 показана схема корреляционных решеток для пяти степеней корреляционной связи между двумя признаками. Значения первого признака нанесены по оси абсцисс, значения второго – по оси ординат.

- При помощи линии регрессии, абсциссы которой пропорциональны значениям первого признака, а ординаты – значениям второго признака, корреляционно связанного с первым. На рис. 1 показаны схемы линий регрессии для пяти степеней корреляционной связи между двумя признаками.

**2. Коэффициент корреляции.** Коэффициент корреляции измеряет степень и определяет направление прямолинейных связей. Прямолинейная связь между признаками – это такая связь, при которой равномерным изменениям первого признака соответствуют равномерные (в среднем) изменения второго признака при незначительных и беспорядочных отклонениях от этой равномерности. Например, при увеличении длины тела на каждый сантиметр ширина увеличивается в среднем на 0,7 см

При графическом изображении прямолинейных связей (см рис. 1) (если по оси абсцисс отложить значения первого признака, по оси ординат – второго и

полученные точки соединить) получается прямая или такая кривая, среднее течение которой проходит по прямой.

При изображении прямолинейных корреляционных связей в форме корреляционных решеток (см рис. 1) частоты внутри располагаются в форме эллипса Большая ось этого эллипса проходит или по диагонали от угла наименьших значений (при положительной корреляционной связи), или по диагонали от угла, где сходятся наименьшие значения одного признака и наибольшие значения другого, к противоположному углу (при отрицательной корреляционной связи).

При измерении степени связи между разными признаками приходится сравнивать величины, выраженные в разных единицах измерения. Например, при измерении связи между весом животного и его длиной надо сопоставить килограммы веса с сантиметрами длины. В других случаях изменения объема сопоставляются с изменениями возраста, изменения веса руна в килограммах с изменениями содержания в нем жира в процентах, длина ног в сантиметрах со скоростью бега в минутах и т. д. Проводить такие сравнения оказалось возможным путем использования нормированного отклонения, вычисляемого по формуле:

$$\bar{x}_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma}.$$

Нормированное отклонение служит универсальной и неименованной мерой развития признаков. Эти свойства нормированного отклонения и позволили сконструировать основной показатель корреляционной связи – коэффициент корреляции.

Основная формула, которая вскрывает сущность этого показателя, имеет совсем простую структуру:

$$r = \frac{\sum \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2}{v}$$

где  $r$  – коэффициент корреляции;

$\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2$  – нормированные отклонения дат по первому и второму признаку;

$v$  – число степеней свободы, равное в данном случае числу сравниваемых пар без одной.

Сумма произведений нормированных отклонений, входящая в формулу для коэффициента корреляции, обладает следующими тремя особыми свойствами. Если оба признака изменяются параллельно, то сумма произведений их нормированных отклонений дает положительную величину. Если при увеличении одного признака другой уменьшается, то приходится умножать положительные числа на отрицательные и вся сумма произведений нормированных отклонений дает отрицательную величину. Поэтому коэффициент корреляции может определять направление связи: при прямых связях он положителен, а при обратных связях отрицателен. При полных связях, когда изменения обоих признаков строго соответствуют друг другу и корреляционная связь превращается в функциональную, сумма произведений нормированных отклонений становится равной числу степеней свободы:

$$\sum \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 = v = n - 1$$

Поэтому максимальное значение коэффициента корреляции равно 1; для положительных, или прямых связей:

$$r_{\max} = \frac{\sum \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2}{v} = \frac{+v}{v} = +1.0$$

для отрицательных, или обратных связей:

$$r_{\min} = \frac{\sum \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2}{v} = \frac{-v}{v} = -1.0$$

- При полном отсутствии корреляционной связи между признаками сумма произведений нормированных отклонений равна нулю, и поэтому коэффициент корреляции в этих случаях тоже равен нулю:

$$r_{\min} = \frac{\sum \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2}{v} = \frac{0}{v} = 0$$

Предельные значения коэффициента корреляции ( $r=+1,0$ ;  $r=0,0$ ;  $r=-1,0$ ) на практике встречаются крайне редко.

Пять основных видов прямолинейной корреляционной связи, соответствующие коэффициентам корреляции  $+1,0$ ;  $+0,8$ ;  $0,0$ ;  $-0,8$  и  $-1,0$ , показаны на рис. 1. Основная формула коэффициента корреляции хорошо вскрывает сущность этого показателя, но для работы крайне неудобна, особенно при многочисленных группах. Поэтому разработаны разнообразные рабочие формулы для практических расчетов в разных условиях – для малых и больших групп при малозначных и многозначных вариантах. Все эти формулы дают одинаковый результат и применение любой из них обуславливается только удобством и простотой необходимых вычислений.

Наиболее приемлемы в биологических работах две формулы, предложенные для малых групп:

$$r = \frac{\sum X_1 \cdot X_2 - \frac{\sum X_1 \sum X_2}{n}}{\sigma_1 \cdot \sigma_2}$$

где  $X_1, X_2$  – даты первого и второго признаков;  $N$  – число сравниваемых пар дат, или число объектов, у которых измерено по два признака;

$\sigma_1, \sigma_2$  – стандартные отклонения по первому признаку и по второму признаку.

Применяется коэффициент корреляции в тех случаях, когда необходимо знать направление и силу связи между признаками, причем заранее известно, что эта связь может считаться прямолинейной, или когда требуется выяснить степень именно прямолинейной связи.

При этом лучше проводить два этапа исследования:

- 1) рассмотрение корреляционной решетки;
- 2) расчет коэффициента корреляции или по этой же решетке, или непосредственно по датам.

Уже самый вид корреляционной решетки позволяет приблизительно установить направление и степень прямолинейных связей, а также характер криволинейных связей. При известном опыте по виду корреляционной решетки

можно получить первое представление об особенностях и силе связи между изучаемыми признаками. Облегчает решение этой задачи схема степеней прямолинейной корреляции, показанная в табл. 1. В этой схеме приведены стандартные корреляционные распределения 50 особей при различных степенях прямолинейной связи по девяти градациям от  $r=+1,0$  до  $r=-1,0$ . Схемой степеней прямолинейной корреляции можно пользоваться как эталоном для первоначального ориентировочного отнесения изучаемой связи к одной из условных степеней («сильная», «средняя», «слабая») только по одному виду корреляционной решетке. В некоторых случаях такая грубая оценка бывает достаточна для выяснения предварительных вопросов исследования.

Таблица 1. Схема степеней прямолинейной корреляции

<p>Прямая корреляция сильная</p> <table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>5</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td>5</td><td>8</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p><math>r=+0.75</math></p>								2	2			5	2	2		5	8	5		2	5	5			2	2				<p>Прямая корреляция средняя</p> <table border="1"> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>2</td><td>4</td><td>4</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td><td>8</td><td>4</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>4</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> </table> <p><math>r=+0.5</math></p>							1	2	1		2	4	4	2	1	4	8	4	1	2	4	4	2		1	2	1			<p>Прямая корреляция слабая</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>10</td><td>3</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>5</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p><math>r=+0.25</math></p>						1	1	1	1	1	2	3	5	1	1	3	10	3	1	1	5	3	2	1	1	1	1	1	
			2	2																																																																																					
		5	2	2																																																																																					
	5	8	5																																																																																						
2	5	5																																																																																							
2	2																																																																																								
		1	2	1																																																																																					
	2	4	4	2																																																																																					
1	4	8	4	1																																																																																					
2	4	4	2																																																																																						
1	2	1																																																																																							
	1	1	1	1																																																																																					
1	2	3	5	1																																																																																					
1	3	10	3	1																																																																																					
1	5	3	2	1																																																																																					
1	1	1	1																																																																																						
<p>Прямая корреляция полная</p> <table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>12</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>18</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>12</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p><math>r=+1.0</math></p>									4				12				18				12				4					<p>Отсутствие корреляции</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>4</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p><math>r=+0.0</math></p>						1	2	1		1	3	4	3	1	2	4	6	4	2	1	3	4	3	1		1	2	1		<p>Обратная корреляция полная</p> <table border="1"> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>12</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>18</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>12</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td></tr> </table> <p><math>r=-1.0</math></p>					4						12						18						12						4
				4																																																																																					
			12																																																																																						
		18																																																																																							
	12																																																																																								
4																																																																																									
	1	2	1																																																																																						
1	3	4	3	1																																																																																					
2	4	6	4	2																																																																																					
1	3	4	3	1																																																																																					
	1	2	1																																																																																						
4																																																																																									
	12																																																																																								
		18																																																																																							
			12																																																																																						
				4																																																																																					
<p>Обратная корреляция слабая</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>5</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>10</td><td>3</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> <p><math>r=-0.25</math></p>					1	1	1	1		1	5	3	2	1	1	3	10	3	1	1	2	3	5	1		1	1	1	1	<p>Обратная корреляция средняя</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>4</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td><td>8</td><td>4</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>2</td><td>4</td><td>4</td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table> <p><math>r=-0.5</math></p>					1	2	1			2	4	4	2		1	4	8	4	1		2	4	4	2			1	2	1	<p>Обратная корреляция сильная</p> <table border="1"> <tr><td>2</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>5</td><td>8</td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>2</td><td>2</td></tr> </table> <p><math>r=-0.75</math></p>					2	2				2	5	5				5	8	5				5	5	2				2	2
1	1	1	1																																																																																						
1	5	3	2	1																																																																																					
1	3	10	3	1																																																																																					
1	2	3	5	1																																																																																					
	1	1	1	1																																																																																					
1	2	1																																																																																							
2	4	4	2																																																																																						
1	4	8	4	1																																																																																					
	2	4	4	2																																																																																					
		1	2	1																																																																																					
2	2																																																																																								
2	5	5																																																																																							
	5	8	5																																																																																						
		5	5	2																																																																																					
			2	2																																																																																					

**3. Ошибка коэффициента корреляции.** Как и всякая выборочная величина, коэффициент корреляции имеет свою ошибку репрезентативности, вычисляемую для больших выборок по формуле:

$$s_r = \frac{1 - (\bar{r})^2}{\sqrt{n - 1}},$$

где  $r$  – коэффициент корреляции в генеральной совокупности, из которой взята выборка;  $n$  – численность выборки, т. е. число пар значений, по которым вычислялся выборочный коэффициент корреляции.

Поскольку в числителе формулы ошибки выборочного коэффициента корреляции стоит квадрат генерального коэффициента корреляции, то эта формула может применяться лишь в исключительных случаях, когда заранее известна или предполагается степень корреляции в генеральной совокупности. *Пример.* Для проверки гипотезы о том, что коэффициент корреляции между детьми и родителями  $r = +0,5$ , была сопоставлена плодовитость 226 лисиц и их дочерей в соответствующем возрасте и в сходных условиях. Коэффициент корреляции оказался равным  $+0,45$ . Подтверждает или опровергает этот результат гипотезу? В данном случае разность между выборочным и генеральным коэффициентами  $d = +0,45 - (+0,50) = -0,05$ , а ее ошибка равна ошибке выборочного коэффициента, так как генеральные величины не имеют ошибок репрезентативности.

Для вычисления ошибки коэффициента корреляции имеется возможность применить точную формулу с генеральным коэффициентом в числителе:

$$s_r = \frac{1 - 0.5^2}{\sqrt{225}} = \frac{0.75}{15} = 0.05$$

Оказалось, что критерий достоверности разности  $t_{(r-r)} = \frac{0.05}{0.05} = 1$  не превышает даже первого порога достоверности ( $t_1 = 2,0 \beta_1 = 0,95$ ).

Гипотеза в данном исследовании не опровергнута, так как эмпирический коэффициент корреляции недостоверно отличается от гипотетического.

В большинстве исследований значение коэффициента корреляции в генеральной совокупности неизвестно, поэтому вместо точного значения ошибки коэффициента корреляции берут приближенное значение:

$$s_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}$$

Где  $r$  – выборочное значение коэффициента корреляции,  $n$  – число сравниваемых пар данных или число объектов, у которых измерены два признака.

Ошибка коэффициента корреляции используется для определения:

- 1) достоверности выборочного коэффициента корреляции;
- 2) доверительных границ генерального коэффициента корреляции;
- 3) достоверности разности двух выборочных коэффициентов корреляции;
- 4) достоверности разности между выборочным и генеральным коэффициентом корреляции.

#### **4. Достоверность выборочного коэффициента корреляции.**

Критерий выборочного коэффициента корреляции определяется по формуле:

$$t_r = \frac{r}{s_r} \geq t_{st} \{v = n - 2\}$$

где  $t$  – критерий достоверности коэффициента корреляции;  $r$  – выборочный коэффициент корреляции;  $n$  – число коррелированных пар дат;

$t_{st}$  – стандартное значение критерия Стьюдента, найденное по таблице для установленного числа степеней свободы и порога вероятности безошибочных прогнозов.

При  $t \geq t_{st}$  коэффициент корреляции достоверен. В этом случае с определенной вероятностью можно считать, что между коррелируемыми признаками имеется связь и в генеральной совокупности такая же по знаку, какая получилась в выборке (прямая или обратная).

При  $t < t_{st}$  коэффициент корреляции недостоверен.

### 5. Доверительные границы коэффициента корреляции.

Доверительные границы генерального значения коэффициента корреляции находятся общим способом по формуле:

$$\bar{r} = r \pm \Delta,$$

где  $\bar{r}$  и  $r$  – генеральное и выборочное значения коэффициента корреляции;

$\Delta = t^* s_r$  – возможная погрешность при определении генерального параметра;

$t_{st}$  – критерий Стьюдента при числе степеней свободы  $\nu = n - 2$ ;

$s_r$  – ошибка коэффициента корреляции.

*Пример.* При разработке способов определения веса устриц определенного вида по их длине было измерено и взвешено 200 экземпляров и определен коэффициент корреляции между весом и длиной  $r = +0,85$ .

Ошибка этого коэффициента

$$s_r = \sqrt{\frac{1 - 0,85^2}{200 - 2}} = 0,037$$

Число степеней свободы и критерий Стьюдента

$$\nu = n - 2 = 198, t_{st} = \{2,0 - 2,6 - 3,3\}.$$

Возможная погрешность при прогнозе генерального параметра

$$\Delta = t^* s_r = 2,0 * 0,037 = 0,074.$$

Доверительные границы:

$$r = +0,85 \pm 0,074 \text{ [–не более } + 0,85 + 0,074 = 0,92; \text{ –не менее } 0,85 - 0,074 = 0,78]$$

## Лекция 10. РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

**1 Многообразие методов изучения связи.** Известно, что различные зависимости широко распространены как в органической, так и в неорганической природе. Их изучение проводилось уже давно и привело к разработке большого количества методов их математической характеристики. И первым из них являлся разобранный в предыдущей лекции корреляционный метод, или метод корреляций. Коэффициент корреляции указывает лишь на степень связи в вариации двух переменных величин или, как иногда говорят, на меру тесноты этой связи, но не дает возможности судить о том, как количественно меняется одна величина по мере изменения другой. На этот последний вопрос позволяет ответить другой метод определения связи между варьирующими признаками, носящий название метода регрессии. В современной статистике,

в том числе биологической, коэффициентами корреляции пользуются реже, чем прежде, Метод же регрессии приобретает все большее значение. Анализ взаимоотношения двух изменчивых величин с помощью метода регрессии часто может дать очень ценные результаты, особенно в практическом отношении. В некоторых случаях для освещения различных сторон вопроса надо применять и корреляционный, и регрессионный методы анализа. При простой корреляции изучается зависимость между изменчивостью двух признаков  $x$  и  $y$ . С помощью регрессии ставится дополнительно задача установить, как количественно изменяется одна величина при изменении другой на единицу. Так как изменчивых величин две, то регрессия, очевидно, может быть двусторонней:

1. определение изменения  $y$  по изменению  $x$
2. определение изменения  $x$  по изменению  $y$ .

В этом заключается главное отличие метода регрессии от метода корреляции. Регрессия может быть выражена несколькими способами:

- путем построения так называемых эмпирических линий регрессии,
- путем составления уравнений регрессии и построения теоретических линий регрессии,
- с помощью вычисления коэффициента регрессии.

Первые два способа позволяют выразить регрессию графически. Для построения эмпирических линий регрессии можно воспользоваться обычной корреляционной решеткой. Но в ней следует заменить границы классов средними значениями классов.

**2. Коэффициент прямолинейной регрессии.** Прямолинейная корреляция отличается тем, что при этой форме связи каждому из одинаковых изменений первого признака соответствует вполне определенное и тоже одинаковое в среднем изменение другого признака, связанного с первым или зависящего от первого. Та величина, на которую в среднем изменяется второй признак, при изменении первого на единицу измерения, называется коэффициентом регрессии. Рассчитывается он по формуле:

$$R_{2/1} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot r_{12},$$

где  $R_{1/2}$  – коэффициент регрессии второго признака по первому;

$\sigma_2$  – среднее квадратическое отклонение второго признака, который изменяется в связи с изменением первого;

$\sigma_1$  – среднее квадратическое отклонение первого признака, в связи с изменением которого изменяется второй признак;

$r_{12}$  – коэффициент корреляции между первым и вторым признаками.

Ошибка коэффициента регрессии равна ошибке коэффициента корреляции, умноженной на отношение сигм:

$$s_R = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot s_r = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}.$$

Критерий достоверности коэффициента регрессии равен критерию достоверности коэффициента корреляции:

$$t_R = \frac{R}{s_R} = \frac{\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot r_{12}}{\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot s_r} = \frac{r}{s_r} = t_r,$$

Коэффициент прямолинейной регрессии показывает, на сколько от своей средней отклоняется второй признак, если первый признак от своей средней отклонился на единицу измерения.

Это можно выразить следующей формулой:

$$(X_2 - \mu_2) = R_{2/1} (X_1 - \mu_1)$$

Обозначая  $X_1$  через  $x$ ,  $X_2$  через  $y$ ,  $R_{1/2}$  через  $b$  и произведя необходимые преобразования этого выражения, можно получить рабочую формулу прямолинейной регрессии:

$$y = a + bx$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \mu_y - b\mu_x \\ b = R_{y/x} \end{array} \right\}.$$

По этой формуле, зная значение  $x$  (аргумент), можно определить значение  $y$  (функция) без непосредственного его измерения: нужно аргумент  $x$  помножить на коэффициент регрессии и к полученному произведению прибавить (или отнять) свободный член  $a$ .

Для предыдущего примера (определение веса лошадей по обхвату груди) уравнение регрессии может быть выведено следующим образом:

$$a = \mu_y - R_{y/x} \cdot \mu_x = 424 - (+6,4) \cdot 174 = -690,$$

$$b = R_{y/x} = +6,4,$$

$$y = a + bx = -690 + 6,4x = 6,4x - 690.$$

Следовательно, чтобы определить (без взвешивания) живой вес лошади по этому способу, надо обхват груди лошади умножить на постоянный коэффициент 6,4 и из полученного произведения вычесть постоянное число –690. На основе уравнения прямолинейной регрессии можно заранее рассчитать значение функции для каждого значения аргумента. По обхвату груди можно определить живой вес лошадей. Если эти цифры нанести на график, по оси абсцисс

которого отложить через равные интервалы значения аргумента (обхвата), а по оси ординат – значения функции (веса), то получится номограмма для определения веса лошадей без взвешивания и без вычислений.

Ошибки элементов уравнения прямолинейной регрессии. В уравнении простой прямолинейной регрессии:

$$y = a + bx$$

возникают три ошибки репрезентативности.

Ошибка коэффициента регрессии:

$$s_b = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot s_r$$

Ошибка уравнения регрессии, т. е. ошибка средней величины функции для каждого значения аргумента:

$$m_{y_x} = \sigma_y \cdot \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}$$

По данным примера

$$s_{y_x} = 56.8 \cdot 0.011 = 0.62.$$

Следовательно, максимальная погрешность в определении уровня точек линии регрессии при первом пороге вероятности безошибочных прогнозов ( $\beta_I = 0,95$ ,  $t_I = 2,0$ ) будет равна:

$$\Delta = t \cdot s = 2 \cdot 0,62 = \pm 1,24 \text{ кг.}$$

6 Ошибка индивидуальных определений функции:

$$s_y = \sigma_y \sqrt{1-r^2}$$

Для примера:

$$s_y = 56.8 \sqrt{1-0.89^2} = 26.2.$$

Следовательно, индивидуальная погрешность в определении веса лошадей по обхвату груди по найденной формуле регрессии, принимая первый порог вероятности безошибочных прогнозов ( $\beta_I = 0,95$ ,  $t_I = 2,0$ ), в крайних случаях не будет превышать

$$\Delta = 2 \cdot 26 = \pm 52 \text{ кг.}$$

## Лекция 11. Математический анализ опытных данных

### 1. Способы представления первичного материала. Значение биометрического метода для обработки материала.

Все измерения, проводимые на протяжении опыта должны быть объективными и по возможности более точными. Учет изучаемых показателей ведут в специальных журналах по сбору первичного материала, которые должны быть зарегистрированы в научном учреждении. Например, в журналах фиксируют поголовье на начало и конец опыта, причины выбытия животных. Учитывают расход кормов и несъеденных остатков по группе или индивидуально. Результаты взвешиваний животных заносят в журнал индивидуального учета живой массы, где рассчитывают прирост за изученный период и среднесуточный прирост. Все данные

фиксируют, как правило, в виде таблиц. Для большей наглядности можно использовать схемы, диаграммы, графики др.

Все представленные в первичной документации материалы должны быть подвергнуты математической обработке с помощью вариационной статистики. Биометрия помогает выявить все имеющиеся закономерности в изучаемом материале и дает возможность исследователю точнее определить результаты опытов. Главная задача математической обработки состоит в определении статистической достоверности различий средних величин между контрольной и опытными группами. Другие биометрические показатели в опытах по кормлению и содержанию используются сравнительно редко.

## 2. Методы обработки опытных данных.

**Методы обработка опытных данных по принципу парных разниц.** Эти методы применяются в том случае, если необходимо обработать данные, полученные в опытах, построенных на принципе пар-аналогов, а также периодов, т.е. с применением одних и тех же животных, которые в один период опыта являются контрольной, а в другой – опытной группой.

Дифференциальный метод. Рабочая схема метода сводится к следующему:

1. Выписываются парные данные по сравниваемым группам – контрольной и опытной  $v$  и  $v_1$ .

2. Вычисляется разница (D) между каждой парой показателей.

3. Полученную разницу возводят в квадрат, что бы избавиться от отрицательных цифр.

4. Все указанные показатели суммируются ( $\Sigma$ ) по каждому животному в изучаемых группах, и выводится среднее значение признака (M и  $M_1$ ) по двум первым пунктам.

5. Определяется разница средних величин по изучаемым группам (d) и ошибку разницы ( $m_d$ ).

6. Путем деления разницы (d) на ее ошибку ( $m_d$ ) определяют критерий достоверности ( $t_d$ ).

7. По таблице определяют уровень значимости (P) в зависимости от величины критерия достоверности и количеством животных в группах. Полагают, что обнаруженные различия могут быть достаточно достоверными, если уровень значимости  $P < 0,05$  или менее 5%.

Пример расчетов и формулы приведены в таблице.

### **Определение достоверности разницы среднесуточных приростов (г) телят дифференциальным методом**

Опытная группа ( $v$ )	Контрольная группа ( $v_1$ )	Парная разница ( $D = v - v_1$ )
855	825	+30
830	825	+5
885	880	+5
900	865	+35
845	860	-15
$\Sigma = 4315$	$\Sigma = 4255$	$\Sigma = 60$
( $M = \Sigma/n$ ), $n$ -число животных ( $M = 4315/5$ ) $M = 863$	( $M_1 = 4255/5$ ) $M_1 = 851$	( $d = M - M_1$ ) $d = 12$
<i>md</i> -ошибка разницы средних величин, <i>td</i> -критерий достоверности		
$md = \sqrt{\frac{2400 - (12 \times 60)}{5 \times (5 - 1)}} = 9,1$ ; $td = \frac{12}{9,1} = 1,3$ ; $P > 0,05$ – разница		

Метод пси квадрат ( $\psi^2$ ) В. Барова. Метод построен на учете отношений квадрата суммы разниц ( $\Sigma n^2 (d)$ ) и суммы квадратов разниц ( $\Sigma n (d^2)$ ). Расчет производится следующим образом:

1. В две соседние колонки записываются цифры показателей двух групп – опытной и контрольной. 2. В третьей колонке записывают разность ( $d$ ) между этими показателями. Разности суммируют и получают их сумму ( $\Sigma n (d)$ ). 3. В четвертую колонку записывают квадраты разностей ( $d^2$ ) и вычисляют их сумму ( $\Sigma n (d^2)$ ). 4. Отношение двух последних величин дает значение функции  $\psi^2$ . Сопоставление расчетного значения  $\psi^2$  с теоретическим, по табличным данным, получают степень достоверности разности между рядами изучаемых показателей. Пример расчета приведен в таблице.

Обработка данных опыта по переваримости (%) методом

Контрольная группа	пси-квадрата ( $\psi^2$ )	
	Опытная группа	$d$
63,2	65,4	2,2
59,8	62,3	2,5
58,6	60,8	2,2
62,2	66,4	4,2
60,4	62,7	2,3
$\psi^2 = \Sigma n^2 (d) \div \Sigma n$ ( $d^2$ ) = $13,4^2 \div 38,7 = 4,6$		$\Sigma n (d) = 13,4$

**Метод рангов для парных разниц.** Этот метод применяется как для обработки данных опытов, поставленных по методу пар-аналогов, так и для обработки непарных показателей. Обработка материала этим методом состоит в следующем. В двух колонках располагают попарно данные о величине изучаемого показателя двух сравниваемых групп – контрольной и опытной. Затем рассчитывают разницу между парами двух групп, т.е. из величины показателя

опытной группы вычитают величину в контроле. Полученные разницы, независимо от знака ( $\pm$ ) ранжируют, т.е. располагают в ряд от меньшей к большей и нумеруются по порядку. Знаки ранга сохраняются и записываются в отдельной графе. Затем выводится средний номер ранга. Если абсолютный показатель изучаемого признака повторяется в разных парах животных, то им присваивается один и тот же номер ранга. После этого суммируют ранги имеющие знак плюс, а затем минус. Одна из этих сумм получится меньше, другая больше. Берут меньшую сумму и обозначают ее буквой T, и затем на основе этой величины и количества сравниваемых пар определяют по таблице уровень значимости (P). Пример расчета приведен в таблице.

Расчет степени достоверности приростов (г) двух групп телят методом ран-

Пара телят	Группа		Разница в приростах телят ( $\pm$ к контролю)	Ранжирование разностей в г			Средний номер ранга
	Контроль	Опытная		Пара телят	Абсолютная разность, г	Порядковый номер ранга	
1	565	610	+45	7	0	1	
2	600	585	-15	4	5	2	
3	590	615	+25	2	15	3	
4	610	605	-5	5	15	4	
5	600	615	+15	6	20	5	
6	590	610	+20	3	25	6	
7	605	605	0	1	45	7	

Сумма положительных рангов – 105, отрицательных – 20;  $P > 0,05$  – раз-

**Методы обработки данных опыта, построенных на принципе сбалансированных групп** При постановке опытов методом сбалансированных групп-аналогов парные методы не могут быть применены, т.к. здесь отсутствует основное условие: парная структура в организации опыты, строгая фиксация положения в группе каждого животного по отношению к животным других групп.

**Непарный метод.** Метод основан на определении квадратов отклонений от среднего значения признака и определении обобщенного среднего квадрата для двух сравниваемых групп. Число животных в группах должно быть одинаковым, а так же примерно одинаковая сумма квадратов, т.е. у животных должен быть сходный характер изменчивости. Этот метод применим при небольшой численности животных в группах – от 5 до 30. Порядок расчетов следующий. В две колонки выписывают изучаемые показатели по двум группам животных  $v_1$  и  $v_2$ . Рассчитывают средние арифметические по контрольной ( $M_1$ ) и опытной ( $M_2$ ) группам. Далее определяют отклонение от средней по контрольной ( $v_1 - M_1$ ) и опытной ( $v_2 - M_2$ ) группам. Для проверки рассчитывают суммы значений отклонений со знаком (-) и (+), если ошибки нет, то они должны быть равны. Полученные отклонения от средней двух групп возводят в квадрат, а затем суммируют. Обобщенный средний квадрат ( $\sigma^2$ ), ошибку разницы средних ( $m_{M_1 - M_2}$ ) и критерий достоверности рассчитывают по формулам, приведенным в таблице. Пример обработки результатов опыта с помощью непарного метода.

### Непарный метод

Контрольная группа ( $v_1$ )	Опытная группа ( $v_2$ )	Отклонения (D)		Квадраты $D_1^2 = (v_1 - M_1 - M_2)$
		$v_1 - M_1$	$v_2 - M_2$	
625	655	+6,4	-10,7	41
615	680	-3,6	+14,3	13
650	645	+31,4	-20,7	986
605	705	-13,6	+39,3	185
615	685	-3,6	+19,3	13
630	660	+11,4	-5,7	130
590	630	-28,6	-35,7	818
$M_1=618,6$	$M_2=665,7$	$\Sigma +49$ и $-49$	$\Sigma +73$ и $-73$	$\Sigma D_1^2 = 218$

$$\sigma^2 = \frac{\Sigma D_1^2 + \Sigma D_2^2}{2(n-1)} = \frac{6157}{12} = 513; \quad m_{M_1 - M_2} = \sqrt{\frac{2\sigma^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 513}{7}} = 12,1; \quad td = \frac{M_2 - M_1}{m_{M_1 - M_2}}$$

$$td = (M_1 - M_2) \times \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{(n_1 + n_2) (\Sigma D_1^2 + \Sigma D_2^2)}} \quad \text{— для расчета при разной численности}$$

Если численность животных в группе неодинакова, то критерий достоверности вычисляют с помощью другой формулы (см. табл.).

Подобным образом рассчитывают уровень достоверности данных по методу Стьюдента-Фишера. Отличие этого метода состоит в том, что здесь по каждой группе отдельно рассчитывают среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ), на основе которого определяют, так же по каждой группе, ошибку средней арифметической ( $\pm m$ ) и критерий достоверности (td). Формулы для расчетов имеют следующий вид.

## Лекция 12. Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы

### 1. Формы научного труда, структура, оформление.

Основными формами научного труда являются: доклад на научную тему, журнальная статья, монография, брошюра, научный отчет, рецензия, синопсис, реферат, аннотация, тезисы доклада, автореферат, дипломная работа, диссертация.

**Доклад.** Доклад состоит, как правило, из трех частей. В первой части с помощью кратких вводных замечаний освещается научное и практическое значение рассматриваемой темы. Во второй части указывается сущность темы и основные научные положения. В конце доклада формулируются выводы и предложения. На изложение доклада отводится ограниченное время – 10-20 минут. Поэтому в докладе необходимо уделять внимание только самым основным положениям научной работы. Не следует излишне мельчить и увеличивать количество рассматриваемых вопросов, так как это рассеивает внимание слушателей и затрудняет восприятие материала.

**Журнальная статья.** Публикация материалов исследований и их анализа в виде статьи в научно-производственном журнале или сборнике способствует распространению научного и производственного опыта, приобретенного

исследователем. Статья имеет определенный объем, не превышающий 8-10 страниц. Статья состоит из следующих основных частей.

1. Заголовок и ФИО автора; заглавие должно быть кратким, хорошо отражающим тему исследования.

2. Вводные замечания, отражающие состояние изученности вопроса.

3. Краткие данные о методике исследования.

4. Анализ собственных научных результатов и их обобщение.

5. Выводы и предложения.

Если в статье делаются ссылки на цитируемую литературу, то в конце статьи приводится список литературных источников.

Монография. Научный труд, в котором подробно и всесторонне исследуется и освещается одна проблема или тема. Объем – от 8 и более печатных листов, т.е. 22-24 страницы машинописного или 16 страниц типографского текста.

Брошюра. Печатное произведение небольшого объема (1-3 печатных листа), обычно издается в мягком переплете.

Научный отчет. Включает титульный лист, список исполнителей, реферат, оглавление, введение, обзор литературы, методику исследований, содержание и результаты выполненной работы, выводы и предложения, список литературы и приложения (если есть).

Рецензия. Рецензия – это отзыв, критическая оценка научного произведения, с указанием положительных сторон и недостатков.

Реферат. Это краткое изложение в письменном виде или доложенное устно содержание какой либо книги, статьи, материалов по научной проблеме, итогов научной конференции.

Автореферат. Краткое изложение научного труда, выполненное самим автором произведения, отпечатанное типографским способом. Обычно пишется соискателем ученой степени кандидата или доктора наук.

Аннотация. Краткое изложение содержания книги, статьи, рукописи.

Тезисы доклада. Представляются для предварительного ознакомления с основным положением доклада, например на научной конференции.

Резюме. Краткое изложение сути доклада, статьи. Должно давать понятие о сути работы и основных выводах.

Синапсис. Авторское резюме с указанием нового в работе.

Диссертация. Научное исследование, публично защищаемое диссертантом для получения ученой степени.

Дипломная работа. Вид научного творчества и итог пятилетней работы в институте. Является одной из форм самостоятельной работы студентов старших курсов. Дает возможность студенту показать свои знания, накопленные за период учебы.

## **2. Методика написания и выполнения дипломной работы**

Дипломная работа состоит из следующих частей.

1. Титульный лист, где указывается тема работы, автор, руководители и консультанты.

2. Оглавление.
3. Введение (2-3 стр.).
4. Обзор литературы (8-10 стр.).
5. Собственные исследования (20-25 стр.).
  - 5.1. Условия, материал и методика исследований.
  - 5.2. Результаты исследований и их анализ.
  - 5.3. Экономическое обоснование результатов (3-4 стр.).
6. Безопасность жизнедеятельности и экологичность проведенных исследований (3-4 стр.).
7. Выводы и предложения производству (2-3 стр.).
8. Список литературы.
9. Приложения.

Объем дипломной работы должен составлять 35-40 страниц рукописного текста, включая таблицы, графики, рисунки. Список литературы и приложения в объем не входят.

Во введении отмечаются основные вопросы состояния производства продукции животноводства в РБ, особое внимание уделяется развитию отрасли, которой посвящена дипломная работа. А так же указывается возможные пути решения проблем отрасли. Кратко излагает научное и практическое значение проведенных исследований, и формулируются основная цель работы. Объем – до 3-х страниц.

В обзоре литературы следует кратко осветить историю вопроса, обосновать необходимость и научную значимость исследований. Рассмотрение литературных данных нужно проводить от общих вопросов к частным, т.е. от общих данных – к теме исследования. В конце формулируются задачи исследований.

В разделе «Условия, материал и методика исследований» дается подробная методика выполнения работы, с указанием места и сроков проведения, породы, вида животных, пола, возраста, продуктивности, физиологического состояния, величины групп, применяемого метода исследования. Тут же дают информацию по основным производственным показателям и экономической эффективности производства продукции за последние 3 года. Необходимо охарактеризовать хозяйство, где проводился опыт, дать анализ хозяйственной деятельности. Привести данные площадей и урожая, валовой и товарной продукции, структуры землепользования. Состояние кормопроизводства и кормовой базы, поголовье скота, состояние техники. Охарактеризовать климатические, почвенные и погодные условия в годы проведения опыта.

В результатах исследований детально описывают полученный в опыте материал. Данные опыта сопоставляются с данными других авторов. В этом разделе приводятся таблицы, диаграммы, графики, фотографии.

Экономическое обоснование результатов зоотехнических исследований является заключительным этапом исследования. В этом разделе, на основании данных опыта определяют: увеличение производства продукции, себестоимость производства единицы продукции, окупаемость затрат, чистый доход.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности и экологичность выполненных исследований» сообщается состояние данного вопроса в хозяйстве.

Выводы должны содержать 3-4 пункта, отражающие основное содержание работы. Должны быть краткими и иметь законченный характер. Предложение производству формулируется по результатам исследования. Содержит 1-2 пункта.

В конце дипломной работы могут быть помещены приложения исходных данных, в виде таблиц, обработанные биометрически.

### **Лекция 13. Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта**

Существует три основных метода пропаганды и внедрения научных достижений: *печатная пропаганда, устная пропаганда и наглядная пропаганда.*

**Печатная пропаганда.** Одной из форм печатной пропаганды является статья в научно-производственном журнале. В ней раскрывается тот или иной прием, позволяющий при внедрении его в практику повысить производство и качество продукции животноводства. Более оперативную информацию дают листовки, буклеты, плакаты, рекомендации.

Листовка – это печатный листок на 1-2 страницах с текстом информационного характера. Ее содержание отличается актуальностью рассматриваемого вопроса. Издание листовок обычно приурочивается к проходящим выставкам.

Буклет – это произведение печати, изготовленное на одном листе, сложенном параллельными сгибами в несколько страниц. Содержит информацию рекламного характера.

Плакат – одна из наиболее оперативных форм пропаганды. В ней в краткой, но доходчивой форме излагаются результаты и методы внедрения того или иного мероприятия.

Рекомендации – оформляются после проведения серии научно-хозяйственных опытов и производственной проверки их результатов. В рекомендациях пропагандируются для широкого внедрения предложенные приемы и методы повышения продуктивности животных. В них в сжатой и доступной форме излагаются условия и методы внедрения того или иного предложения. После разработки рекомендаций они рассматриваются в научном учреждении, а после одобрения представляются в научно-технический совет республиканского или областного значения.

**Устная пропаганда.** Устной пропагандой могут являться беседы с работниками сельского хозяйства, чтение лекций, выступление передовиков с рассказами об опыте работы.

**Наглядная пропаганда.** Это наиболее действенный вид пропаганды, путем демонстрации научных достижений и передового опыта на выставках,

выводках, а также на конкурсах по различным вопросам животноводства (по лучшей организации племенной работы, машинному доению, стрижке овец и пр.).

Выставки проводятся с целью пропаганды достижений в племенном животноводстве и выявлению ценных в племенном отношении животных, с целью обучения работников методам племенной работы, для оценки работы с.-х. предприятия.

Выводки молодняка и смотры лучших животных проводят с целью оценки и пропаганды достижений племенных хозяйств в совершенствовании племенных качеств и методов выращивания племенного молодняка.

Важное место в пропаганде научных достижений и передового опыта занимают кино- и видеофильмы об опыте работы лучших хозяйств и передовиков производства, передовых.

Лекционная пропаганда. Лекция по вопросам животноводства должна быть направлена на пропаганду научных знаний, повышение культурного уровня работников и выполнение задач, поставленных перед животноводами.

Методика подготовки лекции включает:

1. Выбор темы, определение основной идеи и цели лекции.
2. Работа над литературой, собрание и отбор материала.
3. Составление плана и конспекта лекции.
4. Написание текста лекции и его рецензирование.

Тематика лекций по вопросам животноводства может касаться вопросов кормления и организации кормовой базы, общих зоотехнических вопросов и по отдельным отраслям животноводства. При выборе темы надо учитывать запросы слушателей, направленность хозяйства и его экономические условия.

После формулировки темы приступают к сбору литературных данных и фактического материала по данному хозяйству. После анализа всего изученного и прочитанного материала делают конспект лекции – краткое изложение всего прочитанного. Лекции следует подкреплять наглядными пособиями – графическими (таблицы, диаграммы, схемы, рисунки), моделями или муляжами, а также натуральными экспонатами. Затем составляется план лекции и окончательно оформляется ее содержание.

Лекция состоит из введения, основного содержания и заключения. Во введении раскрывается значение данной темы в современных условиях. В основном содержании развиваются те или иные научные положения и приводятся их доказательства. Фора изложения лекции – повествование или рассказ. Что бы привлечь внимание слушателей, им часто задаются вопросы. В заключении подводится итог всего сказанного, и формулируются конкретные задачи слушателям.

Обычно лекция вызывает много вопросов, ответы на которые лектор проводит в форме беседы со слушателями.

#### **Лекция 14. Основы изобретательства и патентования**

## 1. Значение изобретательства и рационализаторства в научно-техническом прогрессе. Сущность основных понятий.

Состояние и уровень развития любой отрасли народного хозяйства напрямую связаны с научно-техническим прогрессом. Использование достижений науки и техники в практике повышает производительность труда, понижает себестоимость продукции и повышает рентабельность производства. Крупные научные открытия, изобретения и рационализаторские предложения являются движущей силой научно-технического прогресса любого общества. От того, в какой степени в обществе уделяется внимание научной работе, поощрению и внедрению в практику новейших научных достижений и рацпредложений в конечном итоге зависит его благосостояние.

Таким образом, изобретательство и рационализаторство позволяют:

1. Повысить производительность труда.
2. Понизить затраты труда и материальных средств.
3. Повысить продуктивность животных.
4. Способствуют получению более качественной продукции.
5. Способствуют улучшению культуры производства.
6. Снижают себестоимость продукции.
7. Позволяют продлить срок эксплуатации оборудования и животных.

Одним из ключевых элементов научно-технического прогресса является изобретательская деятельность. **Изобретательская деятельность** – это деятельность, направленная на создание новых, ранее не известных объектов изобретения. **Изобретение** – это техническое решение, которое является новым, имеющее изобретательский уровень и промышленное применение. *Новизна, изобретательский уровень и промышленная применимость* являются критериями патентоспособности изобретения. Изобретение признается **новым**, если оно не является частью известного *уровня техники*, т.е. в общедоступных источниках информации нет сведений, подобных предлагаемым автором изобретения. **Изобретательский уровень** – это уровень изобретения, при котором оно не следует явным образом из сложившегося на данный момент уровня техники, т.е. когда изобретение не является прямым следствием уже имеющегося уровня знаний по данному вопросу. Изобретение является **промышленно применимым**, если оно может быть изготовлено или использовано в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях и при его воплощении способно обеспечить достижение заявленного патентодателем технического результата.

Запатентовать можно одно изобретение или группу изобретений связанных между собой настолько, что они образуют единый изобретательский замысел, а также, если один из которых предназначен для получения или осуществления другого.

Объектами изобретения могут являться: *устройство, способ, вещество, штамм микроорганизмов, культуры клеток растений и животных, применение ранее известного устройства, способа, вещества, штамма по новому назначению*. Не признаются изобретениями: научные теории, методы

организации и управления хозяйством, программы для ЭВМ, проекты и схемы планировки зданий, сооружений, сорта растений, породы животных.

**Устройство.** К устройствам относятся конструкции и изделия, являющиеся конструктивным элементом или совокупностью конструктивных элементов, находящихся в функционально-конструктивном единстве.

**Способ.** К способам относятся процессы выполнения действий над материальными объектами с помощью материальных объектов. В отличие от конструкции не имеет объемных показателей, он состоит в установлении нового порядка, очередности применения определенных действий, необходимых для достижения искомого результата.

**Вещество.** Вещество – это искусственно созданное материальное образование. К веществам, как объектам изобретения относят: отдельные химические соединения, в т.ч. высокомолекулярные и объекты генной инженерии; композиции (составы, смеси) и продукты ядерного превращения.

**Штаммы микроорганизмов, культуры клеток растений и животных.** Штаммы микроорганизмов – это среды с культурами микроорганизмов, получаемые в лечебных, профилактических целях, в качестве стимуляторов роста и развития растений, животных. Создание штаммов предполагает отыскание необходимой среды для микроорганизмов, оптимального температурного режима, выявлению средств, способствующих их росту и сохранению. Штаммы микроорганизмов – это поддерживаемые отбором по специфическим признакам наследственно однородные культуры бактерий, вирусов, грибов, продуцирующие полезные в применении вещества или обладающие иными полезными свойствами.

**Применение ранее известного устройства, способа, вещества, штамма по новому назначению.** Пример: красящее вещество – можно использовать в качестве сильно действующего яда для вредных бактерий, или мел – строительный материал, в качестве минеральной кальциевой добавки, или сапропель – ценное удобрение, в качестве минеральной кормовой добавки, лечебного средства.

**Примеры изобретений в сельском хозяйстве.**

- Прибор для определения супоросности свиноматок.
- Прибор для прижизненного определения цвета мяса.
- Установка для создания искусственного микроклимата в животноводческих помещениях.
- Новый способ лечения животных.
- Способ консервирования соломы.
- Новый разбавитель спермы.
- Новый препарат для стимуляции охоты у коров.
- Трехкамерный доильный стакан.
- Домашний инкубатор.
- Устройство для получения легких отрицательных ионов кислорода воздуха.
- Способ повышения жизнеспособности телят двоен.

– Способ отбора поросят для воспроизводства стада и т.д.

### **Виды изобретений.**

1. Основные.
2. Дополнительные.
3. Комбинационные.
4. Пионерские.
5. Служебные.

**Основные** – это изобретения юридически не связанные с какими-либо другими и могут применяться самостоятельно.

**Дополнительные** – представляют собой усовершенствование другого (основного) изобретения в целом или в части и не могут применяться отдельно от него, будучи связано с ним как технически, так и юридически.

**Комбинационные** – это соединения известных технических средств (конструкций, способов или веществ) дающие в комплексе качественно новый эффект.

**Пионерские** – это те выдающиеся изобретения, которым не предшествовали в мировой технике прототипы. Прототип – это наиболее близкое по технической сущности решение.

**Служебные изобретения** – это изобретения созданные на предприятиях (организациях) в связи с выполнением служебных заданий.

### **Открытия.**

Открытием признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящие коренные изменения в уровень знаний. В год в мире происходит 1-2 открытия. Пример: закон Ньютона, периодическая система Менделеева, закон Менделя, открытия витаминов, ДНК, РНК и пр.

Автором открытия может считаться только тот, кто раньше оповестил об установлении им новой закономерности. Открытия регистрируются в Госкомитете по открытиям и изобретениям. Приоритет открытия определяется по дате формулировки нового положения в качестве открытия или по дате поступления заявки в Госкомитет. Автору открытия выдается диплом. **Диплом** – это документ, выданный на имя автора открытия и удостоверяющий признание выявленных закономерностей, свойств, явлений материального мира, приоритет и авторство на открытие.

В дипломе приводится **формула открытия**, которая сжато, четко и исчерпывающе выражает сущность открытия.

### **Рационализаторское предложение.**

Рацпредложением называется техническое решение, обладающее относительной новизной и являющееся полезным для той организации, которой оно подано. Предложение является полезным, если оно позволяет получить любой положительный эффект, т.е. дает экономию трудовых, сырьевых, топливно-энергетических и других материально-технических ресурсов.

### **Промышленный образец.**

Представляет собой художественное или художественно-конструктивное решение, определяющее внешний вид изделия. Промышленный образец может быть в виде плоскостного изображения, объемной модели и комбинированный. Для промышленного образца должна быть характерна новизна, оригинальность и способность к воспроизводству в промышленных условиях.

#### **Товарный знак и знак обслуживания.**

Товарный знак – это зарегистрированные в установленном порядке обозначения, служащие для отличия товаров одних предприятий от однородных товаров других. Товарные знаки могут быть:

1. Изобразительными
2. Словесными
3. Объемными
4. Комбинированными

Изобразительные товарные знаки могут быть в виде конкретных изображений, в виде символов (круг, треугольник и пр.) или в виде абстрактных изображений. Словесные товарные знаки – это слова или сочетание букв имеющие словесный характер. Объемные товарные знаки – это различного рода трехмерные изображения.

Отличие товарного знака от знака обслуживания состоит в том, что его применяют предприятия и организации сферы обслуживания, которые не производят продукцию производственно-технического назначения и товаров народного потребления. Это, например, ремонт, починка, обслуживание в гостиницах, ресторанах, на транспорте и т.д.

#### **2. Оформление и рассмотрение заявок на изобретение, авторское свидетельство, патент.**

Патент – это документ удостоверяющий авторство на изобретение, приоритет изобретение и исключительное право патентообладателя на использование изобретение (патента). Заявка на выдачу патента на изобретение подается в Патентное ведомство (Госкомитет по делам открытий и изобретений). Заявка может быть подана:

1. Автором изобретения;
2. Работодателем, при наличии договора между работодателем и работником, сделавшим изобретение;
3. Патентным поверенным, т.е. юридическим лицом, зарегистрированным в патентном ведомстве.

#### **Заявка должна содержать:**

1. Заявление о выдаче патента
2. Описание изобретения, раскрывающее его со всей полнотой.
3. Формулу изобретения, выражающую его сущность.
4. Чертежи и иные материалы, если они необходимы для понимания сущности изобретения.
5. Акты испытаний, если предложение касается вещества.
6. Реферат.
7. Квитанцию об уплате госпошлины.

Приоритет на изобретение устанавливается по дате поступления заявки.

После поступления заявки она подвергается экспертизе в патентном ведомстве и включает **предварительную и патентную**. Предварительная проводится в месячный срок, а патентная в течение 12 месяцев с даты поступления в Патентное ведомство. Выдача патента производится Патентным ведомством после внесения им изобретения в Реестр изобретений. Правом использования изобретения может обладать любое физическое или юридическое лицо после заключения договора с патентообладателем. Патент действует в течение 20 лет.

Основным материалом заявки является **описание изобретения с формулой изобретения**, которое имеет следующую структуру:

1. Название изобретения.
2. Индекс международной классификации изобретений.
3. Характеристику аналогов.
4. Характеристику прототипа и его критику.
5. Цель изобретения.
6. Сущность изобретения и его отличительные признаки.
7. Пример конкретного выполнения.
8. Техничко-экономическая или иная эффективность.
9. Формула изобретения.

**Формула изобретения** – это краткое словесное изложение признаков изобретения, определяющее сущность и объем изобретения.

**3. Структура основных видов патентной документации, цель и виды патентного поиска.**

**Патентная документация** – это совокупность публикуемых и непубликуемых документов, содержащих сведения о результатах научно-исследовательских, проектно-конструкторских разработок, заявленных или признанных открытиями, изобретениями, промышленными образцами, полезными моделями.

**Виды патентной документации:**

Описания к дипломам на открытия.

1. Предварительные описания к заявлениям на изобретения.
2. Аннотации и извлечения, публикуемые в официальных бюллетенях.
3. Описания изобретений к авторским свидетельствам, т.е. патентам.
4. Официальные указатели авторских свидетельств и патентов.

**Патентный поиск** – это разновидность информационного поиска, осуществляемого в фондах патентной документации с целью обеспечения патентоспособности технического решения или патентной чистоты объекта. Установления уровня технических решений или патентный поиск проводят обычно при экспертизе заявок на изобретения, а также при планировании научно-исследовательской работы. Поиск проводится по документации последних 7-10 лет.

Следует также иметь в виду, что патентный поиск является дорогим, но необходимым мероприятием, так как использование запатентованных

изобретений другими юридическими и физическими лицами приводит к огромным штрафам и возможным разорением предприятий.

Наиболее эффективным и бесплатным способом проведения патентных исследований в России является просмотр патентов и изобретений в банке данных. Сегодня более 80% информации о новых технических решениях специалисты черпают из описаний патентов. Сведения о новых решениях появляются в патентах на 3-4 года раньше, чем в научно-технических журналах и на 5-10 лет опережают публикации в монографиях и учебниках.

1. Виды патентного поиска:
2. Тематический (предметный).
3. Именной, по номеру документа (нумерационный).
4. Поиск по датам.
5. Поиск по виду документа (патент, заявка, свидетельство о полезности).

Мировое сообщество пришло к созданию Международной Патентной Классификации (МПК) изобретений.

Патентный поиск (патентные исследования) — исследования технического уровня на основе патентной информации по сей день являются обязательным этапом любого научного исследования. Проведение патентного поиска регламентируется СТБ 1180-99. «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения».

Согласно этому документу по своему характеру и содержанию патентные исследования относятся к прикладным научно-исследовательским работам и являются неотъемлемой составной частью обоснования принимаемых решений народнохозяйственных задач, связанных с созданием, производством, реализацией, совершенствованием, использованием, ремонтом и снятием с производства объектов хозяйственной деятельности. (К объектам техники также условно отнесены и научно-техническая продукция, штаммы микроорганизмов, технологические процессы, включая химические процессы, биотехнологические, медицинские препараты, способы диагностики, профилактики и лечения). Патентные исследования могут проводиться как в виде самостоятельной научно-исследовательской работы, так и в составе других работ.

Патентные исследования проводятся на основе анализа источников патентной информации с привлечением других видов научно-технической информации, содержащих сведения о последних научно-технических достижениях, с целью исследования уровня и тенденций развития медицинской науки и отсутствия дублирования разработок.

На основе результатов анализа изученной патентной документации, зоотехнической и научно-технической литературы определяется эффективность научных разработок и возможность их защиты патентами на изобретения, полезные модели и промышленные образцы.

При проведении патентных исследований используются все доступные источники патентной и другой научной информации.

**Традиционный поиск патентной информации.**

Все источники патентной информации, имеющиеся в республике Беларусь, в полном объеме представлены в РНТБ. Из них наиболее оперативными источниками являются патентные бюллетени, издаваемые патентными ведомствами стран поиска, и полные описания к заявкам, выложенным для всеобщего ознакомления до проведения экспертизы по существу, поиск по которым проводится по классификационным материалам и СПА к патентному фонду.

При проведении патентного поиска во внимание принимаются как патенты, так и патентные заявки. Патентные заявки, также как выданные патенты, публикуются, что делает их одним из наиболее важных источников научно-технической информации.

Большой объем массивов патентной информации и используемый в этих целях справочно-поисковый аппарат, обуславливает значительную трудоемкость ретроспективного поиска и его временные рамки, и не гарантирует полноты охвата, а также весьма ограничивает возможности поиска патентов других стран. Внедрение компьютерных технологий и в частности Интернет, изменили традиционные формы предоставления и поиска патентной информации.

### **Патенты Республики Беларусь.**

Национальным центром интеллектуальной собственности (НЦИС) Республики Беларусь <http://www.belgopatent.org> издается официальное ежеквартальное издание: «Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы» в котором публикуются:

- сведения о заявках на изобретения, прошедших предварительную экспертизу и выложенных для всеобщего ознакомления, включающие библиографические данные и основные пункты формулы изобретения, систематический и нумерационный указатель заявок на изобретения;

- сведения о международных заявках на изобретения (РСТ), вступивших в национальную фазу в Республике Беларусь, включающие библиографические данные, систематический и нумерационный указатель международных заявок, а также нумерационный указатель национальных заявок по договору РСТ;

- сведения о патентах на изобретения, включающие библиографические данные, формулу изобретения и его основной чертеж, а также систематический и нумерационный указатель патентов на изобретения;

Официальные издания распространяются по Республике Беларусь в соответствии с «Перечнем учреждений и организаций Республики Беларусь для бесплатной рассылки контрольных экземпляров несекретных изданий НЦИС», а также по подписке через Учебно-исследовательское республиканское унитарное предприятие интеллектуальной собственности РУП «РУПИС» <http://www.belgopatent.org/russian/sources/rupis.html> В настоящее время также выпущен «НАЦИОНАЛЬНЫЙ CD-ROM» (demo-версия), содержащий полнотекстовые описания к патентам на изобретения и полезные модели, сведения о которых опубликованы в официальном бюллетене НЦИС № 4 от 30.12.2003 г.

### 1.3. Перечень тем теоретического материала, выносимых на самостоятельное изучение

1. ОНИ. Наука, классификация наук, проблема классификации наук. Технические науки.
2. Методология НИ. Знание, познание, ощущение, восприятие, представление, воображение, рациональное познание.
3. Методология НИ. Мышление, понятия (общие, единичные и т.д.), суждение, умозаключение.
4. Методология НИ. Научная идея, гипотеза, закон, парадокс, теория, аксиома, методология.
5. Методология НИ. Метод, наблюдение, сравнение, счет, измерение, эксперимент, обобщение, абстрагирование, формализация, аксиоматический метод.
6. Методология НИ. Анализ, синтез индукция, дедукция, аналогия, гипотетический метод, исторический метод.
7. Методология НИ. Эмпирический, экспериментально-теоретический, теоретический и метатеоретический уровни методов научного познания.
8. Методология НИ. Творчество, мотивации (биологические, социальные и т.д.), воображение, психологическая инерция мышления, иерархические уровни технической системы, противоречия, развитие главных показателей системы во времени.
9. Выбор направления НИ. Объект, предмет, исследования (фундаментальные, прикладные и т.д.), научное направление, проблема, комплексная проблема, оценка экономической эффективности темы, этапы научно-исследовательской работы.
10. ТИ. Задачи и методы теоретического исследования. Методы расчленения и объединения. Общая теория систем. Постулаты ОТС.
11. ТИ. Системность, релятивность, универсальность. Что включают в себя ТИ. Структурные компоненты решения задачи.
12. ТИ. Схемы взаимодействия объектов с внешней средой. Математический аппарат для построения математической модели. Принцип суперпозиции
13. Эксперимент. Цель эксперимента. Естественный, искусственный, преобразующий, констатирующий, контролирующий, поисковый, решающий эксперимент.
14. Лабораторный, натурный, открытый, закрытый, простой, сложный, информационный, вещественный, энергетический, обычный, модельный эксперимент.
15. Материальный, мысленный, пассивный, активный, однофакторный, многофакторный, технологический, социометрический эксперименты.
16. Методика проведения эксперимента. Метрологическое обеспечения экспериментальных исследований.

17. Моделирование в научно-техническом творчестве. Подобие. Теоремы подобия. Виды моделей.

18. Классификация научно-исследовательских работ. Оценка перспективности научно-исследовательских работ. Критерии эффективности

19. Охрана интеллектуальной собственности. Виды и объекты интеллектуальной собственности.

20. Информационный поиск, накопление и обработка научно-технической информации. Методы поиска. Источники научно-технической информации.

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1. Тематический план лабораторных занятий для студентов факультета биотехнологии и аквакультуры по специальности 1-74 03 01 Зоотехния, 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство / 1-74 03 01 Зоотехния (ССО)

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов	Дата
1	Общие методические критерии постановки зоотехнических опытов	2/2	
2	Подбор исходного материала для постановки зоотехнического эксперимента по методу пар-аналогов	2/4	
3	Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов. Подбор животных в группы	-/2	
4	Эксперименты по переваримости кормов	-/2	
5	Основные понятия биометрии	-/4	
6	Расчет средних величин	4/4	
7	Репрезентативность выборочных показателей	6/6	
8	Дисперсионный анализ	4/4	
9	Корреляционный анализ	4/4	
10	Регрессионный анализ	4/4	
11	статистическая обработка данных	4/6	
12	Оформление научной работы и написание дипломной работы	2/4	
13	Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта	2/4	
14	Основы изобретательства	-/2	
Итого:		34/52	

## 2.2. Методические материалы для выполнения лабораторных работ

### 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПОСТАНОВКИ ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ОПЫТОВ

При организации зоотехнического эксперимента одним из методов аналогичных групп необходимо соблюдать общие методические положения проведения опытной работы, главнейшие из которых изложены далее.

**Обоснование численности подопытных животных.** Животных в группе должно быть столько, чтобы индивидуальные качества отдельных особей не имели определяющего влияния на результаты опыта и чтобы можно было вести обработку полученных данных приемами вариационной статистики. При небольшом числе животных в группе статистическая достоверность полученных в опыте значений может резко снижаться. Слишком большое число животных в группе также не всегда желательно, ибо в этом случае затрудняется познание индивидуальных реакций животных в группе, создаются дополнительные трудности сохранения идентичности условий при размещении животных в помещениях, в технике кормления и т. д., что снижает техническую точность опыта. Кроме того, резко осложняется учет показателей, особенно если ставится задача углубления основного научно-хозяйственного опыта физиологическими, морфологическими и биохимическими исследованиями. В результате затрудняется возможность более глубокого проникновения в сущность изучаемых явлений.

Число животных в опытной группе обуславливается многими факторами и в зависимости от них устанавливается для каждого опыта в отдельности. К этим факторам, прежде всего, относятся качество животных, на которых планируется проведение опыта (вид, порода, возраст, конституция и т. д.), уровень их подготовки к опыту (относительная развитость, выравненность предшествующих условий и т. д.), характер эксперимента (опыт разведывательного или решающего значения), уровень ожидаемого различия между группами и, наконец, задачи, которые ставятся на решение.

**Степень породной консолидации.** Под консолидацией породы понимают свойство особей, составляющих эту породу, передавать по наследству некоторые важные качества. Чем менее консолидирована порода, тем в большей степени животные этой породы склонны в онтогенезе к изменчивости, тем большее число их нужно подбирать в опытные группы, чтобы получить статистическую достоверность различий по изучаемым признакам. Другими словами, чем более выравненным по наследственным качествам материалом пользуется экспериментатор, тем больше у него будет оснований сократить число животных в группе, и, наоборот, пользование генетически разнообразным материалом предполагает увеличение числа животных в опытных группах.

В этом отношении проведение опытов на помесях, особенно неопределенной кровности, ставит нас перед фактом возможной разнонаправленной изменчивости и, следовательно, требует значительно большего числа животных в группах. Помеси, даже если они были до начала опыта подобраны в группы внешне относительно однородными, потенциально оказываются более способными к изменчивости. С возрастом под влиянием действия внутренних и внешних условий у них в большей степени может развиваться комплекс признаков и свойств то одной, то другой породы или даже отдаленных предков. Эти потенциальные склонности к изменчивости помесей при подборе трудно различимы и обнаруживаются лишь с течением времени.

**Режимы кормления и содержания.** Чем резче намечаемые режимы кормления и содержания отличаются от обычных, в которых шло формирование экспериментальных групп, тем большее количество животных необходимо взять в опытные группы, тем меньше пригодны помеси для постановки таких опытов.

Подбор животных одного вида скрещивания, одной кровности улучшает методическую выдержанность опыта. Если экспериментатор по какой-либо причине вынужден

пользоваться материалом различного уровня кровности, различного вида скрещивания, то лучше в пределах опытной группы выделить подгруппы более однородные в породно-конституциональном отношении и вести учет по ним отдельно.

В опытах по кормлению сельскохозяйственных животных при решении общих вопросов питания рекомендуется использовать чистопородный материал. Еще лучше воспользоваться линейным материалом (заводские линии, разводимые «в себе»), обладающим достаточно хорошей жизнеспособностью и высокой продуктивностью. На межпородных помесях ставятся опыты по кормлению специального назначения. В скотоводстве и овцеводстве для опытной работы по кормлению и содержанию особенно ценны однойцевые двойни. Многие научные учреждения приобретают их в базовых хозяйствах специально для проведения различных зоотехнических опытов.

**Возраст.** Особое значение в опытном деле имеет возраст животного. Давно установлено, что чем моложе животное, тем существеннее тенденция к его изменчивости, тем сильнее внутреннее перестраивание (физиологически и морфологически) под влиянием факторов внешней среды. Фактически наблюдаемые коэффициенты изменчивости по одним и тем же признакам (особенно по среднесуточным привесам) в молочный период гораздо выше, чем в зрелом возрасте. Это положение нашло отражение в требованиях к числу животных в группе в опытах с крупным рогатым скотом. Установлено это еще Комитетом скотоводства Московского общества сельского хозяйства (табл. 1).

Таблица 1. Рекомендуемые размеры опытных групп в зависимости от возраста животных

Возраст животных	Число животных в группе, гол.
От рождения до 1 года	17
От 1 до 2 лет	16
Первотелки	15
Коровы: второго отела	14
третьего отела	13
четвертого отела	12
пятого отела	11
шестого отела	10

**Конституция.** Необходимо подчеркнуть и значение учета конституции. В большинстве случаев требуется уравнивание групп подопытных животных по типу телосложения. Обычно это делается путем вычисления индексов телосложения (чаще всего сбитости и высоконогости). Индексы телосложения, безусловно, имеют конституциональное значение, а их числовое выражение делает доступным точное определение и учет этого фактора. Операция с индексами приобретает определенную техническую конкретность. Но следует отметить, что это еще неполный учет конституциональных факторов. Подход будет, несомненно, точнее, если мы воспользуемся схемой типов конституции Кулешова и Богданова и дополним ее указанием на тип нервной деятельности.

**Тип нервной деятельности.** Особенно необходим тщательный учет индивидуальности по типу нервной деятельности, поскольку установлено, что животные со слабым типом нервной деятельности чаще склонны отвечать шоком на существенные изменения факторов внешней среды, что увеличивает изменчивость в группе и снижает статистическую надежность получаемых в опыте различий. Чем более однородными удастся сформировать группы по конституции, тем меньшим числом животных в опытных группах при прочих равных условиях можно ограничиться.

**Характер подготовки животных для опыта** имеет большое значение в отношении необходимой их численности. При формировании групп чаще всего упускается из виду именно это обстоятельство. В опытах с молодняком важно обратить внимание на уровень

онтогенетической развитости отбираемых животных, нормально сформированных в соответствии со своим возрастом. Черты возрастного переразвития будут указывать на ускоренные темпы формирования, свойственные данному животному, на более быстрое (а потому и сокращенное во времени) прохождение возрастных фаз развития. Молодняк же с чертами эмбрионализма или неотении, с замедленным течением возрастных фаз в обмене веществ будет длительно сохранять особенности более ранних этапов онтогенеза. И хотя уровень относительно возрастного развития обычно совпадает с возрастным изменением массы, но это совпадение неполное; возможны существенные отклонения в обе стороны.

Естественно, что разнообразие животных по онтогенетической развитости будет существенно увеличивать изменчивость, а следовательно, и требовать большего числа животных в группе. К сожалению, учесть этот фактор сложно, так как не существует достаточно конкретной методики его прогнозирования.

Аналогичным образом будет влиять **разнообразие условий жизни, в которых находились подопытные животные в предшествующее опыту время**. Стандартные условия кормления и содержания, соблюдение параметров технологии влияют положительно на надежность результатов научных исследований, проводимых на ферме. Например, опыты по кормлению должны предполагать изменения только в составе рационов, но не в других параметрах жизни подопытного поголовья. Иначе это обязательно окажет воздействие на результат, вычислить который практически невозможно.

Другими словами, высокая культура ведения животноводства и хорошая подготовка животных к опыту позволяют ограничиться относительно меньшим числом животных в опытной группе. Но совершенно очевидно, что увеличение числа голов в группе при менее подготовленном состоянии животных к опыту является хотя и необходимой, но недостаточной компенсацией. Меньшим числом животных в группах можно ограничиться только в том случае, если научно-хозяйственный опыт сопровождается значительными по объему физиологическими, биохимическими, морфологическими и иммунологическими исследованиями, позволяющими глубже анализировать его результаты.

Наконец, на численность животных в группах оказывает влияние **характер опыта**, решаемые в нем задачи. Совершенно очевидно, что в разведывательных опытах, от которых не требуется доказательности, можно ограничиться меньшим числом животных. Эксперимент же решающего значения должен проводиться на достаточном поголовье.

Хотя не выработано математических формул, которые позволяли бы с учетом вышеупомянутых требований и условий вести расчет необходимого числа животных в группе, такие попытки в истории развития зоотехнической науки предпринимались многократно. С большой степенью уверенности можно говорить о влиянии на размер группы таких факторов, как уровень изменчивости тех признаков, на которых изучается действие вводимого в опыт фактора, ожидаемая разница в показателях опытной и контрольной групп по этим признакам, а также вид животных.

В опытах предварительного (разведывательного) характера минимальное число животных в группе составляет 5–6 голов, в основных опытах – от 16 до 25; увеличение группы до 30 животных не приводит к существенному возрастанию статистической надежности опыта (табл. 2).

Таблица 2. Число животных в группе

В опытах с крупным рогатым скотом и свиньями		В опытах с овцами	
при ожидаемой разнице в приросте между группами (%)	необходимое число животных в группе	при ожидаемой разнице в приросте между группами (%)	необходимое число животных в группе
1	2	3	4
50	1	50	2
40	2	40	2
30	3	30	4

1	2	3	4
20	5	20	8
17,5	7	17,5	10
15	9	15	14
7,5	36	7,5	54
1	2	3	4
5	80	5	121
2,5	317	2,5	482

Одним из главных критериев правильной организации зоотехнического эксперимента является правильное комплектование опытных групп животных. От качества этой предварительной работы зависит многое. Рассмотрим методику подбора на конкретном примере, основываясь на фактическом материале, взятом из реально существующего хозяйства.

## **2. ПОДБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ЗООТЕХНИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО МЕТОДУ ПАР-АНАЛОГОВ**

Для постановки опыта по принципу аналогов необходимо тщательно отобрать подопытных животных из основного поголовья на ферме. При этом учитывается максимально возможное количество существенных признаков, которое зависит от состояния селекционно-племенного и зоотехнического учета в хозяйстве. В первую очередь учитываются пол, генетические параметры, конституция, затем уровень развития по живой массе, уровень продуктивности, качество продукции. Не следует забывать также и о физиологическом состоянии животных (сухостойный период или лактация, стадия лактации). Для лактирующих коров важной характеристикой считается и номер лактации.

Отбор аналогов – дело достаточно трудоемкое. Сложность состоит в прямой зависимости от количества учитываемых при отборе признаков и степени разнообразия материала. Сначала выписывают информацию о каждом животном в стаде на карточки из плотной бумаги, а затем раскладывают карточки на столе попарно, оценивая степень аналогичности визуально, и после выбора достаточного количества пар проводят обработку на предмет оценки качества выполненного подбора. Проводят анализ компактности отобранного материала, сопоставляют одноименные среднегрупповые показатели, рассматривают каждую отдельную пару. В процессе поиска наиболее удачного варианта приходится заменять отдельные особи на другие или переставлять некоторые пары целиком. Неудобство такой техники работы заключается не только в невозможности отыскания наилучшего варианта, но и в необходимости полного пересчета данных после каждой замены.

Учитывая вышеизложенные обстоятельства, мы предлагаем новую методику подбора материала для опыта с использованием персонального компьютера на основе офисной информационной технологии, разработанной фирмой Microsoft. Совершенно необходимым условием является наличие навыков работы с системой Microsoft Office на уровне квалифицированного пользователя.

### **Последовательность подбора животных на компьютере**

1. Перенесение исходного массива информации с бумажного на магнитный носитель (Hard Drive) в формате файла электронной таблицы или базы данных.
2. Упорядочение информации методом многоуровневой сортировки для лучшей визуализации и работы с данными.
3. Построение матрицы для расчета всех необходимых критериев качества подбора, формальное описание задачи.
4. Копирование аналогичных пар в зону данных расчетной матрицы с последующей корректировкой.
5. Подготовка документа и вывод его на печать.

Отработку деталей рассмотрим на примере решения конкретной задачи. Предлагаемый вариант является упрощенным, так как используется в учебных целях.

**Задание.** Подобрать две группы лактирующих коров по 10 голов в каждой для проведения научно-хозяйственного опыта по методу пар-аналогов. Исходная информация представлена списком лактирующих высокопродуктивных коров, находящихся в первой трети лактации после раздоя.

Список состоит из 250 голов (см. приложение). Рассматриваются следующие признаки подбора: кличка с инвентарным номером, линия по отцу, живая масса, среднесуточный удой, процент жира в молоке, номер лактации. Все это хранится в файле формата электронной таблицы **Excel** под именем **Аналоги.xls**. Первый лист этой таблицы защищен от записи с тем, чтобы пользователь не мог испортить исходный массив. Поэтому дальнейшие манипуляции с данными производятся с копией этого массива в других листах электронной книги. Снятие защиты допускается только для внесения дополнительной информации о коровах, а также корректирования ее с течением времени.

Предлагается следующая последовательность выполнения задания.

Загрузить **Excel** любым доступным образом (зависит от конкретной конфигурации рабочего стола и панели задач). Открыть файл **Аналоги.xls**. После нормальной загрузки на экране появится список коров с перечисленными выше характеристиками.

Скопировать таблицу (без заголовка) из первого листа во второй. Первые восемь записей представлены в табл. 3.

Таблица 3. Фрагмент исходного материала в электронной таблице

№ п.п.	Кличка, номер	Линия	Масса, кг	Номер лактации	Удой, кг	Жир, %
1	Муха2231-231	Гриф624	500	2	22	3,6
2	Лилия2003	Гриф624	500	2	22	3,6
3	Беляночка217	Бровей309	580	4	18	4,4
4	Рифма788-7580	Гриф624	510	2	18	3,4
5	Тундра7592-8209	Гриф624	500	2	20	4,2
6	Гретти1642	Бровей309	550	4	20	3,6
7	Зорянка34/1280	Бровей309	520	3	22	3,8
8	Поземка8415	Бровей309	550	2	20	3,6
9	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Из табл. 3 видно, что информация о животных находится в хаотичном порядке, что неудобно для дальнейшей работы. Для упорядочения массива выполнить многоуровневую сортировку средствами системы управления базами данных **Access**. Это необходимо потому, что возможностей электронной таблицы недостаточно – здесь допускается сортировка только до трех уровней.

Запустить СУБД **Access**. На запрос о создании базы данных выбрать «новая база данных» (рис. 1). Будет выведено диалоговое окно запроса спецификации файла. Ввести имя файла, например «data». На экране появляется центральная панель с закладками: **Таблицы**, **Запросы**, «**Формы**», **Отчеты**, **Макросы**, **Модули**.

Рис. 1. Вид вновь созданной базы данных

Выбрать закладку **Таблицы** и нажать управляющую кнопку **Создать**. В появившемся диалоговом окне **Новая таблица** выбрать **Импорт таблиц**. Указать спецификацию файла, из которого производится импорт, для чего в диалоговом окне установить тип файла как файла **Microsoft Excel**, и выбрать файл под именем **Аналоги**, а затем подтвердить кнопкой **Импорт** (рис. 2).

Рис. 2. Диалоговое окно создания новой таблицы

В ходе отработки процедуры импорта электронной таблицы в базу данных будут произведены некоторые уточнения средствами мастера импорта таблиц. Последует сообщение, что файл электронной таблицы содержит несколько листов, или диапазонов. Следует указать **Лист2**, так как именно там находится исходная информация. Далее установите флажок, подтверждающий, что первая строка содержит заголовки столбцов. Затем сохраните данные в новой таблице.

На рис. 3 отображен фрагмент работы с мастером импорта таблиц. После очередного уточнения действий мастера следует нажимать кнопку **Далее** с переходом к следующему шагу формирования таблицы базы данных. Сохраняются данные в новой таблице. Возможность импорта не всех, а лишь выбранных полей не используется, равно как не используется и возможность создания ключевого поля. Объясняется это тем, что **СУБД** нам требуется лишь для многоуровневой сортировки таблицы, после чего вся дальнейшая работа производится в **Excel**. Созданную таблицу можно просмотреть – она практически не отличается от исходной.

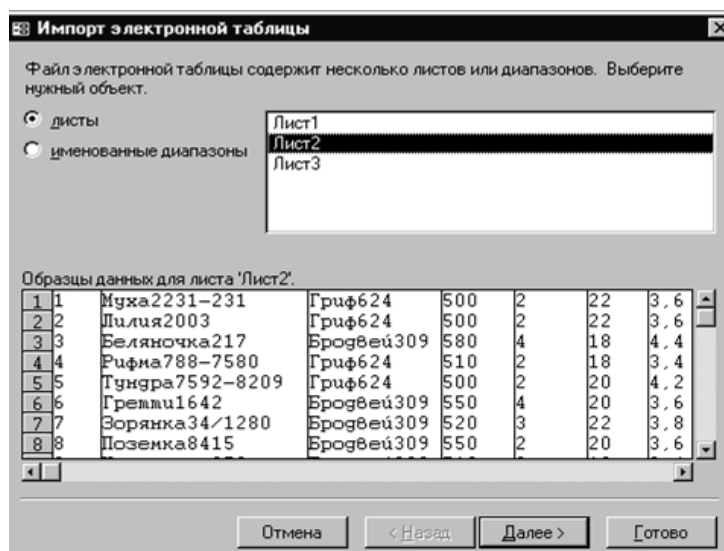
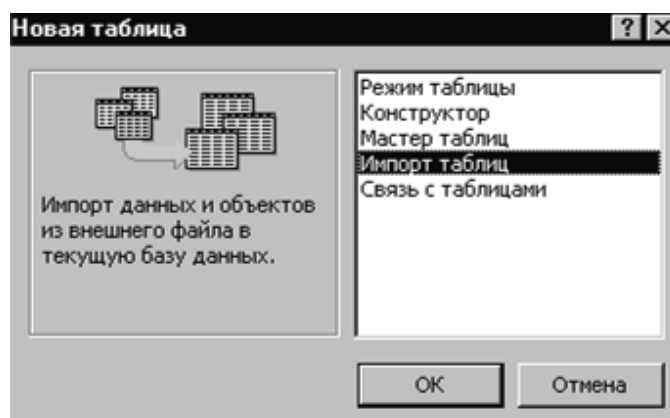


Рис. 3. Диалоговое окно импорта электронной таблицы, отображаемой мастером импорта  
Вернуться в центральную панель базы данных, выбрать закладку **Запросы – Создать**.



Создание производится через конструктор. На рис. 4. показан вид окна создания запроса, где видно отображение полей в нижней части диалогового окна в порядке их сортировки и

направление сортировки. Окно отображено не полностью. Используя скроллинг, его можно прокручивать в любом направлении. В данном примере направление сортировки нас не интересует, и поэтому все поля сортируются по убыванию. После создания запроса окно закрывается и присваивается имя запроса, например, **Запрос1**. Вернувшись в центральную панель **СУБД**, можно открыть и просмотреть запрос.

Все поля будут отсортированы в соответствии с тем, как было определено. Теперь надо сохранить файл как экспорт во внешней базе данных типа **Microsoft Excel** под любым именем, например **Аналоги1**. Открыв этот файл через **Excel**, вы увидите отсортированный массив информации. На этом работа с базой данных завершена и ее можно закрыть. Продолжение происходит в электронной таблице.

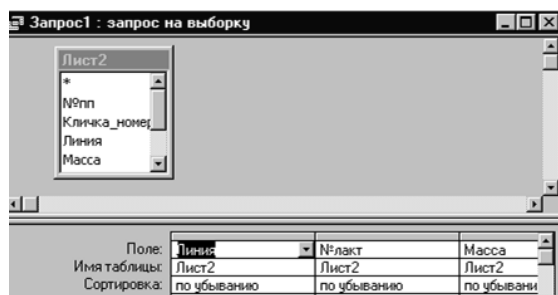


Рис. 4. Диалоговое окно создания запроса на выборку

После сортировки все аналоги собираются едиными пластами информации в массиве. В начале таблицы собрана вся линия быка Гриф624.

Соответственно каждой лактации расположены животные с равными или близкими массами, суточным удоем и процентом жира в молоке.

В тех случаях, когда нет необходимости делать сортировку более чем по трем уровням, можно обойтись возможностями программы **Excel**. Делается это следующим образом.

1. Скопировать информацию из первого листа электронной таблицы во второй. Обработка данных производится здесь для того, чтобы не испортить случайно исходный массив данных. Заголовок исходного массива копировать не обязательно.

2. Перейти во второй лист. Выделить весь массив информации, включая метки – заголовки столбцов (в данном случае это шапка таблицы).

3. Вызвать диалоговое окно **Сортировка** диапазона через меню **Данные – Сортировка**. На экране отобразится конструкция, показанная на рис. 5.

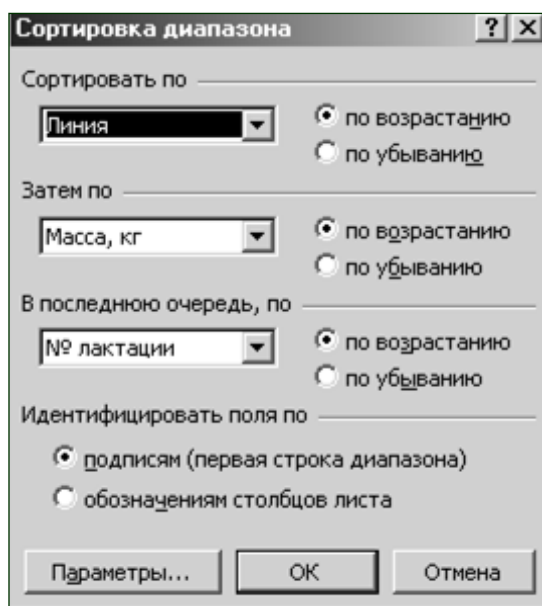


Рис. 5. Сортировка диапазона

4. Поочередно указать, какой показатель сортировать первым, вторым и третьим, путем выбора в соответствующем выпадающем списке наименования поля сортировки. Из рис. 5 видно, что порядок сортировки полей следующий: линия, живая масса, № лактации.

5. В альтернативном переключателе **Идентифицировать поля по** установить альтернативу **подписям** (первая строка диапазона).

6. В данном случае порядок сортировки (по возрастанию или по убыванию) значения не имеет, поэтому эту альтернативу оставляем так, как это задано по умолчанию.

7. Войти в параметры сортировки по одноименной программной кнопке диалогового окна. Указать обычный тип сортировки без учета регистра и по строкам диапазона.

8. Вернувшись в основной диалог, нажать программную кнопку **ОК** для запуска процедуры сортировки.

Получив отсортированный тем или иным образом массив, переходим к подбору опытных групп. Для этого необходимо создать результирующую таблицу подбора, состоящую из двух групп аналогов, расположенных попарно, и формального описания критериальной оценки качества.

Сначала копируем шапку таблицы дважды без промежутков в другой чистый лист электронной таблицы (если его нет, то открыть через **Вставка / Лист**). Это займет столбцы **A–N**. Далее отбираем информацию и копируем попарно аналоги с полностью совпадающими признаками. В соответствии с условием требуется отобрать 10 пар. Технику копирования информации можно изучить с помощью **Help-системы**.

Разделяем зону данных и зону формул линией для улучшения наглядности и приступаем к формированию зоны расчетов критериев качества отбора.

Вид экрана представлен на рис. 6. В верхней части таблицы отображаются аналоги по основным учитываемым показателям.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	№	Кличка	Линия	Масса	№лак	Чдой	%ж	№г	Кличка	Линия	Масса	№л	Чдой	%ж
2	19	Красот1	Гриф6	490	4	18	3,8	18	Чайка9	Гриф6	490	4	18	3,8
3	4	Рифма1	Гриф6	510	2	18	3,4	17	Сайка1	Гриф6	510	2	18	3,4
4	1	Муха22	Гриф6	500	2	22	3,6	2	Лилия2	Гриф6	500	2	22	3,6
5	5	Тундра	Гриф6	500	2	20	4,2	10	Плэзнк	Гриф6	500	2	20	4,2
6	45	Графин	Гриф6	490	2	18	3,8	49	Эмбле1	Гриф6	490	2	18	3,8
7	34	Милка2	Гриф6	570	1	22	3,4	39	Лайла2	Гриф6	570	1	22	3,4
8	40	Газета1	Гриф6	500	1	25	3,5	12	Полоск	Гриф6	500	1	25	3,5
9	35	Лисица	Гриф6	490	1	16	3,8	25	Роза21	Гриф6	490	1	16	3,8
10	37	Тулуса	Бродв	550	3	20	3,6	28	Мелод1	Бродв	550	3	20	3,6
11	14	Кубышк	Бродв	520	3	22	3,8	7	Зорянк	Бродв	520	3	22	3,8
12		Мин		490	1	16	3,4		Мин		490	1	16	3,4
13		Макс		570	4	25	4,2		Макс		570	4	25	4,2
14		Средн		512	2,1	20,1	3,7		Средн		512	2,1	20,1	3,69
15		Крит1		15,63	143	44,8	22		Крит1		15,63	143	44,8	21,7
16		Крит2		0	0	0	0							

Рис. 6. Результирующая таблица в листе **Excel** с результатами подбора аналогов и анализом качества подбора

Ниже черты расположены расчетные формулы и функции, возвращающие значения в зависимости от содержимого зоны данных. Например, в ячейке D12 находится функция вычисления минимального значения из диапазона D2:D11

$$=МИН(D2:D11).$$

Аналогичным образом рассчитываются максимальные и средние значения для первой и второй групп. Затем рассчитывается первый критерий оценки качества подбора. По сути, он показывает степень растянутости каждой группы по всем количественным признакам. Вычисляется как процент разности между крайними значениями признака к среднему. Считается, что не должно быть большой разбежки крайних вариантов, а количественное их определение зависит от особенностей методики постановки опыта. Существует прямая зависимость между коэффициентом изменчивости признака и минимальным достаточным количеством животных в опытных группах. Кроме того, ожидаемая разница между контролем и опытом в результирующем признаке также влияет на выбор поголовья. Отсюда возникает вопрос: какой может быть максимальная изменчивость для получения ожидаемой

достоверной разницы между группами при участии 10 пар-аналогов? Ответ можно получить, используя эмпирические зависимости, предложенные такими учеными, как Митчел и Гриндлей (основываясь на принципе наименьших квадратов):

$$n = \left( \frac{1,849 \cdot C_v \cdot \sqrt{2 + \frac{1}{2} C^2}}{100 \cdot C} \right)^2,$$

где  $n$  – необходимое число животных в группе;

$C_v$  – коэффициент изменчивости изучаемого признака;

$C$  – разница в показателях между группами по изучаемому признаку.

Можно воспользоваться и другой формулой:

$$n = 2K^2 \cdot \frac{\sigma^2}{D_a^2},$$

где  $n$  – необходимое число животных в группе;

$K$  – коэффициент пересчета;

$\sigma$  – коэффициент вариации, %;

$D_a$  – ожидаемая разница в показателях между группами по изучаемому признаку, %.

Эта формула лучше подходит для планирования опытов в молочном скотоводстве, разработана она профессором П. Я. Аранди в 1968 году. Воспользовавшись электронной таблицей, рассчитаем минимальное необходимое поголовье коров для получения достоверного результата с вероятностью 0,95. Коэффициент пересчета  $K$  при этом рекомендуется брать равным 3,29.

Например, если в опытах с молочным скотом удовлетворительно подобранные (по зоотехнической методике) группы имеют коэффициент вариации, равный 8 %, а ожидаемая разница между опытной и контрольной группами составляет 9 %, то подставляя названные величины в формулу, получим размер группы, которая состоит примерно из 17 коров:

$$n = 2 \cdot 3,29^2 \cdot (8^2 : 9^2) \approx 17.$$

Такого поголовья будет достаточно даже при планировании опыта по методу сбалансированных групп, и оно может быть значительно снижено (приблизительно на 30–40 %) при постановке методом пар-аналогов с индивидуальным учетом факторов кормления и содержания. В нашем случае можно снизить поголовье как минимум на 30 %, а это значит, что достаточно будет 12 голов ( $17 \cdot 0,7$ ).

С другой стороны, можно использовать приведенную выше закономерность и для расчета коэффициента изменчивости при заданном количестве пар и ожидаемой разницы между группами по результирующему признаку. Для этого удобно использовать процедуру **Подбор параметра**.

Если считать основным результатом опыта суточную продуктивность, то прежде всего необходимо ввести в основную расчетную таблицу фрагмент данных и расчетную формулу, как это показано на рис. 7 в строках 20–22.

Вызвать процедуру **Подбор параметра** можно через **Сервис – Подбор параметра**. В диалоговом окне, показанном на рис. 8, следует установить ссылку на ячейку с формулой (\$F\$22) и на ячейку, в которой будет изменяться значение (\$F\$21).

Затем вводим значение, соответствующее количеству животных в группе, и программа методом подбора определит ожидаемое различие, которое будет достоверным при заданной изменчивости удоя для 10 голов в группе.

Надо сказать, что при всех благоприятных условиях число животных в группе не может быть ниже 6–8, а в подгруппе – 3–4. В подавляющем большинстве случаев минимальным числом животных в группе следует считать 12.

Следует иметь в виду, что такие вычисления позволяют лишь ориентировочно определить величину группы. В каждом конкретном эксперименте необходимо учитывать всю сумму зоотехнических приемов и условий ведения опыта.

1	Кличка_номер	Удой
2	Красотка90-8326	18
3	Рифма788-7680	18
4	Муза2231-231	22
5	Тундра7592-8209	20
6	Графиня5684-8783	18
7	Милка2854-8359	22
8	Газета8253-7846	25
9	Лисица7394-825	16
10	Тулуза2451	20
11	Кубышка179-276	22
12		=МИН(F2:F11)
13		=МАКС(F2:F11)
14		=СРЗНАЧ(F2:F11)
15		=(F13-F12)/F14*100
16		=ABS(F14-M14)/F14*100
17		=СТАНДОТКЛОН(F2:F11)
18		=F17/F14*100
19		
20	Коэффициент (К)	3,29
21	Различие ожидаемое,%	8
22	Число животных	=ОКРУГЛВВЕРХ(2*F20*2*(D18^2/F21^2),0)

Рис. 7. Расчет минимального числа животных в группах

Рис. 8. Диалоговое окно процедуры Подбор параметра

### Индивидуальные задания

#### Интенсивность роста чистопородных и помесных животных

Возраст, мес.	Черно-пестрая (контроль- ная)	Черно-пестрая + Шароле (опытн. 1)	Черно-пестрая + Абердин-Ан- гус + Шароле (опытн. 2)	Черно-пестрая + Абердин-Ан- гус + Герефорд (опытн. 3)
Новорожденный	28,4	27,6	27,1	25,7
3	76	93,9	97	94,2
6	130	165,3	171,6	175,7
12	293	321	328,4	327,5
15	369,2	404,2	407	399
Среднесуточный прирост, г				
0 - 6				
6 - 12				
12 - 15				
X				
σ				
m				
td				

#### Продуктивность дочерей быка Навигатора 171 черно-пестрой породы

Пары	Лакта- ция по счету	Опытная группа			Контрольная группа		
		Удой за 305 дней, кг	Содер- жание жира в молоке, %	Количе- ство мо- лочного жира, кг	Удой за 305 дней, кг	Содер- жание жира в молоке, %	Количество молочного жира, кг
1	3	3250	3,60		3400	3,57	
2	3	3400	3,55		3350	3,50	
3	3	3450	3,65		3300	3,62	
4	3	3370	3,60		3320	3,65	
5	3	3800	3,58		3400	3,65	
6	3	3650	3,70		3350	3,60	

7	3	4010	3,70		3600	3,65	
8	3	3650	3,65		3300	3,70	
9	3	4000	3,60		3650	3,70	
10	3	3800	3,75		3500	3,55	
11	3	3900	3,68		3600	3,60	
12	3	3820	3,72		3650	3,70	
13	3	3750	3,75		3580	3,65	
14	3	3950	3,80		3600	3,70	
15	3	4100	3,65		3620	3,60	
16	3	4010	3,50		3650	3,62	
17	3	4080	3,55		3500	3,60	
18	3	3900	3,50		2480	3,48	
19	3	4000	3,62		3620	3,52	
20	3	4150	3,65		3600	3,62	
X							
σ							
m							
td							

При сдаче молока в килограммах на молочный завод или другие перерабатывающие предприятия зачет его хозяйству ведется в перерасчете на базисную жирность по формуле

$$M_6 = \frac{M_\phi \cdot Ж_\phi}{Ж_6},$$

где  $M_6$  – количество молока базисной жирности, кг;

$M_\phi$  – количество молока фактической жирности, кг;

$Ж_\phi$  – фактическая жирность молока, %;

$Ж_6$  – базисная жирность молока, %.

При сдаче молока в литрах перерасчет его на базисную жирность производят следующим образом:

$$M_6 = \frac{M_\phi \cdot Ж_\phi \cdot 1,030}{Ж_6},$$

где 1,030 – плотность молока.

#### Удой коров черно-пестрой породы за лактацию

Ме- сяцы лак- тации	Корова Ракета 50						Корова Интрига 28					
	Суточ- ный удой (кг), контр. дней ме- сяца			Удой за месяц, кг			Суточ- ный удой (кг), контр. дней ме- сяца			Удой за месяц, кг		
	5	15	25	при учете			5	15	25	при учете		
				ежеднев- ном	ежедекад- ном	ежемесяч- ном				ежеднев- ном	ежеде- кадном	ежеме- сячном
1	18	25	22	624			17	23	21	617		
2	20	22	25	666			25	19	17	595		
3	22	23	24	710			17	16	17	488		
4	25	20	21	680			15	13	14	430		
5	21	19	17	563			17	15	15	460		
6	17	19	15	524			14	15	12	391		
7	17	16	14	452			10	9	9	280		
8	13	13	13	382			6	7	5	194		

9	10	10	11	327			4	4	4	122		
10	10	10	8	280			3	-	-	22		
11	7	5	3	136			-	-		-		
Итого							Итого					
Разница, кг							Разница, кг					
Разница, %							Разница, %					

**Изменение удоя и жирности молока у коров черно-пестрой породы по месяцам лактации в зависимости от уровня продуктивности**

Месяц лактации	Высокопродуктивные коровы		Месяц лактации	Низкопродуктивные коровы	
	Удой, кг	Содержание жира, %		Удой, кг	Содержание жира, %
1	674	4,06	1	295	3,79
2	696	3,96	2	298	3,57
3	677	3,75	3	369	3,54
4	665	3,75	4	427	3,68
5	599	3,80	5	368	3,83
6	545	3,80	6	277	4,31
7	501	3,88	7	171	4,92
8	475	4,18	8	95	6,00
9	376	4,41	9	44	7,60
10	260	4,5	10	16	8,20
X					
σ					
m					
td					

Абсолютный прирост определяют за какой-то период времени (за месяц, за период откорма, стельности и т.д.) по формуле:  $X = W_t - W_o$ ,

где  $W_t$  - масса животного в конце контрольного периода, кг;

$W_o$  – масса животного в начале периода, кг.

Среднесуточный прирост ( $X_c$ ) устанавливают по формуле:  $X_c = \frac{W_t - W_o}{t}$ ,

где  $W_t - W_o$  – абсолютный прирост за контрольный период; кг;

$t$  – время, прошедшее между двумя взвешиваниями, сут.

Относительный прирост ( $K$ ), показывающий интенсивность роста или коэффициент напряженности роста, определяют в процентах по формуле:

$$K = \frac{W_t - W_o}{W_o} \quad \text{или} \quad K = \frac{\frac{W_t - W_o}{t}}{\frac{W_t + W_o}{2}} \cdot 100$$

**Изменение живой массы у телочек черно-пестрой породы при разном уровне кормления**

Возраст	Телочки, выращенные при повышенном уровне кормления	Телочки, выращенные при умеренном уровне кормления
---------	---	--

	Живая масса, кг	Абсолютный прирост, кг	Средне-суточный прирост, г	Относительный прирост, %	Живая масса, кг	Абсолютный прирост, кг	Средне-суточный прирост, г	Относительный прирост, %
При рождении	38,0				32,2			
1 мес.	61,1				47,3			
2 мес.	79,2				64,6			
3 мес.	102,9				83,0			
4 мес.	127,2				98,5			
5 мес.	149,7				110,7			
6 мес.	168,8				126,2			

### Изменение удоя коров в течение лактации

Месяц лактации										Удой за 305 дойных дней, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
13,5	13,5	12,5	11,6	10,7	9,8	8,9	7,8	6,6	5,1	3000
13,9	13,9	12,9	11,9	11,0	10,1	9,2	8,1	6,9	5,3	3100
14,4	14,4	13,3	12,3	11,3	10,4	9,5	8,4	7,1	5,5	3200
14,8	14,8	13,7	12,7	11,7	10,8	9,8	8,7	7,4	5,8	3300
15,2	15,2	14,1	13,1	12,0	11,1	10,1	8,9	7,6	6,0	3400
15,6	15,6	14,5	13,4	12,3	11,4	10,4	9,0	7,9	6,2	3500
16,0	16,0	14,9	13,8	12,7	11,7	10,7	9,5	8,2	6,5	3600
16,5	16,5	15,3	14,2	13,0	12,0	11,0	9,8	8,4	6,7	3700
16,9	16,9	15,7	14,5	13,4	12,3	11,3	10,0	8,7	6,9	3800
17,3	17,3	16,1	14,9	13,7	12,7	11,5	10,3	8,9	7,2	3900
17,8	17,8	16,5	15,3	14,1	13,0	11,8	10,6	9,2	7,4	4000
18,2	18,2	16,9	15,6	14,4	13,3	12,1	10,9	9,4	7,7	4100
18,6	18,6	17,3	16,0	14,8	13,6	12,4	11,1	9,7	7,9	4200
19,0	19,0	17,7	16,4	15,1	13,9	12,7	11,4	9,9	8,1	4300
19,5	19,5	18,1	16,7	15,4	14,2	13,0	11,7	10,2	8,4	4400
19,9	19,9	18,5	17,1	15,8	14,6	13,3	12,0	10,4	8,6	4500

### **2.3. Темы, выносимые на самостоятельное изучение**

1. Подготовка исходного материала для проведения зоотехнического эксперимента методами обособленных групп.
2. Обработка данных зоотехнического эксперимента, проведенного одним из методов обособленных групп.
3. Определение достоверности разности результирующего признака между контрольной и опытной группами по данным зоотехнического эксперимента.
4. Использование корреляционного метода для отыскания взаимосвязи между изучаемых в опытах признаков.
5. Регрессионный анализ экспериментальных данных.
6. Обобщение результатов математической обработки. Оформление отчета о научном исследовании.
7. Систематизация, анализ и оценка результатов опытов.
8. Составление текста описания предлагаемого изобретения.

### **3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

#### **3.1. Вопросы, выносимые на зачет**

1. Основные направления научных исследований, определяющих научно-технический прогресс в животноводстве
2. Методы и основные этапы проведения научно-исследовательской работы
3. Зоотехнический эксперимент (общие положения)
4. Зоотехнический эксперимент (основные методические приемы постановки зоотехнического эксперимента)
5. Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнического опыта
6. Опыты по переваримости кормов и обмену веществ
7. Систематизация, анализ и оценка результатов опытов
8. Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы
9. Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта
10. Основы изобретательства и патентоведения
11. Подготовка исходного материала для проведения зоотехнического эксперимента методами обособленных групп (пар-аналогов, сбалансированных групп-аналогов). Возможности использования электронных таблиц для выполнения задания и оценки качества подбора.
12. Статистическая обработка данных зоотехнического эксперимента, проведенного одним из методов обособленных групп. Использование стандартного программного обеспечения для решения данной задачи.
13. Определение достоверности разности средних между контрольной и опытной группами с использованием формул.
14. Определение достоверности разности средних между контрольной и опытной группами с использованием пакета анализа.
15. Использование корреляционного метода для отыскания взаимосвязей между изучаемыми в опыте признаками.
16. Регрессионный анализ экспериментальных данных.
17. Получение уравнения множественной линейной регрессии с помощью пакета анализа электронных таблиц.
18. Использование точечной диаграммы и тренда для получения уравнений нелинейной регрессии (степенной, полиномиальной, логарифмической, экспоненциальной) и величины достоверности аппроксимации.
19. Оценка достоверности выбранного механизма связи и определение степени его соответствия реальной биологической закономерности.
20. Обобщение результатов математической обработки данных эксперимента.
21. Извлечение выводов, выработка предложений производству, обоснование их надежности.

22. Оформление краткого отчета о проведенном исследовании, форматирование и вывод на печать

23. Составление текста описания предполагаемого изобретения.

### **3.2. Критерии оценки знаний по учебной дисциплине**

*ЗАЧТЕНО* (минимальные требования)

достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;

усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;

владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;

умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;

умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;

работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

*НЕЗАЧТЕНО*

знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;

слабое владение инструментарием учебной дисциплины, не компетентность в решении стандартных (типовых) задач;

неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;

пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры

исполнения заданий.

Либо:

фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;

знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;

неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;

пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры

исполнения заданий.

Либо:

отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

## 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1. Учебная программа учреждения высшего образования

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ  
РЕВОЛЮЦИИ И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**



Первый проректор академии  
\_\_\_\_\_ А. В. Колмыков

*30 сентября* 2020 г.

Регистрационный № УД-3-125-20/уч.

## **ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И БИОМЕТРИИ. УИРС**

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности  
1-74 03 01 Зоотехния  
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство

2020 г.

Учебная программа составлена в соответствии с образовательными стандартами высшего образования I ступени ОСВО – 1-74 03 01-2019 по специальности 1-74 03 01 «Зоотехния», ОСВО – 1-74 03 03-2019 по специальности 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство», типовыми учебными планами К74-1-007/пр-тип. от 12.07.2018 г., К-74-1-008/пр-тип. от 12.07.2018, учебными планами: С-03-31-18у от 27.09.2018 г., БД-74-03-12-20у от 30.01.2020 г., С 03-33-19у от 28.02.2020 г., БДс-74-03-12-20у от 29.01.2020 г., З-03-21-18у от 31.10.2018 г., БЗ-74-03-12-20у от 27.02.2020 г., З-03-22-19у от 27.03.2019 г., БЗс-74-03-12-20у от 21.02.2020 г. для специальности 1-74 03 01 «Зоотехния»; учебными планами: С-03-29-18у от 27.09.2018 г., БД-74-03-13-20у от 30.01.2020 г., З-03-20-18у от 31.10.2018 г., БЗ-74-03-13-20у от 27.02.2020 г. по специальности 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство».

#### **СОСТАВИТЕЛИ:**

**И. Б. Измайлович**, доцент кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**Е. В. Давыдович**, доцент кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

#### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**А. В. Соляник**, заведующий кафедрой свиноводства и мелкого животноводства учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

**А. Г. Марусич**, заведующий кафедрой крупного животноводства и переработки животноводческой продукции учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

#### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой кормления и разведения сельскохозяйственных животных учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 9 от 30.04.2020 г.);

Методической комиссией факультета биотехнологии и аквакультуры учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 10 от 22.06.2020 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 1 от 30.09.2020 г.).

Ответственный за редакцию: И. Б. Измайлович

Ответственный за выпуск: И. Б. Измайлович

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Современная подготовка зооинженера должна включать знания классических и новейших методов, применяемых в научных исследованиях, умение использовать те или иные из них в зависимости от сложности решаемой проблемы и реальных практических условий. Важную роль играет умение специалиста добывать самостоятельно новые знания путем проведения опытов на животных, поэтому специалист сельского хозяйства должен иметь необходимую научную подготовку, хорошо знать методику опытного дела.

*Цель дисциплины* – ознакомление студентов с методами научных исследований, применяемых в зоотехнических науках: частной зоотехнии, генетике, кормлении, разведении сельскохозяйственных животных, а также усвоение методов биометрической обработки зоотехнических данных.

В *задачи дисциплины* входит приобретение будущим зооинженером знаний по истории развития опытного дела в животноводстве, умения определять актуальность и четко формулировать задачи исследований, направленных на повышение эффективности современного производства, овладение наиболее часто применяемыми методиками научного исследования, развитие статистического мышления, позволяющего анализировать случайные и необходимые явления животноводческой практики, усвоение правил оценки и интерпретации полученных результатов, умения извлекать выводы и делать обоснованные предложения для внедрения результатов опытов в производство.

Кроме этого в задачи курса входит привитие навыков работы с персональным компьютером при решении многих задач, связанных с математическими и информационными методами подготовки и планирования эксперимента, обработки результативных и промежуточных материалов, а также ведения первичной документации и оформления отчетов.

Перед изучением курса следует пройти теоретическую подготовку по высшей математике, вычислительной технике и программированию, генетике с основами биометрии.

«Основы научных исследований и биометрии. УИРС» относится к циклу дисциплин компонента учреждения высшего образования, осваиваемых студентами специальности 1-74 03 01 Зоотехния и 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

В результате изучения учебной дисциплины студент специальности 1-74 03 01 Зоотехния должен закрепить и развить специализированную компетенцию (СК-8): быть способным разрабатывать методики исследований и проводить научно-хозяйственные опыты с использованием данных зоотехнического и племенного учета, а также фактических опытных данных, обработанных биометрически с целью повышения эффективности ведения отрасли; студент специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство должен закрепить и развить специализированную компетенцию (СК-7): быть способным применять современные методы научных исследований в области водных биоресурсов и аквакультуры.

Освоение дисциплины базируется на компетенциях, приобретенных ранее студентами при изучении дисциплин «Высшая математика», «Вычислительная техника и программирование», «Генетика с основами биометрии».

Учебная дисциплина изучается студентами очной и заочной формы получения образования по специальности 1-74 03 01 Зоотехния и 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

Для очной формы получения образования по специальности **1-74 03 01 Зоотехния (ССО)** – общее количество часов – 110. Аудиторных часов – 68, в т. ч. лекции 16 ч. и лабораторные занятия – 52 ч. Для самостоятельной работы отводится 42 ч. Учебная дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

По специальности **1-74 03 01 Зоотехния** – общее количество часов – 110. Аудиторных часов – 68, в т. ч. лекции 34 ч. и лабораторные занятия – 34 ч. Для самостоятельной работы отводится 42 ч. Учебная дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

По специальности **1-74 03 03 Промышленное рыбоводство** – общее количество часов – 136. Аудиторных часов – 68, в т. ч. лекции 34 ч. и лабораторные занятия – 34 ч. Для самостоятельной работы отводится 68 ч. Учебная дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Для заочной формы получения образования по специальности **1-74 03 01 Зоотехния (ССО)** – общее количество часов – 110. Аудиторных часов – 14, в т. ч. лекции 6 ч. и лабораторные занятия – 8 ч. Для самостоятельной работы отводится 96 ч. Учебная дисциплина изучается на 2 курсе.

По специальности **1-74 03 01 Зоотехния** – общее количество часов – 110. Аудиторных часов – 14, в т. ч. лекции 6 ч. и лабораторные занятия – 8 ч. Для самостоятельной работы отводится 96 ч. Учебная дисциплина изучается на 3 курсе.

По специальности **1-74 03 03 Промышленное рыбоводство** – общее количество часов – 136. Аудиторных часов – 14, в т. ч. лекции 6 ч. и лабораторные занятия – 8 ч. Для самостоятельной работы отводится 122 ч. Учебная дисциплина изучается на 3 курсе.

Рекомендуемая форма текущей аттестации – зачет.

## **2 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Раздел 1. Классификация методов научных исследований в зоотехнии**

#### **1.1 Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии**

Краткая история развития опытного дела. Вклад выдающихся ученых Республики Беларусь в развитие зоотехнической науки. Система научно-исследовательской работы в РБ. Основные направления зоотехнических исследований, определяющих научно-технический прогресс в животноводстве. Содержание курса, методы изучения, связь с другими дисциплинами.

Научные методы исследований в зоотехнии:

а) наблюдение, обследование, историческое сравнение, логический метод: понятие, выбор объекта, определение цели, описание, выводы; фиксация результатов наблюдения;

б) эксперимент (опыт): понятие, особенности и виды зоотехнических опытов: физиологические (научные), научно-хозяйственные, хозяйственные (производственные).

Планирование экспериментальных исследований, стадии процесса научного исследования: выбор темы и постановка задачи, сбор информации, выработка первоначальной гипотезы; теоретическое исследование; разработка и утверждение методики эксперимента; сопоставление результатов теоретической и экспериментальной деятельности, обработка экспериментальных данных; выводы; подготовка к внедрению в производство.

## **Раздел 2. Методы постановки зоотехнических экспериментов**

### **2.1 Методы постановки зоотехнических опытов**

Периодический и групповой методы постановки опытов: сущность, достоинства и недостатки.

Разновидности группового метода: пар-аналогов, групп-аналогов, однойцевых двоек, миниатюрного стада, интегральных групп.

Комбинированные методы: групп-периодов, параллельных групп-периодов, групп-периодов с обратным замещением, латинского квадрата.

Разработка методики и схемы проведения опыта. Организация и проведение опытов на крупном рогатом скоте. Проведение научно-хозяйственных опытов на свиньях и овцах. Особенности проведения опытов на промышленных комплексах. Методические положения при проведении опытов на птице. Особенности опытов по разведению сельскохозяйственных животных.

### **2.2 Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов**

Требования к хозяйствам, в которых проводятся опыты. Определение объема опыта (числа животных в группах). Повторность и продолжительность опытов. Размещение и содержание подопытных животных. Организация учета кормов. Контроль над ростом и развитием животных. Учет показателей продуктивности (молочной, мясной, шерстной, яичной), показателей воспроизводства. Определение физиологических и биохимических показателей. Правила ведения первичных записей и документации по опытам. Техника безопасности при проведении опытов.

### **2.3 Опыты по переваримости кормов и обмену веществ**

Общая схема опытов по изучению переваримости кормов и обмену веществ. Техника постановки данных опытов: комплектование групп, продолжительность опытов, учет и анализ кормов и выделений, порядок расчетов.

## **2.4 Предмет и основные понятия биометрии**

Предмет биометрии, единицы наблюдения, статистическая совокупность, статистический комплекс. Признаки и их свойства. Классификация признаков. Варьирование результатов наблюдений. Формы учета результатов. Точность измерений. Действия над приближенными числами. Способы группировки первичных данных.

## **2.5 Описательная статистика. Средние величины**

Группы показателей для характеристики вариационных рядов. Мода и медиана. Средняя арифметическая и ее свойства. Значение средней арифметической и ее сущность. Измерение вариации. Варианса и среднее квадратическое отклонение.

## **2.6 Статистическая гипотеза. Репрезентативность выборочных показателей**

Оценка достоверности статистических показателей. Нулевая гипотеза. Оценка достоверности разницы между средними арифметическими двух выборочных совокупностей.

## **2.7 Основы дисперсионного анализа**

Сущность и метод дисперсионного анализа. Критерий F–отношение дисперсий. Заключение о равенстве  $\mu$ . Дисперсионный анализ случайных выборок из двух или большего числа совокупностей. Дисперсионный анализ с классификацией по двум признакам.

## **2.8 Корреляционный анализ**

Понятие о корреляции. Коэффициент корреляции. Ошибка коэффициента корреляции. Достоверность выборочного коэффициента корреляции. Доверительные границы коэффициента корреляции.

## **2.9 Регрессионный анализ**

Многообразие методов изучения связи. Коэффициент прямолинейной регрессии.

## **2.10 Математический анализ опытных данных**

Значение математического анализа в опытной работе. Определение средних значений и показателей изменчивости изучаемого признака: средняя арифметическая, взвешенная, средняя гармоническая, лимиты, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, нормированное отклонение, ошибка средней арифметической.

Определение достоверности опытных данных. Экономическая оценка результатов эксперимента.

Возможности применения ЭВМ в обработке и анализе экспериментальных данных, алгоритмы основных математических методов в биологии, способы

описания алгоритмов посредством языков программирования высокого уровня.

### **2.11 Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы**

Оформление научной работы, ее формы.

Методика выполнения и написания дипломной работы (архитектоника, характеристика отдельных разделов).

### **2.12 Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта**

Научно-исследовательская работа студентов.

Подготовка лекций и докладов студентов по пропаганде и внедрению передового опыта.

Понятие плана мероприятий по внедрению в производства достижений науки. Особенности реализации научных разработок в условиях рыночной экономики.

Система ведения научно-хозяйственной работы по животноводству.

### **2.13 Основы изобретательства и патентования**

Понятие о патентоведении, патентах. Сущность понятий: открытие, изобретение, полезная модель, рационализаторское предложение, промышленный образец и товарный знак.

Патентно-лицензионное дело: составление заявки и формулы изобретения, проведение экспертизы, лицензионные договоры, патентные исследования.

### Раздел 3. Учебно-исследовательская работа студентов

Учебно-исследовательская работа студентов проводится индивидуально и под руководством дипломного руководителя.

### 3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы научных исследований и биометрии. УИРС»

Форма получения образования: очная  
по специальности 1-74 03 01 Зоотехния

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего аудиторных	в том числе		СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Лабор.		
<b>1</b>	<b>Классификация методов научных исследований в зоотехнии</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
1.1	Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии	4	2	2	2	устный опрос
<b>2</b>	<b>Методы постановки зоотехнических экспериментов</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	
2.1	Методы постановки зоотехнических опытов	6	4	2	4	Защита индивидуальных заданий
2.2	Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов	2	2	-	2	
2.3	Опыты по переваримости кормов и обмену веществ	2	2	-	2	
2.4	Предмет и основные понятия биометрии	6	6	-	4	
2.5	Описательная статистика. Средние величины	6	2	4	6	
2.6	Статистическая гипотеза. Репрезентативность выборочных показателей	8	2	6	4	
2.7	Основы дисперсионного анализа	6	2	4	4	
2.8	Корреляционный анализ	6	2	4	4	
2.9	Регрессионный анализ	6	2	4	2	
2.10	Математический анализ опытных данных	6	2	4	4	
2.11	Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы	4	2	2	2	
2.12	Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта	4	2	2	2	
2.13	Основы изобретательства и патентоведения	2	2	-	2	
3.	УИРС	5			5	
<b>И Т О Г О:</b>		<b>73</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>47</b>	<b>зачет</b>

### 3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы научных исследований и биометрии. УИРС»

Форма получения образования: очная  
по специальности 1-74 03 01 Зоотехния (ССО)

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего аудиторных	в том числе		СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Лабор.		
<b>1</b>	<b>Классификация методов научных исследований в зоотехнии</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
1.1	Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии	4	2	2	2	устный опрос
<b>2</b>	<b>Методы постановки зоотехнических экспериментов</b>	<b>64</b>	<b>14</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	
2.1	Методы постановки зоотехнических опытов	6	2	4	4	Защита индивидуальных заданий
2.2	Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов	2	-	2	2	
2.3	Опыты по переваримости кормов и обмену веществ	2	-	2	2	
2.4	Предмет и основные понятия биометрии	6	2	4	4	
2.5	Описательная статистика. Средние величины	6	2	4	6	
2.6	Статистическая гипотеза. Репрезентативность выборочных показателей	8	2	6	4	
2.7	Основы дисперсионного анализа	6	2	4	4	
2.8	Корреляционный анализ	6	2	4	4	
2.9	Регрессионный анализ	6	2	4	2	
2.10	Математический анализ опытных данных	6	-	6	4	
2.11	Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы	4	-	4	2	
2.12	Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта	4	-	4	2	
2.13	Основы изобретательства и патентования	2	-	2	2	
3.	УИРС	5			5	
<b>ИТОГО:</b>		<b>73</b>	<b>16</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>зачет</b>

### 3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы научных исследований и биометрии. УИРС»

Форма получения образования: очная  
по специальности

1-74 03 03 Промышленное рыбоводство

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего аудиторных	в том числе		СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Лабор.		
<b>1</b>	<b>Классификация методов научных исследований в зоотехнии</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	
1.1	Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии	4	2	2	4	устный опрос
<b>2</b>	<b>Методы постановки зоотехнических экспериментов</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	
2.1	Методы постановки зоотехнических опытов	6	4	2	4	Защита индивидуальных заданий
2.2	Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов	2	2	-	2	
2.3	Опыты по переваримости кормов и обмену веществ	2	2	-	2	
2.4	Предмет и основные понятия биометрии	6	6	-	6	
2.5	Описательная статистика. Средние величины	6	2	4	8	
2.6	Статистическая гипотеза. Репрезентативность выборочных показателей	8	2	6	6	
2.7	Основы дисперсионного анализа	6	2	4	6	
2.8	Корреляционный анализ	6	2	4	6	
2.9	Регрессионный анализ	6	2	4	6	
2.10	Математический анализ опытных данных	6	2	4	6	
2.11	Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы	4	2	2	4	
2.12	Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта	4	2	2	4	
2.13	Основы изобретательства и патентования	2	2	-	4	
3.	УИРС	5			5	
<b>ИТОГО:</b>		<b>73</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>73</b>	<b>зачет</b>

### 3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы научных исследований и биометрии. УИРС»

Форма получения образования: заочная  
по специальности 1-74 03 01 Зоотехния

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего ауди-торных	в том числе		СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Лабор.		
<b>1</b>	<b>Классификация методов научных исследований в зоотехнии</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	
1.1	Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии	1	1	-	6	устный опрос
<b>2</b>	<b>Методы постановки зоотехнических экспериментов</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>90</b>	
2.1	Методы постановки зоотехнических опытов	1	-	1	6	Защита индивидуальных заданий
2.2	Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов	1	-	1	6	
2.3	Опыты по переваримости кормов и обмену веществ	1	-	1	6	
2.4	Предмет и основные понятия биометрии	1	0,5	0,5	6	
2.5	Описательная статистика. Средние величины	2	0,5	1,5	8	
2.6	Статистическая гипотеза. Репрезентативность выборочных показателей	1	0,5	0,5	8	
2.7	Основы дисперсионного анализа	1	0,5	0,5	10	
2.8	Корреляционный анализ	1	0,5	0,5	10	
2.9	Регрессионный анализ	1	0,5	0,5	10	
2.10	Математический анализ опытных данных	1,5	0,5	1	8	
2.11	Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы	0,5	0,5	-	6	
2.12	Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта	0,5	0,5	-	6	
2.13	Основы изобретательства и патентоведения	0,5	0,5	-	6	
3.	УИРС	5			5	
<b>ИТОГО:</b>		<b>19</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>101</b>	<b>зачет</b>

### 3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы научных исследований и биометрии. УИРС»

Форма получения образования: заочная  
по специальности 1-74 03 01 Зоотехния (ССО)

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего ауди-торных	в том числе		СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Лабор.		
<b>1</b>	<b>Классификация методов научных исследований в зоотехнии</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	
1.1	Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии	1	1	-	6	устный опрос
<b>2</b>	<b>Методы постановки зоотехнических экспериментов</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>90</b>	
2.1	Методы постановки зоотехнических опытов	1	-	1	6	Защита индивидуальных заданий
2.2	Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов	1	-	1	6	
2.3	Опыты по переваримости кормов и обмену веществ	1	-	1	6	
2.4	Предмет и основные понятия биометрии	1	0,5	0,5	6	
2.5	Описательная статистика. Средние величины	2	0,5	1,5	8	
2.6	Статистическая гипотеза. Репрезентативность выборочных показателей	1	0,5	0,5	8	
2.7	Основы дисперсионного анализа	1	0,5	0,5	10	
2.8	Корреляционный анализ	1	0,5	0,5	10	
2.9	Регрессионный анализ	1	0,5	0,5	10	
2.10	Математический анализ опытных данных	1,5	0,5	1	8	
2.11	Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы	0,5	0,5	-	6	
2.12	Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта	0,5	0,5	-	6	
2.13	Основы изобретательства и патентования	0,5	0,5	-	6	
3.	УИРС	5			5	
<b>ИТОГО:</b>		<b>19</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>101</b>	<b>зачет</b>

### 3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы научных исследований и биометрии. УИРС»

Форма получения образования: заочная

по специальности

1-74 03 03 Промышленное рыбоводство

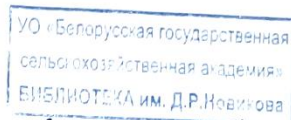
№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего аудиторных	в том числе		СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Лабор.		
<b>1</b>	<b>Классификация методов научных исследований в зоотехнии</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	
1.1	Введение. Классификация методов научных исследований в зоотехнии	1	1	-	6	устный опрос
<b>2</b>	<b>Методы постановки зоотехнических экспериментов</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>116</b>	
2.1	Методы постановки зоотехнических опытов	1	-	1	10	Защита индивидуальных заданий
2.2	Условия, обеспечивающие достоверность постановки зоотехнических опытов	1	-	1	10	
2.3	Опыты по переваримости кормов и обмену веществ	1	-	1	8	
2.4	Предмет и основные понятия биометрии	1	0,5	0,5	10	
2.5	Описательная статистика. Средние величины	2	0,5	1,5	10	
2.6	Статистическая гипотеза. Репрезентативность выборочных показателей	1	0,5	0,5	10	
2.7	Основы дисперсионного анализа	1	0,5	0,5	10	
2.8	Корреляционный анализ	1	0,5	0,5	10	
2.9	Регрессионный анализ	1	0,5	0,5	10	
2.10	Математический анализ опытных данных	1,5	0,5	1	10	
2.11	Литературное оформление научной работы и написание дипломной работы	0,5	0,5	-	8	
2.12	Пропаганда и внедрение в производство научных достижений и передового опыта	0,5	0,5	-	8	
2.13	Основы изобретательства и патентования	0,5	0,5	-	8	
3.	УИРС	5			5	
<b>ИТОГО:</b>		<b>19</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>127</b>	<b>зачет</b>

## 4 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Литература

#### Основная

1. Викторов, П. И. Методика и организация зоотехнических опытов / П. И. Викторов, В. К. Менькин. – М.: Агропромиздат, 1991.
2. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. М.: Колос, 1976.
3. Шацкий, А. Д. Генетика с основами биометрии / А. Д. Шацкий, М. А. Шацкий. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 303 с.



#### Дополнительная

1. Давыдович, Е. В. Генетика с основами биометрии. Генетико-статистические методы биометрии / Е. В. Давыдович, Т. В. Павлова. – Горки : БГСХА. – 2014. – Ч. 1. – 2014. – 55 с.
2. Давыдович, Е. В. Генетика с основами биометрии. Измерение связи между количественными признаками / Е. В. Давыдович, Т. В. Павлова. – Горки : БГСХА. – 2014. – Ч. 2. – 2014. – 54 с.
3. Закон Республики Беларусь О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы // Народная газета (21.01.2003 г.). Минск, 2003. С. 5–6.
4. Макарова, Н. В. Статистика в Excel / Н. В. Макарова, В. Я. Трофимец – М. : Финансы и статистика, 2002.
5. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных / Е. К. Меркурьева. – М.: Колос, 1970.
6. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – М.: МГУ, 1970. – 368 с.

### 4.2 Перечень рекомендуемых средств диагностики компетенций

Для оценки учебных достижений студентов используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по изучаемым темам;
- полнота изучения и (или) освоения рассматриваемых на лабораторных занятиях методов, способов управления качеством кормовых ресурсов;
- сдача зачета по дисциплине.

### 4.3 Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При организации самостоятельной работы студентов по данной учебной дисциплине, кроме изучения лекционных материалов (включая электронные и бумажные тексты лекций), учебников, учебно-методических пособий, реализуются следующие формы самостоятельной работы:

✓ выполнение индивидуальных расчетных заданий с консультациями преподавателя на персональных компьютерах;

✓ ознакомление с научной и научно-популярной литературой.

При изучении учебной дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

✓ самостоятельная работа в виде изучения и (или) освоения различных методов и способов под контролем преподавателя во время проведения лабораторных занятий в соответствии с расписанием;

✓ самостоятельная работа, в том числе и освоение не внесенных в тематический план лабораторных занятий отдельных вопросов, положений с консультациями преподавателя;

✓ подготовка к сдаче зачета после завершения изучения курса с использованием основных и дополнительных источников литературы.

### ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) <sup>1</sup>
1. Разведение сельскохозяйственных животных	Кормления и разведения сельскохозяйственных животных	Согласовано	Протокол №8 от 30.04.2020 г.
2. Кормление сельскохозяйственных животных			Протокол №8 от 30.04.2020 г.
3. Общее животноводство			Протокол №8 от 30.04.2020 г.

### ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на 2023/2024 учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
1.	Дополнений и изменений нет	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных (протокол № 1 от 01.09.2023 г.)

Заведующий кафедрой

доктор с.-х. наук, профессор

(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

И.С. Серяков

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

кандидат с.-х. наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

А.И. Портной

(И.О.Фамилия)

## 4.2. Список учебно-методической литературы

1. Викторов, П. И. Методика и организация зоотехнических опытов / П. И. Викторов, В.К. Менькин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 112 с.
2. Шацкий, А. Д. Генетика с основами биометрии / А. Д. Шацкий, М. А. Шацкий. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 303 с.
3. Пахомов, И. Я. Основы научных исследований в животноводстве и патентоведения: учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений по специальности 1–74 03 01 «Зоотехния» / И. Я. Пахомов, Н.П. Разумовский. – Витебск: УО ВГАВМ, 2007. – 113 с.
4. Бакай, А. В. Биометрические методы анализа качественных и количественных признаков / А. В. Бакай, И. И. Кочиш, Г. Г. Скрипниченко // Генетика. – Москва : КолосС, 2006. – С. 176–227.
5. Давыдович, Е. В. Генетика с основами биометрии. Генетико-статистические методы биометрии / Е. В. Давыдович, Т. В. Павлова. – Горки : БГСХА. – 2014. – Ч. 1. – 2014. – 55 с.
6. Давыдович, Е. В. Генетика с основами биометрии. Измерение связи между количественными признаками / Е. В. Давыдович, Т. В. Павлова. – Горки : БГСХА. – 2014. – Ч. 2. – 2014. – 54 с.
7. Закон Республики Беларусь О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы // Народная газета (21.01.2003 г.). Минск, 2003. С. 5–6.
8. Шаров, М. А. Современные методы исследования / М. А. Шаров. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2019. – 86 с.
9. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – М.: МГУ, 1970. – 368 с.
10. Макарова, Н. В. Статистика в Excel / Макарова, Н. В., Трофимец В. Я. – М. : Финансы и статистика, 2002.
11. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. М.: Колос, 1976. – 304 с.
12. Мацукевич, В. В. Основы управления интеллектуальной собственностью: учебное пособие / В. В. Мацукевич, Л. П. Матющев. – Минск: Высшая школа, 2010. – 224 с.

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебно-методический комплекс дисциплины «Основы научных исследований и биометрии» по специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» и специализации 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство»

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы научных исследований и биометрии» для студентов специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» и специализации 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство» составлен в соответствии с требованиями «Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования», утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.07.2011 г., № 167.

Рецензируемый учебно-методический комплекс включает в себя следующие разделы: теоретический, практический, вспомогательный, контроль знаний. В теоретический раздел входят учебное пособие, курс лекций. Практический раздел содержит материалы для проведения лабораторно-практических занятий, а именно: методические указания в двух частях и индивидуальные задания для студентов. Вспомогательный раздел состоит из учебных (рабочих и базовой) программ, календарно-тематических планов и других информационно-аналитических материалов по данной дисциплине. Контроль знаний студентов осуществляется с помощью текущего опроса (проверки индивидуальных заданий) и вопросов к зачету.

Учебная программа соответствует государственному образовательному стандарту, а также «Порядку разработки и утверждения учебных программ и программ практики для реализации содержания образовательных программ высшего образования первой степени», утвержденного 27.05.2013 г. № 405 Министром образования Республики Беларусь и Кодексу Республики Беларусь об образовании от 13.01.2011 г.

Учебная программа содержит все необходимые разделы и включает в себя пояснительную записку, содержание учебного материала, учебно-методическую карту, информационно-методическую часть, протокол согласования учебной программы по изучаемой учебной дисциплине с другими дисциплинами специальности, дополнения и изменения к учебной программе по изучаемой дисциплине.

Данный учебно-методический комплекс содержит методические указания, которые обеспечивают возможность получения и усвоения слушателями курса теоретических и практического знаний материала. Лекционный материал представлен не только конспектом, но и в мультимедийном виде, что способствует лучшему восприятию и запоминанию материала.

Текущий опрос, индивидуальные задания и вопросы к зачету обеспечивают объективную оценку полученных знаний слушателей курса.

В связи с этим, представленный учебно-методический комплекс дисциплины «Основы научных исследований и биометрии» для студентов специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» и специализации 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство» соответствует предъявляемым требованиям «Положения об

В связи с этим, представленный учебно-методический комплекс дисциплины «Основы научных исследований и УИРС» для студентов специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» и специализации 1-74 03 01 02 – «Промышленное рыбоводство» соответствует предъявляемым требованиям «Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования», утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.07.2011 г., № 167, и способствует повышению качества освоения образовательной программы первой ступени высшего образования по выше указанным специальностям.

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы научных исследований и УИРС» может эффективно использоваться в учебном процессе.

**Рецензент:**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
заведующий опытно-экспериментальной  
научно-производственной лабораторией  
кормовых добавок и биопродуктов  
РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси  
по животноводству»

А.И. Козинец

Подпись Козинца А.И. заверяю:

Ученый секретарь РУП «Научно-практический  
центр Национальной академии наук Беларуси  
по животноводству»



М.Г. Залесская

## РЕЦЕНЗИЯ

**на учебно-методический комплекс дисциплины «Основы научных исследований и биометрии» по специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» и специализации 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство»**

Рецензируемый учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы научных исследований и биометрии» для студентов специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» и специализации 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство» составлен в соответствии с требованиями «Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования», утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.07.2011 г., № 167.

Учебно-методический комплекс состоит из следующих разделов: теоретический, практический, контроль знаний и вспомогательный.

В теоретический раздел входят учебное пособие, курс лекций, включая мультимедийный вариант.

В практический раздел включены материалы для проведения лабораторно-практических занятий, т. е. методические указания в двух частях и индивидуальные задания для студентов.

Вспомогательный раздел состоит из учебных (рабочих и базовой) программ и других информационно-аналитических материалов по дисциплине «Основы научных исследований и биометрии».

Контроль знаний студентов осуществляется с помощью текущего опроса (проверки индивидуальных заданий) и вопросов к зачету.

Учебная программа по дисциплине соответствует государственному образовательному стандарту, а также «Порядку разработки и утверждения учебных программ и программ практики для реализации содержания образовательных программ высшего образования первой ступени», и содержит все необходимые разделы: пояснительную записку, содержание учебного материала, учебно-методическую карту, информационно-методическую часть, протокол согласования учебной программы по изучаемой учебной дисциплине с другими дисциплинами специальности, дополнения и изменения к учебной программе по изучаемой дисциплине.

Рецензируемый учебно-методический комплекс содержит методические указания в двух частях, обеспечивающие формирование теоретических и практических знаний слушателей курса. Лекционный материал, представленный в мультимедийном виде, несомненно, облегчает восприятие материала и способствует лучшему запоминанию курса.

Текущий опрос, индивидуальные задания и вопросы к зачету обеспечивают объективную оценку полученных знаний студентов.

учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования», утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.07.2011 г., № 167, и способствует повышению качества освоения образовательной программы первой ступени высшего образования по выше указанным специальностям.

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы научных исследований и УИРС» может эффективно использоваться в учебном процессе.

*Судотока № 4 от 21.12.2020 г.*

**Рецензент:**

кандидат с.-х. наук, доцент  
каф. экономики и организации  
сельскохозяйственного производства  
УО «ВГАВМ»

В.В. Букас

