

На правах рукописи

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр биологических систем и  
агротехнологий Российской академии наук»  
(ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.В.ДВ.02.01 Лабораторные методы исследований в животноводстве»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

36.04.02 ЗООТЕХНИЯ

(код и наименование направления подготовки)

Питание сельскохозяйственных животных и кормопроизводство  
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. проф. С.Г. Леушина  
Протокол № 1 от «10» января 2020 г.  
Зав. отделом, д.б.н. Г.К. Дускаев

Оренбург 2020

**Лабораторные методы исследований в животноводстве:** метод. указания по выполнению лабораторных работ и практических занятий для магистров направления подготовки 36.04.02 Зоотехния /Сост.: Т.Н. Холодилина // ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. – Оренбург, 2020 – 48 с.

Методические указания по выполнению лабораторных работ и практических занятий составлены в соответствии с программой дисциплины и предназначены для студентов направления подготовки 36.04.02 Зоотехния. Методические указания содержат краткое описание выполнения лабораторных работ и практических занятий по лабораторным методам исследований в животноводстве.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |                         |    |
|---|-------------------------|----|
| 1 | ВВЕДЕНИЕ                | 4  |
| 2 | ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ    | 6  |
| 3 | ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 | 20 |
| 4 | ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 | 27 |

## ВВЕДЕНИЕ

Главная цель зоотехнических исследований – изыскать факторы, повышающие продуктивные качества животных. Для этого предложено более 10 методов постановки опытов. Но главными из них являются периодический и групповой. Остальные представляют собой разновидности группового метода или комбинированные: сочетание периодического и группового.

Дисциплина «Б1.В.ДВ.02.01 Лабораторные методы исследований в животноводстве» направление подготовки 36.04.02 ЗООТЕХНИЯ, ориентирована на формирование у студентов системы знаний, умений и навыков по вопросам исследований в области сельскохозяйственных животных.

**Целью освоения дисциплины являются у будущих магистров:**

- формирование теоретических, практических знаний и умений по лабораторным методам исследования в области зоотехнии с целью достоверного проведения научных исследований и их научного обоснования.

**Основные задачи по изучению дисциплины:**

- формирование у обучающихся навыков и умений проведения лабораторных исследований с использованием современного оборудования, и технологий;

- формирование научной культуры при планировании экспериментальной лабораторной работы, освоение основных этапов постановки исследований и оформлению научной продукции.

По этой дисциплине студент должен выполнить лабораторные работы и практические занятия.

В результате по дисциплине «Б1.В.ДВ.02.01 Лабораторные методы исследований в животноводстве» студент должен

**Знать:**

- особенности технологии специализированной отрасли, хозяйственно-биологические особенности основных пород скота, метода их содержания, кормления, кормоприготовление;

- организационные приемы проведения технологических процессов в отрасли, основные направления и методы научных исследований при разработке новых технологий;

- современные методы исследований в области животноводства;

**Владеть:**

- рациональными приемами эксплуатации технологического оборудования, используемого в отрасли, технологическими приемами производства животноводческой продукции в специализированных хозяйствах, приемами работы на технологическом оборудовании;

- навыками проведения научных исследований;

**Уметь:**

- организовывать технологический процесс по производству животноводческой продукции, использовать научные достижения в производственной деятельности;

- составлять перспективные планы увеличения производства животноводческой продукции с учетом современных требований рынка, использовать современную профессиональную методологию для проведения эксперимента;

- анализировать научно-техническую информацию и результаты исследований;

При изучении методов исследований формируются следующие **компетенции:**

ОПК-4 – Способен использовать в профессиональной деятельности методы решения задач с использованием современного оборудования при разработке новых технологий и использовать современную профессиональную методологию для проведения экспериментальных исследований и интерпретации их результатов.

ПК-3 – Способен применять современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТАНОВКИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ОПЫТОВ. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ОПЫТА. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ (2 ЧАСА)

**Цель работы:** усвоить материал по разработки и постановки лабораторных опытов.

**Задачи работы:**

1. Выбор и обоснование темы эксперимента
2. Сбор материала по теме эксперимента
3. Разработка методики и схемы проведения опыта
4. Организация проведения научно-хозяйственных опытов на крупном рогатом скоте
5. Научно-производственные опыты со свиньями
6. Особенности проведения опытов на промышленных комплексах
7. Производственная проверка результатов зоотехнических опытов

**Перечень приборов, материалов, используемых на практическом занятии:** видеофильмы, слайды.

**Описание работы:**

#### **1. Выбор и обоснование темы эксперимента**

Каждому зоотехническому эксперименту предшествует подготовительная работа, которая проводится поэтапно и включает следующие основные разделы: выбор и обоснование темы эксперимента, сбор и анализ научной информации, написание обзора литературы, разработка методики работы и схемы проведения опыта.

Тема исследований должна быть научно обоснована и направлена на решение теоретических или практических вопросов. В животноводстве экспериментальные работы нередко рассматривают одновременно как теоретические, так и практические вопросы.

Для обоснования темы исследований необходимо провести сбор и анализ научной информации по данному вопросу или проблеме. Основными источниками научной информации служат монографии, научные статьи в журналах, сборниках, тезисы и материалы конференций, симпозиумов, авторефераты и диссертации, отчеты научных учреждений. При сборе информации необходимо использовать научные работы отечественных и зарубежных авторов, опубликованные в последние 10 лет. При сборе материала в зависимости от темы исследований могут быть использованы работы, которые были выполнены в более ранние годы. Чаще всего это относится к классическим и фундаментальным работам. Подбор литературы следует проводить только по вопросам, связанным с планируемой темой исследований.

#### **2. Сбор материала по теме эксперимента**

Его целесообразнее начинать с просмотра реферативных журналов по животноводству, ветеринарии, биологии; а в ряде случаев и по растениеводству. Получить информацию об интересующей литературе можно при просмотре соответствующей картотеки в библиотеке.

Подобренные научные работы по теме исследований необходимо законспектировать. Основные результаты исследований следует заносить в специальную карточку. При конспектировании научных работ указывают фамилию и инициалы автора, название работы, где она опубликована (монография, сборник, название и номер журнала и т. п.), издательство, год издания, страницы. Затем следует краткое изложение основных результатов работы.

После того как проведен сбор научной информации, приступают к написанию обзора литературы, где в краткой форме излагают основные результаты, полученные по данной теме, и указывают, какие вопросы недостаточно разработаны.

### **3. Разработка методики и схемы проведения опыта**

Необходимо особое внимание обращать на вопросы, которые недостаточно изучены, т. е. показать новизну исследований.

В методике работы дается краткая характеристика состояния изучаемого вопроса, указывается и обосновывается необходимость проведения данного исследования, его новизна, ставятся цели и задачи опыта. Цели и задачи исследования должны быть сформулированы кратко и раскрывать существо работы. Указывается место (область, район, хозяйство), продолжительность и сроки проведения эксперимента, дается подробная характеристика подопытных животных (пол, порода, возраст, живая масса, продуктивность, физиологическое состояние и т. д.), методы формирования групп животных, условия их кормления и содержания.

Схема опыта должна быть представлена в виде таблицы или рисунка, указывать количество групп, число животных в каждой группе и основные изучаемые показатели и четко характеризовать существо работы.

В зоотехнических опытах применяются различные методы исследований, а в методике указываются конкретные способы и сроки проведения тех или иных анализов, сроки проведения обменных опытов, определяются учитываемые показатели исследований, приводится смета расходов и список необходимых материалов для проведения опыта, учитываются предполагаемые результаты, их экономическая эффективность. Методика эксперимента должна быть обсуждена и одобрена специалистами.

Перед началом эксперимента должен быть подобран и обучен обслуживающий персонал. Работу обслуживающего персонала организуют по определенному распорядку.

Успех эксперимента во многом зависит от организации проведения опыта. Подготовка эксперимента начинается с выбора хозяйства. При этом особое внимание обращают на ветеринарное состояние животноводства. Нельзя проводить зоотехнические опыты в хозяйствах, неблагополучных по инфекционным и инвазионным заболеваниям.

Хозяйство, выбранное для проведения экспериментальных работ, должно быть обеспечено кадрами, животноводческими помещениями, иметь прочную кормовую базу и высокий уровень продуктивности животных.

Отбор животных начинают с анализа документов первичного учета (бонитировочных ведомостей, журналов контрольных доек, учета приростов живой массы, воспроизводства). После подбора животных по документам приступают к непосредственному осмотру животных. В этот период проверяют наличие индивидуального номера у каждого животного. В случаях, когда номера трудно рассматриваются, для облегчения работы в дальнейшем можно использовать ошейники с хорошо просматриваемыми номерами. У птиц в этот период ставят крылометки с соответствующими номерами или проводят кольцевание.

Затем приступают к формированию групп животных. Перед началом опыта всех животных взвешивают. Крупный рогатый скот, лошадей и взрослых свиней взвешивают два дня подряд перед утренним кормлением и по результатам выводят среднее значение.

При формировании групп обращают внимание на состояние здоровья, упитанность, экстерьер и др.

В физиологических опытах при формировании групп крупного рогатого скота чаще всего применяют метод пар-аналогов. Желательно в группы наряду с животными-аналогами (по возрасту, живой массе, уровню продуктивности, физиологическому состоянию) включать в эксперимент однояйцовых двоен, что будет способствовать повышению надежности результатов опыта.

В физиологических опытах на лошадях наиболее часто используют метод пар-аналогов. В опытные и контрольные группы включают животных, как правило, одной породы, возраста, живой массы. По происхождению желательно иметь полубратьев или полусестер.

В свиноводстве для физиологических опытов используют однопометных братьев или сестер.

При проведении физиологических опытов в овцеводстве имеется возможность использовать однопометных братьев или сестер в том случае, если в эксперименте планируется иметь две группы животных.

В птицеводстве обычно используют птицу известного происхождения.

В кролиководстве и пушном звероводстве для физиологических опытов отбирают животных из одного гнезда.

В физиологических опытах на крупном рогатом скоте животных содержат индивидуально на привязи, а мелкий рогатый скот - в индивидуальных клетках. Кормление животных и учет кормов проводят индивидуально. Количество животных в физиологических опытах ограничено и составляет 3-5 голов, поэтому особое внимание должно быть обращено на тщательность отбора пар-аналогов в группы.

При предварительном отборе в каждую группу включают 6-8 голов, а затем оставляют только аналогов. В период формирования групп для физиологических опытов следует провести анализ крови животных и для эксперимента оставлять только тех особей, которые имеют сходные показатели состава крови. Животных, имеющих значительные отклонения в биохимических показателях крови, в эксперимент не включают и при необходимости заменяют другими. При проведении опытов на животных необходимо руководствоваться установленными для каждого вида животных методическими положениями. Например, при проведении опытов на сельскохозяйственной птице необходимо соблюдать требования, приведенные ниже.

1. Выбор метода. Опыты на взрослой птице обычно проводят методом групп.

2. Формирование групп. Для опытов отбирают здоровую птицу известной породы, кросса или линии. Группы подбирают по принципу аналогов по полу, возрасту, живой массе, продуктивности и т. д. Различия по живой массе и продуктивности у взрослой птицы между группами не должны превышать 3 %.

3. Величина групп. В опытах на взрослых курах число особей в группе должно находиться в пределах 50-60 голов, на молодняке - 80-100 голов.

4. Продолжительность опытов. Для кур-несушек - не менее 6 мес от начала яйцекладки; уток, гусей и индеек - в течение всего периода яйцекладки. В опытах на цыплятах-бройлерах - 49-56 дней, утятах-бройлерах - 49-55 дней, гусятах-бройлерах - 60 дней. На ремонтном молодняке: кур яичных и мясных пород - 150-180 дней, уток - 196, гусей - 150-180 и индеек - 180 дней.

5. Условия содержания и кормления птицы. Птиц содержат в клетках или на полу, соблюдая плотность посадки, фронт кормления и поения, температуру и влажность воздуха, режимы освещенности и продолжительности светового дня в соответствии с нормами, существующими для данного вида и возраста. Кормление птицы должно соответствовать установленным нормам для каждой половозрастной группы.

В экспериментах по кормлению птицы следует учитывать следующие показатели.



1. Живую массу. Взрослую птицу, как правило, взвешивают индивидуально в начале и конце эксперимента (табл. 1). В ряде случаев необходимо эту операцию проводить еженедельно или ежемесячно. Молодняк взвешивают индивидуально в суточном возрасте, а затем в сроки, соответствующие возрасту смены рационов.

Таблица 1 журнал учета поголовья птицы

| Инвентарный номер   | Живая масса, г       |              | Примечание |
|---------------------|----------------------|--------------|------------|
|                     | в начале опыт        | в конце опыт |            |
| В среднем по группе | I контрольная группа |              |            |
|                     |                      |              |            |
| В среднем по группе | II опытная группа    |              |            |
|                     |                      |              |            |

2. Сохранность птицы учитывают на протяжении всего периода эксперимента. В случае падежа указывают его причину. В опытах по кормлению не рекомендуется выбраковывать птицу.

3. Яйценоскость учитывается на начальную и среднюю несущую по группам за весь период опыта.

4. Качество яиц. Массу яиц определяют путем индивидуального взвешивания их в течение пяти дней подряд в конце каждого месяца яйцекладки. Кроме этого, изучают морфологический и химический состав яиц.

5. Инкубационные качества яиц определяют по показателям оплодотворяемости и выводимости путем двукратной закладки на инкубацию по 100-200 яиц от каждой группы.

6. Оплодотворяемость и выводимость яиц выражают в процентах от числа заложенных на инкубацию яиц.

7. Вывод цыплят определяют выходом здорового молодняка. Кроме этого, учитывают процент неоплодотворенных яиц, имеющих кровавое кольцо и замерших эмбрионов.

8. Комбикорма для птицы должны соответствовать требованиям детализированных норм.

9. Потребление кормов по группам учитывают ежедневно и за весь период опыта. В конце опыта определяют общий расход кормов по группе и рассчитывают затраты корма, сырого протеина и обменной энергии на единицу продукции (1 кг прироста живой массы, 10 яиц и т. д.).

Количество ежедневно расходуемого корма и наличие поголовья над опытной птицей заносят в журнал учета кормов и движения поголовья (табл. 2).

Таблица 2. Примерная форма журнала ежедневного движения поголовья и учета кормов

Группа \_\_\_\_\_  
 Средняя живая масса птицы: в начале опыта \_\_\_\_\_  
 В конце опыта \_\_\_\_\_

| Показатели           | Дата |  |  |  |  |
|----------------------|------|--|--|--|--|
|                      |      |  |  |  |  |
| Поголовье            |      |  |  |  |  |
| Возраст, нед         |      |  |  |  |  |
| Пало, голов          |      |  |  |  |  |
| Реализовано на мясо: |      |  |  |  |  |
| голов                |      |  |  |  |  |
| кг                   |      |  |  |  |  |

|                                    |  |  |  |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Расход комбикорма, кг              |  |  |  |  |  |
| Суточное потребление кормов, г/гол |  |  |  |  |  |

10. переваримость питательных веществ рациона и баланс азота проводят в зависимости от цели эксперимента на 3-4-х головах из каждой группы.

11. Анатомическая разделка тушек. Для анатомической разделки тушек в опытах на молодняке проводят убой по 3 курочки и 3 петушка из каждой группы.

Анатомическая разделка позволяет определить:

массу непотрошенной тушки (без крови, пера и пуха);

массу полупотрошенной тушки (без крови, пера, железистого желудка, кишечника и поджелудочной железы);

массу потрошенной тушки (без крови, пера, головы, ног, крыльев, желудочно-кишечного тракта);

массу съедобных частей (мышцы, печень, сердце, мышечный желудок, почки, легкие, подкожный и внутренний жир, кожа);

массу несъедобных частей (голова, ноги, кишечник, крылья, поджелудочная железа, яйцевод, яичники, семенники и др.).

Результаты анатомической разделки тушек необходимо оформить протоколом (табл. 3).

*Таблица 3. Примерная форма протокола анатомической разделки тушек птицы*

Дата проведения убоя \_\_\_\_\_

Вид птицы \_\_\_\_\_

Порода \_\_\_\_\_

Номер \_\_\_\_\_

Возраст \_\_\_\_\_

| № п/п | Показатели                  | Масса, г | % от предубойной массы |
|-------|-----------------------------|----------|------------------------|
| 1     | Предубойная масса           |          |                        |
| 2     | Масса непотрошенной тушки   |          |                        |
| 3     | Кровь                       |          |                        |
| 4     | Перо                        |          |                        |
| 5     | Масса полупотрошенной тушки |          |                        |
| 6     | Масса потрошенной тушки     |          |                        |
| 7     | Масса съедобных частей:     |          |                        |
|       | В том числе:                |          |                        |
|       | печень                      |          |                        |
|       | сердце                      |          |                        |
|       | Мышечный желудок            |          |                        |
|       | почки                       |          |                        |
|       | легкие                      |          |                        |
| 8     | Кости                       |          |                        |
| 9     | Внутренний жир              |          |                        |

Подписи: \_\_\_\_\_

12. Качество мяса птицы оценивают физико-химическими и органолептическими методами. Для оценки необходимо из каждой группы использовать не менее трех тушек. При органолептической оценке мяса определяют аромат и консистенцию, вкус бульона, его прозрачность и посторонние привкусы. Результаты оценки мяса и бульона выражают отдельно в баллах и суммируют их оценку. Кроме этого, проводят анализы по

определению аминокислотного состава белков, содержанию жира и минеральных веществ в мышечной ткани.

13. Категорийность тушек определяют в соответствии с ГОСТ 21784-76.

14. Биохимические показатели. В зависимости от целей и задач исследований в период эксперимента изучают морфологические и биохимические показатели крови, содержание каротина и витамина А в крови, печени и яйцах. Определяют минеральный состав органов и тканей.

15. Основные результаты опыта должны быть подвергнуты биометрической обработке. Научно-хозяйственные опыты проводят на фермах и комплексах. В отличие от физиологического научно-хозяйственный опыт ставится на большем поголовье и в условиях, приближенных к технологии производства. Проведение научно-хозяйственных опытов на разных видах животных имеет свои особенности.

#### 4. Организация проведения научно-хозяйственных опытов на крупном рогатом скоте

Опыты на коровах можно проводить методом пар-аналогов сбалансированных групп, методом периодов министада или латинского квадрата. Выбор метода зависит от цели и задач исследования. Например, при проведении опытов методом пар-аналогов отбор коров проводят с учетом породы, возраста, живой массы, упитанности, продуктивности, процента жира в молоке, физиологического состояния (времени отела, случки и т. д.). В контрольной и опытных группах количество животных должно быть не менее 10-12 голов. Данные о каждом животном контрольной и опытных групп заносят в журнал (табл. 4).

Таблица 4. Примерная форма записей при подборе коров чернопестрой породы методом пар-аналогов

| Показатель и              | I контрольная |              |         |       | II опытная   |         |       |      | III опытная  |         |        |      |
|---------------------------|---------------|--------------|---------|-------|--------------|---------|-------|------|--------------|---------|--------|------|
|                           | № животных    |              |         |       | № животных   |         |       |      | № животных   |         |        |      |
|                           | 1             | 2            | 3       | 20    | 1а           | 2а      | 3а    | 20а  | 1б           | 2б      | 3б     | 20б  |
| Порода (породность)       | Ч/п           | IV           | III     | Ч/п   | Ч/п          | IV      | III   |      | Ч/п          | IV      | III    | Ч/п  |
| Возраст, лет              | 5             | 7            | 6       | 8     | 5            | 7       |       |      | 5            | 7       | 6      | 8    |
| Живая масса, кг           | 480           | 550          | 515     | 550   | 490          | 540     | 525   | 560  | 475          | 530     | 525    | 570  |
| Упитанность               | Средняя       | Выше средней | Средняя |       | Выше средней | Средняя |       |      | Выше средней | Средняя |        |      |
| Удой за 305 дней лактации | 4550          | 5010         | 4738    | 5215  | 4501         | 4985    | 4761  | 5200 | 4540         | 5090    | 4750   | 5196 |
| % жира в молоке           | 3.70          | 3.56         | 3.63    | 3.42  | 3.68         | 3.71    | 3.80  | 3.50 | 3.73         | 3.61    | 3.75   | 3.59 |
| Дата отела                | 10.01         | 1.XII        | 30.XI   | 17.01 | 25.XII       | 16.XII  | 1.XII | 9.01 | 30.XII       | 10.XII  | 10.XII | 1.01 |

Группы формировать желательно из животных одной породы. В зависимости от задач исследований допускается использование животных другой породы, но обязательным условием является их равномерное распределение по группам. При включении в состав групп помесных животных необходимо указывать поколение.

При проведении научно-хозяйственных опытов следует вести учет расхода кормов. Он может быть групповой или индивидуальный. В первом случае ведут учет заданных кормов и их остатков в целом по каждой группе животных, во втором - индивидуально по каждому животному. Все данные по учету кормов заносят в журнал (табл. 5).

Таблица 5 журнал учета кормов (группа или номер и кличка коровы)

| Дата                    | Время кормления | Сено   |         |         | Силос  |         |         | Другие виды корма |         |         |
|-------------------------|-----------------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
|                         |                 | задано | остаток | съедено | задано | остаток | съедено | задано            | остаток | съедено |
|                         | Утро            |        |         |         |        |         |         |                   |         |         |
|                         | Обед            |        |         |         |        |         |         |                   |         |         |
|                         | Вечер           |        |         |         |        |         |         |                   |         |         |
|                         | Утро            |        |         |         |        |         |         |                   |         |         |
|                         | Обед            |        |         |         |        |         |         |                   |         |         |
|                         | Вечер           |        |         |         |        |         |         |                   |         |         |
| Всего кормовых ед. , кг |                 |        |         |         |        |         |         |                   |         |         |

В длительных научно-производственных опытах учет молочной продуктивности коров ведут ежедневно, как правило, в целом по группе с определением содержания жира в средних пробах молока. Для контроля индивидуальных особенностей коров проводят контрольные дойки 2-3 раза в месяц. В это время определяют содержание жира и белка в молоке по каждой корове. Полученные результаты заносят в журнал молочной продуктивности коров. На основании данных журнала учета молочной продуктивности рассчитывают месячные, среднесуточные удои по месяцам лактации и за всю лактацию.

Контроль за изменением живой массы коров проводят путем ежемесячного взвешивания животных. Кроме того, коров необходимо взвешивать перед запуском, отелом и после него.

В период опытов следует вести контроль за показателями воспроизводства: происхождением родов (осложнения, задержка последа), послеродовыми болезнями, количеством осеменений в среднем на одно животное, продолжительностью сервис-периода, межотельного периода, живой массой телят при рождении, в 10 и 20 дней.

На основании данных о затратах кормов и молочной продуктивности определяют затраты корма на единицу продукции. Наряду с определением общего количества кормовых единиц на центнер продукции необходимо рассчитывать затраты концентратов на единицу продукции.

В научно-производственных опытах кроме учета зоотехнических показателей проводят физиолого-биохимическое исследование. Для проведения физиолого-биохимических исследований в каждой группе подопытных животных выделяют по 3-5 животных, которые должны быть типичными для группы.

На выделенных животных проводят обменные опыты, изучают биохимические показатели крови, рубцовое содержимое. В сыворотке крови исследуют: общий белок, аминокислоты, азот, остаточный азот, мочевины, общий кальций, неорганический фосфор, натрий, калий, сахар, гликоген, общие липиды, рН, резервную щелочность, содержание кетоновых тел, витамины, микроэлементы. В рубцовом содержимом определяют общий, остаточный белковый и аминокислотный азот, мочевины, РНК и ДНК, значение рН, ЛЖК и их молярное соотношение и другие показатели.

Особенность проведения научно-производственных опытов на молодяке крупного рогатого скота состоит в том, что опыты проводят по двум направлениям: исследование на племенных животных и на животных, выращиваемых на мясо. Продолжительность

опытов на молодняке в производственных условиях должна совпадать с принятыми технологическими схемами для данного хозяйства. Например, в опытах по выращиванию ремонтных телок продолжительность эксперимента может быть установлена с момента рождения до случного возраста или по периодам выращивания: от рождения до 6-месячного возраста, с 7- до 12-, с 13- до 18-месячного возраста. При выращивании на мясо: с момента рождения до реализации на убой или по периодам выращивания. Количество животных в группе зависит от задач исследований и технологии выращивания молодняка в хозяйстве. В научно-производственных опытах на молодняке минимальное количество животных в группе - 15-20 голов.

Научно-производственные опыты на молодняке, выращиваемом на мясо, проводят чаще методом сбалансированных групп или методом пар-аналогов. При формировании групп можно использовать как чистопородных животных, непригодных для племенного использования, так и помесных. Основное условие при формировании групп - их аналогичность и сбалансированность. Животных в группы подбирают с учетом пола, возраста, живой массы и упитанности. Особое внимание следует обращать на состояние здоровья животных, аппетит, скорость поедания корма. Поэтому после сформирования группы в течение 3-5 дней проводят наблюдения за поведением животных, их аппетитом и поеданием кормов. В необходимых случаях проводят замену отдельных животных в группах.

Содержание подопытных животных может быть привязным или групповым.

Основными показателями при выращивании молодняка на мясо являются: прирост живой массы животных и затраты кормов на единицу продукции.

Учет мясной продуктивности проводят путем ежемесячного взвешивания животных. Для получения объективных данных откармливаемых животных следует взвешивать два дня подряд натошак перед утренним кормлением. Результаты взвешиваний заносят в специальный журнал (табл. 6).

*Таблица 6. Журнал учета живой массы животных*

| Дата                  | № животного | Живая масса предыдущего взвешивания, кг | Живая масса, кг |                |           | Прирост за месяц, кг | Среднесуточный прирост, г |
|-----------------------|-------------|---|-----------------|----------------|-----------|----------------------|---------------------------|
|                       |             |   | I взвешивание   | II взвешивание | В среднем |                      |                           |
| I контрольная группа  |             |   |                 |                |           |                      |                           |
| В среднем по группе   |             |   |                 |                |           |                      |                           |
| II контрольная группа |             |   |                 |                |           |                      |                           |
| В среднем по группе   |             |   |                 |                |           |                      |                           |

Учет поедаемости кормов ведут в целом по группе путем ежедневного взвешивания задаваемых кормов и их остатков. Результаты учета заносят в специальный журнал.

При выращивании скота на мясо учитывают: прирост живой массы за опыт; среднесуточные приросты по периодам выращивания; затраты кормов на единицу прироста; убойный выход; массу съедобных частей тела; содержание мяса и сала в туше; себестоимость продукции.

Кроме этих показателей нередко изучают биохимические показатели крови, обмен веществ, химический состав мяса, его биологическую ценность и вкусовые качества.

Научно-производственные опыты на ремонтном молодняке имеют отличительные особенности. Если в опытах при выращивании животных на мясо в основном учитывают

приросты живой массы и затраты корма на единицу продукции, то в опытах на ремонтном молодняке наряду с этими показателями изучают изменения роста и развития животных по периодам выращивания. Об изменениях в росте судят по промерам животных.

У подопытных животных берут следующие основные промеры: высоту в холке; высоту в пояснице; высоту в крестце; высоту в седалищных буграх; глубину груди; ширину груди за лопатками; ширину в маклоках; ширину в седалищных буграх; косую длину туловища; косую длину зада; обхват груди за лопатками; обхват пясти; длину головы; длину лба; ширину лба наибольшую; ширину лба наименьшую; глубину головы.

По результатам промеров в зоотехнических исследованиях вычисляют наиболее распространенные индексы телосложения:

$$\text{длинноногости} = \frac{\text{высота в холке} - \text{глубина груди}}{\text{высота в холке}} \times 100$$

$$\text{растянутости} = \frac{\text{длина туловища}}{\text{высоту в холке}} \times 100$$

$$\text{грудной} = \frac{\text{ширина груди}}{\text{глубина груди}} \times 100$$

$$\text{сбитости} = \frac{\text{обхват груди за лопатками}}{\text{длина туловища}} \times 100$$

$$\text{массивности} = \frac{\text{обхват груди за лопатками}}{\text{высота в холке}} \times 100$$

$$\text{перерослости} = \frac{\text{высота в крестце}}{\text{высота в холке}} \times 100$$

$$\text{шилозадости} = \frac{\text{ширина в седалищных буграх}}{\text{ширина в маклоках}} \times 100$$

$$\text{костистости} = \frac{\text{обхват пясти}}{\text{высота в холке}} \times 100$$

$$\text{большеголовости} = \frac{\text{длина головы}}{\text{высота в холке}} \times 100$$

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

В зависимости от задач эксперимента в научно-производственных опытах на ремонтном молодняке могут быть проведены физиологические и биохимические исследования с использованием соответствующих методик.

## 5. Научно-производственные опыты со свиньями

Опыты на свиноматках в большинстве случаев проводят методом пар-аналогов с учетом породности, возраста, живой массы, упитанности, уровня продуктивности и происхождения (в ряду аналогов желательно иметь родных сестер). При проведении опытов на взрослых матках необходимо учитывать число опоросов и показатели предшествующей продуктивности (плодовитость, крупноплодность, молочность и др.).

В производственных опытах количество маток в группе должно составлять 10-15 голов. Разница во времени ожидаемого опороса маток-аналогов не должна превышать 10 дней, а внутри групп - 25 дней.

Группы свиноматок комплектуют после их осеменения, а подсосных - на 5-7-й день после опороса с учетом числа и качества поросят в помете. Разница в сроках опоросов маток-аналогов не должна превышать 5, а в группе - 20 дней.

В опытах на свиноматках учитывают следующие зоотехнические показатели:

живую массу (в день осеменения, на 30-, 80- и 112-й дни супоросности; после опороса - на 5- и 26-й дни в условиях промышленных комплексов и на 5-30-45- и 60-й дни при отъеме поросят в 2-месячном возрасте);

многоплодие (количество поросят в помете, число живых и мерт\* ворожденных);

крупноплодность (средняя живая масса поросят при рождении);

молочность свиноматок (условно - масса приплода в 21-дневном возрасте или по разности массы поросят до и после сосания матки раз в 10 дней в течение суток). На основании полученных данных определяют молочность за декаду и за всю лактацию.

В опытах зоотехнические показатели могут быть дополнены соответствующими физиологическими и биологическими исследованиями.

Продолжительность научно-производственных опытов на свиноматках зависит от задач исследований и обычно длится от случки до отъема поросят. В ряде случаев опыт может продолжаться в течение нескольких опоросов или в течение одного производственного цикла - супоросности, лактации.

В опытах на поросятах-сосунах необходимо учитывать их происхождение. Обычно для опыта отбирают маток с одинаковым количеством поросят в гнезде и одинаковой молочностью.

В научно-производственных опытах на ремонтном молодняке отбирают животных известного происхождения с учетом пола, живой массы и упитанности. Контроль за живой массой осуществляют путем ежемесячного индивидуального взвешивания. На свиноводческих комплексах живую массу поросят определяют также при завершении отдельных производственных циклов выращивания. Учет кормов ведут по каждой группе. В период опыта проводят линейные промеры животных, физиологические и биохимические исследования.

В научно-производственных опытах на молодняке, выращиваемом на мясо, изучают следующие основные показатели: живую массу молодняка по периодам откорма:

106-153 дня, 154-213, 214-221 день на комплексах типа "Кузнецовский", а в откормочных хозяйствах - 120-180 и 181-250 дней. Кроме этого, следует проводить контрольные взвешивания животных через каждые 14 дней, которые необходимы для корректирования рационов кормления;

потребление кормов ежедневно и по периодам откорма;

затраты кормов на единицу прироста по периодам опыта;

результаты контрольного убоя животных.

При проведении научно-производственных опытов на овцематках формирование групп животных проводят методами пар-аналогов, сбалансированных групп и методом министада.

В период опытов изучают:

живую массу маток до осеменения, перед ягнением и после ягнения;

оплодотворенность маток;

многоплодие;

массу новорожденных ягнят и их жизнеспособность;

молочность по приросту живой массы ягнят за первые 20-25 дней их жизни;

шерстную продуктивность;

затраты кормов на единицу продукции.

Кроме этих показателей в зависимости от целей и задач исследований могут быть проведены физиологические и биохимические исследования.

## **6. Особенности проведения опытов на промышленных комплексах**

Основным требованием проведения зоотехнических опытов на промышленных комплексах является получение достоверных результатов исследований.

Планирование экспериментов на животных в условиях промышленных комплексов должно осуществляться с учетом технологии производства продукции, систем содержания и кормления животных, а также уровня автоматизации и механизации производственных процессов.

Одна из отличительных особенностей проведения экспериментальных работ в условиях промышленных комплексов заключается в том, что количество животных в опытных и контрольных группах, как правило, должно соответствовать количеству животных в технологической группе (секции, батарее, ярусе и т. д.).

В зависимости от цели и задачи эксперимента исследования могут быть на животных одного цеха или на всем поголовье комплекса.

При изучении отдельных вопросов, связанных, например, с определением биохимических показателей, обмена веществ и т. д., внутри опытных групп животных (производственных секций) на комплексе могут быть сформированы небольшие группы (по 3-5 голов) контрольных животных, которых содержат в тех же секциях. В ряде случаев контрольные животные могут быть выделены в отдельную группу. В этом случае они должны быть отделены перегородкой от основного поголовья животных.

При проведении опытов на всем поголовье комплекса изучаемые показатели учитывают как по всему поголовью животных, так и по отдельным животным или группе животных, характерных для всего поголовья по продуктивности, живой массе и физиологическому состоянию.

Продолжительность опытов зависит от поставленных задач эксперимента. При решении отдельных технологических вопросов продолжительность опыта может составлять 1-3 мес. Желательно, чтобы при проведении опытов на промышленных комплексах продолжительность эксперимента соответствовала продолжительности производственного цикла.

Формирование опытных групп животных на промышленных комплексах проводят с учетом конкретных задач исследований. Животных в опытные и контрольные секции подбирают по методу пар-аналогов с учетом породы, происхождения, возраста, живой массы продуктивности и физиологического состояния. Для изучения частных вопросов, проведения обменных опытов животных в контрольные и опытные секции формируют небольшими группами (по 3-5 голов).

Обязательным условием при выборе животных для балансовых опытов является их однородность и типичность для группы.

При проведении опытов на промышленном комплексе учет продуктивности в зависимости от задач исследований может быть групповым или индивидуальным. Все данные о продуктивности животных должны быть занесены в специальный журнал. При проведении опытов на лактирующих коровах молочную продуктивность и содержание жира в молоке учитывают ежедневно по каждой группе животных, а индивидуально - 2-3 раза в месяц по результатам контрольных доек. За изменением живой массы животных следят путем индивидуального ежемесячного взвешивания. Результаты взвешивания записывают в специальный журнал.

Учет шерстной продуктивности овец проводят по результатам стрижки в зависимости от породы 1 или 2 раза в году. Шерстную продуктивность определяют по выходу мытой шерсти.

Учет кормов в промышленных комплексах проводят в основном групповым способом. Количество потребленных кормов определяют ежедневно путем учета задаваемых кормов и их остатков. При невозможности ежедневного учета кормов допускается периодический учет кормов - раз в декаду, в течение двух смежных дней.



Учет грубых, сочных и концентрированных кормов желателно проводить раздельно. При кормлении животных кормосмесями, состоящими из грубых, сочных и концентрированных кормов, несъеденные остатки желателно определять отдельно, предварительно рассортировав их.

На крупных молочных комплексах при кормлении животных с кормовых столов (лент) можно пользоваться двумя методами учета кормов. В первом случае подсчитывают все задаваемые корма на каждую группу и на каждое кормление с учетом дополнительно выдаваемых на доильных установках. Количество несъеденных кормов подсчитывают при очистке кормовых лент согласно принятому распорядку на комплексе.

Второй способ учета кормов может быть применен на комплексах, имеющих стационарные системы кормораздачи. Сущность этого способа заключается в том, что корма равномерно распределяют на кормовом столе и при отсутствии животных в 2-3 местах (в начале, середине и конце стола) собирают корм для взвешивания, затем определяют площадь этих участков и рассчитывают массу всего корма. Этот метод является приближенным.

## **7. Производственная проверка результатов зоотехнических опытов**

Результаты законченных зоотехнических опытов должны быть проверены в производственных условиях. Производственная проверка является заключительным и обязательным этапом исследований. Положительные результаты производственной проверки дают основание для рекомендации научной разработки в производство. Производственную проверку результатов научных исследований необходимо увязывать с вопросами экономической эффективности.

Местом производственной проверки результатов научных исследований могут быть опытные и базовые хозяйства, колхозы и совхозы, специализированные фермы и комплексы.

Производственная проверка проводится по специально разработанной и утвержденной методике на клинически здоровых животных. Контрольную и проверяемую группы животных формируют, как правило, по принципу пар-аналогов по полу, возрасту, живой массе, продуктивности и т. д.

В хозяйственных условиях количество животных в группе устанавливают с учетом сложившейся технологии. В каждой группе должно быть не менее 50 коров или нетелей, 100 голов молодняка крупного рогатого скота на откорме, 20 голов телят до 6-месячного возраста, 50 голов ремонтного молодняка, 6 быков-производителей. В свиноводстве: 20 свиноматок, по 100 голов поросят-отъемышей и растущего молодняка, 10 хряков-производителей. В овцеводстве: 100 овцематок, 100 голов ярок или баранчиков, 10 баранов-производителей. В птицеводстве: 300 кур или уток, по 500 голов утят или цыплят, 200 индеек или гусей, 300 индюшат или гусят.

Продолжительность производственной проверки должна соответствовать длительности производственного цикла.

Для коров молочного стада производственная проверка начинается с первого дня лактации и продолжается до начала новой. Новые кормовые средства испытываются не менее трех месяцев.

При выращивании молодняка крупного рогатого скота для ремонта или на мясо продолжительность производственной проверки научной разработки обычно совпадает с технологическими циклами. Например, при выращивании молодняка на мясо предусматриваются следующие циклы: от рождения до 15-20 дней - профилактический период. Далее выращивают телят до 6-месячного возраста, где различают три фазы: I - 65 дней, II и III - по 50 дней, затем от 6 до 12 месяцев, с 12 до 15 и с 15 месяцев до достижения сдаточных кондиций.

В овцеводстве продолжительность производственной проверки на суягных овцематках - 5 месяцев, лактирующих - 2-4 месяца, растущем молодняке - 4-6 месяцев.

На свиноводческих комплексах предусматривается три периода: доращивание (от 26 до 42, от 43 до 60 и от 61 до 105 дней) и два периода откорма (от 106 до 158 и от 159 до 222 дней).

В коневодстве при проведении производственной проверки научных исследований на молодняке различают следующие периоды: от 6 до 12, от 12 до 18, от 18 до 24 месяцев. На кобылах - 12 месяцев.

В птицеводстве продолжительность производственной проверки кур-несушек составляет не менее 10 месяцев от начала яйцекладки; у индеек, уток и гусынь - в течение периода яйцекладки.

В опытах с дойными коровами учитывают сервис-период, межотельный период, выход телят, среднесуточный удой по месяцам лактации и за всю лактацию, жирность, белковость и технологические свойства молока.

При работе с молодняком учитывают сохранность и причины отхода, рост и развитие, живую массу, валовой и среднесуточный прирост массы за период выращивания и откорма, качество продукции.

В овцеводстве необходимо учитывать сохранность поголовья, прирост живой массы, оплодотворенность овец и ярок, настриг шерсти, выход мытой шерсти и ее качество, качество баранины.

В свиноводстве изучают многоплодие, молочность, массу гнезда при рождении и отъеме поросят, сохранность поголовья, рост и развитие ремонтного молодняка, откормочные качества свиней, качество мяса и сала.

В птицеводстве основными показателями являются сохранность, живая масса, яйценоскость, среднесуточный и валовой прирост молодняка, качество яиц и мяса.

Показателями, характеризующими экономическую эффективность применения научных исследований, является годовой экономический эффект, который складывается из суммарной экономии всех производственных ресурсов (заработной платы, кормов и др.) и повышения качественных показателей. Эти показатели исчисляются в денежном выражении и определяются методом сравнения результата опытного варианта с базовым (контрольным), который сложился в условиях данного хозяйства.

После окончания работы определяют ожидаемый, а при апробации эксперимента в производстве - фактический экономический эффект.

Экономический эффект рассчитывают двумя способами:

по разности прибыли в предлагаемом и базовом вариантах;

по экономии от снижения затрат в новом варианте по сравнению с базовым.

Первый способ определения годового экономического эффекта используют, когда результаты испытания нового варианта вызывают повышение продуктивности животных, снижение материальных затрат или изменение качества продукции (табл. 7).

*Таблица 7. Экономическая эффективность скормливания протеиновых добавок молодняку крупного рогатого скота при откорме на жоме*

| Показатели                            | Вариант               |                        |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                       | Контрольный (базовый) | Опытный (предлагаемый) |
| Количество голов                      | 100                   | 100                    |
| Продолжительность испытания, дней     | 120                   | 120                    |
| Среднесуточный прирост живой массы, г | 620                   | 700                    |
| Валовой прирост живой массы, ц        | 74,4                  | 84,0                   |
| Реализационная цена 1 ц мяса, руб.    | 260                   | 260                    |
| Стоимость валовой продукции, тыс.     | 19,3                  | 21,8                   |

|  |      |      |
|--|------|------|
| руб.   |      |      |
| Общие производственные затраты, тыс. руб., в том числе | 17,0 | 17,6 |
| зарплата   | 2,4  | 2,8  |
| корма  | 8,8  | 9,0  |
| прочие прямые затраты                                  | 4,6  | 4,6  |
| накладные расходы                                      | 1,2  | 1,2  |
| Себестоимость 1 ц прироста, руб                        | 235  | 215  |
| Прибыль, тыс. руб                                      | 2,3  | 4,2  |
| Экономический эффект, тыс. руб                         | -    | 1,9  |
| Экономический эффект на одну голову, руб               | -    | 19   |

Второй способ применяют, когда производственные испытания вызывают изменения себестоимости продукции в целом или по отдельным статьям, хотя продуктивность и качество продукции остаются прежними. Например, замена ламп накаливания на люминесцентные при освещении птичников не оказала существенного влияния на продуктивность и качество яиц кур, но снизило расход энергии. В этом случае экономический эффект рассчитывают по разности затрат в базовом и испытуемом вариантах.

В период производственной проверки ведут учет расхода кормов, определяют основные экономические показатели - затраты кормов на единицу продукции, себестоимость, прибыль, экономический эффект.

Экономический эффект определяют по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = (Ц_n - С_n) - (Ц_б - С_б) A_n,$$

где  $\mathcal{E}$  - экономический эффект, руб.;  $Ц_n$  - стоимость единицы продукции в закупочных ценах в предлагаемом варианте, руб.;  $Ц_б$  - стоимость единицы продукции в закупочных ценах контрольного варианта, руб.;  $С_n$  - себестоимость единицы продукции в предлагаемом варианте, руб.;  $С_б$  - себестоимость единицы продукции в контрольном варианте, руб.;  $A_n$  - объем валовой продукции в соответствующих единицах.

Результаты производственной проверки научных разработок оформляют актом по следующей форме:

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ЖИВОТНЫХ В ГРУППАХ. ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ОПЫТАМ

**Цель:** сформировать практические навыки по определению числа животных в группах и ведение первичной документации по проведенным опытам.

#### **Общие методические критерии постановки зоотехнических опытов.**

В организации эксперимента центральное место принадлежит методике исследования – комплексу специфических операций с подопытными животными. Методика разрабатывается для каждого опыта в отдельности, в зависимости от поставленных на исследование вопросов, условий его проведения и характера ожидаемых ответов.

Разработанные методы планируемых опытов проходят научную апробацию на заседаниях учёных советов или на специальных методических комиссиях с последующим их утверждением. *В научных подразделениях, учреждениях не разрешается приступать к проведению эксперимента без утверждённой методики исследования.*

В результате теоретических исследований и практического опыта ведения экспериментальных работ в зоотехнической науке выработаны главные методические приёмы, использование которых обеспечивает получение достоверных данных по изучаемым вопросам. Одним из наиболее главных, являются такие методические приёмы как число животных в группе, повторность и сроки проведения опыта.

#### **Число животных в группе.**

Животных в группе должно быть ровно столько, чтобы индивидуальные качества отдельных особей не имели определяющего влияния на результаты опыта, и чтобы можно было вести обработку полученных данных приёмами вариационной статистики. При небольшом числе животных в группе, статистическая достоверность полученных в опыте цифр может резко снижаться. Слишком большое количество животных в группе также не всегда желательно, ибо в этом случае затрудняется познание индивидуальных особенностей животных в группе, дополнительные трудности в создании идентичных условий при размещении животных в помещениях, в технике кормления и т.д., что снижает техническую точность опыта. Кроме того, резко осложняется учёт 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 условиями и в зависимости от них устанавливается для каждого опыта в отдельности. К этим условиям, прежде всего, относится 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.

Число животных для опыта определяется, прежде всего, степенью их породной консолидации. Чем менее консолидирована порода, тем более животные этой породы склонны в онтогенезе к изменчивости, тем большее число их нужно подбирать в опытные группы, чтобы получить статическую достоверность различий по изучаемым признакам. Другими словами. Чем более выровненным по наследственным качествам материалом пользуется экспериментатор, тем больше у него будет оснований сократить количество животных в группе, и, наоборот, пользование генетически разнообразным материалом предполагает увеличение числа животных в опытных группах.

Подбор животных одного вида скрещивания, одной кровности – улучшает методическую выдержанность опыта. Особое значение в опытном деле имеет возраст животного. Установлено, что чем моложе животное, тем большей потенцией к изменчивости оно обладает, тем сильнее внутренне перестраивается (физиологически и морфологически) под влиянием факторов внешней среды. Фактически наблюдаемые коэффициенты изменчивости по одним и тем же признакам (особенно по среднесуточным приростам живой массы) в молочный (начальный) период роста животного гораздо выше, чем в зрелом возрасте.

Высокая культура ведения животноводства и хорошая подготовка животных к опыту позволяет ограничиться относительно меньшим числом животных в опытной группе. Однако, 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 объёму физиологическими, биохимическими, морфологическими и иммунологическими исследованиями, позволяющими глубже анализировать их результаты.

На численность животных в группах также оказывает влияние характер опыта, решаемые в нем задачи. При проведении разведывательных опытов от которых не требуется доказательности, можно ограничиться меньшим числом животных. Эксперимент же решающего значения должен проводиться на достаточном поголовье. Некоторые исследователи считают, что в предварительных опытах минимальное число животных в группе должно быть 5-6, в основных опытах – от 16 до 25. Они также сообщают, что увеличение группы до 30 животных не приводит к существенному возрастанию статической надёжности опыта.

Хотя не выработано статических формул, которые позволяли бы с учётом выше поименованных требований и условий вести расчёт необходимого числа животных в группе, тем не менее, попытки такие в истории развития зоотехнической науки предпринимались многократно. Учитывая уровень изменчивости тех признаков, на которых изучается действие вводимого в опыт фактора, ожидаемую разницу в показателях опытной и контрольной группы по этим признакам, а также вид животных еще Митчелл и Гриндлей предложили эмпирическую формулу, позволяющую ориентировочно определить число животных, необходимых в каждой подопытной группе (опытной и контрольной). Эта формула имеет следующий вид:

$$n = \left( \frac{1,849 * Cv * \sqrt{2} + \frac{1}{2} * \tilde{N}^2}{100\tilde{N}} \right),$$

где n – необходимое количество животных в группе; Cv – стандартный коэффициент изменчивости, изучаемого признака; N – разница в показателях между группами по изучаемому признаку в %.

Принимая во внимание, что коэффициент изменчивости по среднесуточным приростам живой массы на откорме обычно составляет для овец 21, а для крупного рогатого скота и свиней 17, Митчелл и Гриндлей построили таблицу необходимого числа голов в опытной группе для того, чтобы различия между группами были статически достоверными (табл. 1).

Таблица 1 – Количество животных в группе

| В опытах с крупным рогатым скотом и свиньями                   |  | В опытах с овцами  |  |
|--|--|--|--|
| при ожидаемой разнице в приросте живой массы между группами, % | Необходимое количество животных в группе, гол. | при ожидаемой разнице в приросте живой массы между группами, % | Необходимое количество животных в группе, гол. |

|      |     |      |     |
|------|-----|------|-----|
| 50,0 | 1   | 50,0 | 2   |
| 40,0 | 2   | 40,0 | 2   |
| 30,0 | 3   | 30,0 | 4   |
| 20,0 | 5   | 20,0 | 8   |
| 17,5 | 7   | 17,5 | 10  |
| 15,0 | 9   | 15,0 | 14  |
| 12,5 | 13  | 12,5 | 20  |
| 10,0 | 20  | 10,0 | 31  |
| 7,5  | 36  | 7,5  | 54  |
| 5,0  | 80  | 5,0  | 121 |
| 2,5  | 317 | 2,0  | 482 |

Таким образом, при разнице в приросте живой массы 15 % необходимо, чтобы в группе крупного рогатого скота или свиней, было 9 голов, а в группе овец – 14 голов. Но фактически различия по приростам живой массы в опытах при откорме обычно колеблются в пределах 10-12 %. Следовательно, в опытных группах по откорму молодняка крупного рогатого скота и свиней должно быть 13-20 голов, а овец 20-30 (И.С. Попов, 1925).

Профессор П.Я. Аранди (1968) для определения необходимого количества подопытных животных в группах рекомендует использовать следующую формулу:

$$n = 2K^2 \frac{C_v^2}{D_A^2}$$

где n – искомое количество животных в группе; C<sub>v</sub> – коэффициент изменчивости; D<sub>A</sub> – величина различия между средними показателями подопытных групп; K – коэффициент.

Отсюда следует, что n (количество животных в группе) определяется уровнем изменчивости (C<sub>v</sub>) и величиной различия между средними показателями подопытных групп (D<sub>A</sub>). При желании иметь показатель достоверности 95 % (P=0,05) рекомендуется брать коэффициент «K» равным 3,29 и тогда формула будет иметь следующий рабочий вид:

$$n = 2 * 3,29^2 \frac{C_v^2}{D_A^2}$$

Например, если в опытах с молочным скотом подобранные (по зоотехнической методике) группы имеют коэффициент изменчивости (C<sub>v</sub>) по удою молока равный 8 %, а ожидаемая разница между опытной и контрольной группами по удою равной 9 %, то подставляя названные величины в формулу, получим величину группы, которая состоит примерно из 17 коров:

$$n = 2 * 3,29^2 \frac{8^2}{9^2} \approx 17$$

Оперирование, при определении количества необходимых животных в подопытных группах только с величинами предполагаемой изменчивости и желательной разницы между средними, без учёта всей суммы зоотехнических приёмов и условий ведения эксперимента, не может дать реального представления о действительно необходимом количестве животных. Тем не менее, при правильности исходных параметров, такое вычисление позволяет ориентировочно определить величину группы.

Следует отметить, что при всех благоприятных условиях, количество животных в группе не может быть меньше 6-8 гол. В подавляющем большинстве случаев минимальным количеством животных в группе должно быть 12 гол. Индивидуальные различия животных по живой массе в пределах группы, должны быть не более 10-15 %, а различия между подопытными группами не более 5 %.

### **Повторность опыта.**

Истинность вывода, сделанного из опыта, в наиболее весомой форме может быть подтверждена тем, что данный результат может быть получен во второй, третий раз и т.д. Для наиболее ответственных выводов, повторность опыта диктуется необходимостью.

«... при физиологическом исследовании, – указывал И.П. Павлов (1952), – нельзя удовлетворяться малым количеством опытов. Как резко иногда меняется результат опыта от одного опыта к другому, пока исследователь не овладеет предметом, т.е. всеми условиями данного явления. Большие разочарования ждут неопытного экспериментатора, если он будет что-либо категорически утверждать на основании одного или двух опытов. С другой стороны, даже старые экспериментаторы нередко приходят в отчаяние при неполучении, казалось бы, неизбежного результата, – а это происходит от вмешательства самых незначительных условий. Сумма условий, определяющих физиологический результат, часто бывает неопределённой и столь большой, что только длинные ряды опытов представляют достаточную гарантию постоянной связи между исследуемыми явлениями».

Необходимо иметь в виду, что проникновение в сущность изучаемых явлений зависит от оснащённости исследователя современными средствами ведения комплексного эксперимента. Часто научно-хозяйственный опыт сопровождаются теми или иными (физиологическими, биохимическими и т.д.) исследованиями. Но к сожалению, в значительной части случаев эти исследования определяются просто знанием экспериментатором тех или иных частных методик или наличием приборов и химреактивов и не находятся в непосредственной связи с тем выводом, который ожидается или делается из научно-хозяйственного опыта. Такие сопровождающие, **высосанные из пальца исследования** не помогают вскрывать причины обнаруживаемых в опыте явлений и не оправдывают затрачиваемых на них времени и материальных средств. Если и возникает необходимость проводить сопутствующие научные исследования, то они должны находиться в логической связи с основным опытом в плане вскрытия конкретных причин наблюдаемого в научно-хозяйственном опыте явления. Однако, каждая новая повторность опыта должна оснащаться таким образом, чтобы шло углубление и разностороннее исследование причин в несколько иных прочих равных условиях. Повторность по годам для некоторого типа зоотехнических опытов столь же необходима, как и повторность в зональном разрезе. Для получения достоверных выводов по некоторым разведенческим опытам требуются многие годы. Необходимое число повторностей в каждом случае устанавливается в зависимости от конкретных задач и условий проведения опытов. Как правило, минимальное количество повторностей научнохозяйственных опытов – две.

### **Сроки проведения опытов.**

Продолжительность опытов с различными видами и производственными группами животных должно соотноситься с естественной длительностью производственных операций с этими видами и группами животных. Установлено, что в первые недели опыта животные реагируют на изучаемый фактор менее однородно, особенно в раннем возрасте. На наблюдаемые различия реакции организма сказывается действие неоднородности предшествующих условий жизни, а также и возрастные особенности растущих животных.

Установлено, что при любых самых благоприятных условиях длительность научно-хозяйственного опыта не может продолжаться менее 12 месяцев, а опыты по разведению животных – годы и поколения.

Сроки окончания опытов необходимо приурочивать к проведению хозяйственных периодов учёта продукции или качества животных (стрижка овец, бонитировка, откорм, отёл и т.д.). Это даёт возможность получить сравнительные данные по хозяйству и облегчить организацию проведения учётных работ.

### **Условия содержания, кормления и ухода за животными.**

Проведение научных исследований предполагает, прежде всего, наличие хороших животноводческих помещений. Но не всякое помещение пригодно для постановки опытов с животными. Для этого, прежде всего, требуются здания, построенные по типовым для зоны проектам. Во всех частях помещений, где размещаются подопытные животные, необходимо достигнуть максимальной выравненности зооигиенических условий (температура воздуха, относительная влажность, подвижность воздуха, освещенность, газообразная среда и т.д.). Особенно необходимо удостовериться в том, что все опытные группы находятся в одинаково благоприятных условиях.

Одно из важнейших условий успешного проведения исследовательской работы – правильный уход за подопытными животными и бережное обращение с ними обслуживающего персонала. Недопустимы крики и побои животных.

Надёжность результатов опытной работы во многом зависит от всей суммы факторов кормления, содержания и обслуживания животных. Условия кормления и содержания должны соответствовать породным особенностям животных и обеспечивать развитие высоких показателей продуктивности. Подопытные животные по возможности должны быть ограждены от влияния случайных факторов внешней среды. Для проведения опыта заготавливают доброкачественные корма и хранят отдельно; их питательные достоинства периодически контролируют химическими анализами и органолептической оценкой. Особенно нуждаются в периодических анализах корнеклубнеплоды, поскольку их состав с течением времени значительно изменяется.

Подводя итоги рассмотрению вопроса о приёмах размещения и кормления подопытных животных, необходимо отметить, что с учётом изложенного, экспериментатор сам должен выбирать те или иные приёмы и способы, в зависимости от предмета исследования и главной цели эксперимента. Какой либо шаблон был бы здесь неуместен.

Большое влияние на результаты эксперимента может оказать численность животных в станке, площадь логова, длина кормушки на одну голову. Поэтому необходимо создавать выравненные условия для подопытных животных.

#### **Порядок и характер учётных измерений, документация.**

Исполнение и результаты эксперимента должны быть, как можно полнее зафиксированы различными измерениями, выраженными в цифровых данных. Для этого необходимо, прежде всего, точно зафиксировать изменения одного из основных показателей научно-хозяйственного опыта – живая масса.

Все взвешивания проводят за час до кормления животных, желательнее утром, но всегда в одно и то же время. Перед взвешиванием для опорожнения кишечника и мочевого пузыря животных выпускают на 10-15 минут в загон. На основе данных взвешивания вычисляют средние показатели живой массы животных в группе и их среднесуточные приросты.

Промеры тела животных берут в день взвешивания или, если это невозможно сделать, на следующий день. Промеры только в том случае дадут объективное представление о размерах и типе телосложения, если животные находятся в нормальном состоянии упитанности. Измерения проводятся на ровной площадке с твёрдым грунтом или настилом при правильной постановке животного. Положения туловища и головы крупного рогатого скота должны быть однообразными и обычными для свободного и клинически здорового состояния животного.

При измерении свиней положение головы по отношению к туловищу имеет особо важное значение, так как в промер длины туловища входит и длина шеи. Длина шеи, как и всего туловища, значительно изменяется в зависимости от того, приподнята или опущена голова. Постановка головы при измерении свиней считается нормальной, если нижний край шеи и брюха приближается к одной прямой линии.



Точность взвешивания и измерений зависит от наличия необходимых инструментов. В научных исследованиях для повышения точности измерений необходимо брать каждый промер 2-3 раза и выводить среднюю величину.

Объёмность и кратность сопровождающих исследований должны быть таковыми, чтобы они существенно не нарушали нормальный ход проведения научно-хозяйственного опыта, не приводили к снижению роста или продуктивности подопытных животных. Поэтому нельзя перегружать научно-хозяйственный опыт большим количеством сопровождающих исследований.

Постановка животных на опыт, снятие с опыта и убой оформляют актами, как правило, с участием лиц несущих ответственность в научном учреждении за научно-методическую работу. Это необходимо для того, чтобы возможные методические недостатки и ошибки опыта были замечены в самом начале, когда ещё есть возможность их устранить. Активирование конечных результатов опыта придаёт им более объективный характер. **Результаты лабораторных и полевых исследований по мере их выполнения записывают в журнал первичного учёта материалов научных исследований, который должен быть пронумерован и прошнурован.** Во всех научных документах какие-либо подчистки и немотивированные исправления не допускаются.

Желательно проведение фотографирования, видеосъёмки животных подопытных групп, а также наиболее показательных явлений строения или жизнедеятельности животных возникающих под влиянием изучаемых факторов. По окончании опыта и обработки его данных составляется научный отчёт.

#### **Требования, предъявляемые к выводам.**

Самый ответственный момент при проведении опыта – сделать правильный конечный вывод из экспериментальных данных, так как молодые научные работники часто не уделяют этому должного внимания. Они ошибочно полагают, что главное в эксперименте – получить те или иные цифровые данные, а выводы приложатся сами собой, без особого усилия со стороны исследователя. Вывод содержит в себе то главное, ради чего ставится опыт. На выводах базируются практические предложения для производства.

Зоотехнический опыт должен ставиться так, чтобы получаемые в результате его проведения факты позволяли раскрыть их научное содержание, отделить стороны существенные от несущественных. Этого можно достичь лишь в том случае, если научно-хозяйственный опыт будет сопровождаться необходимыми физиологическими, морфологическими, биохимическими и другими исследованиями.

В результате научно-исследовательской работы, как правило, делаются выводы более или менее общего характера. Под выводом понимается такой вид умозаключения, когда из значения отдельных данных представляющих собою итог эксперимента, по логическим законам делается заключение в обобщённой и теоретически последовательной форме. Важнейшее свойство вывода состоит в том, что при правильных оценках и соблюдений законов логики он представляет истинное суждение.

Успех научно-исследовательской работы предполагает сосредоточение интеллектуальной жизни экспериментатора на предмете исследования в течение длительного времени. Это требует огромной, всё преодолевающей воли.

Научная работа требует постоянного и непрерывного думания. Необходимо «вжиться» в идейный круг вопросов, определяемый предметом исследования, «выносить» лучшие решения и зафиксировать их в разборе материалов и выводах из экспериментов. Решения обычно появляются лишь в том случае, когда развивается максимальная активность мысли, когда достигается состояние, при котором не только экспериментатор овладел материалами исследования, но и материалы исследования полностью и без остатка овладели исследователем так, что он уже не может не думать о полученных данных, не пытаться снова и снова разрешить противоречия.

Редко кому удается сразу, одновременно оформить результаты эксперимента. Обычно приходится многократно обдумывать однажды сделанные описания, формулировки и особенно выводы и предложения для производства, всё время их совершенствуя как по содержанию, так и по форме изложения. При этом отдельные места приходится переписывать по нескольку раз.

Напряжённость, интенсивность научного мышления не менее важная сторона дела. Известно общее положение, что чем активнее исследователь относится к объекту исследования, тем при прочих равных условиях он ближе подходит к познанию объективной истины. «Скороспелые», непродуманные выводы из экспериментов нередко вносят только путаницу в содержание предмета и вместо содействия научному процессу становятся серьёзным тормозом развития науки, ибо объективно требуют новых исследований для опровержения этих ошибочных выводов.

Требования, предъявляемые к выводам:

1. Выводы должны отвечать на поставленную цель и задачи исследований.
2. В выводы вносятся теоретические осмысленные положения, вытекающие из эксперимента, а не одна только простая констатация опытных фактов. Констатация фактов означает, что исследователь не справился с главной целью эксперимента: не сумел проанализировать материал, полученный им в опыте и сделать соответствующие выводы. Сделать научно – теоретический анализ экспериментальных данных и правильно сформулировать выводы – это уже требует от специалиста высокой научной квалификации. Замена вывода констатацией факта – наиболее частая ошибка начинающих научных работников.
3. Объём понятий и выводов не должен быть больше того, что позволяют данные эксперимента. Не следует увеличивать суть без необходимости.
4. Выводы должны содержать элементы новизны для науки или практики. Не доказывать то, что уже было экспериментально доказано.
5. Выводы необходимо формулировать максимально конкретными, краткими и чёткими.
6. Отдельным разделом записываются предложения для использования в производстве.

#### **Проблема доказательства вывода.**

Перед исследователем постоянно стоит вопрос о доказательности сделанных им выводов, наблюдений, опытов и экспериментов. Какие экспериментальные доказательства могут быть приведены для подтверждения истинности вывода, соответствия его объективной действительности? В зависимости от характера вывода для подтверждения его всеобщности могут быть использованы биометрический критерий и критерий практики.

Проблема доказательства выводов претендующих на непогрешимость может быть решена за счёт биометрического критерия «уровня значимости  $P$ », который показывает процент ошибочных случаев изучаемого признака.

Значимость 0,05 означает, что в силу случайности ошибка будет составлять 5 % случаев. Какой уровень значимости ( $P < 0,05$ ; 0,01; 0,001) выбирается в качестве критического, определяется характером опыта и поставленными задачами в требованиях к уровню достоверности.

Критерий практики. Если научное исследование завершилось внедрением в производство, то это значит, что выводы, полученные в эксперименте соответствуют объективной истине. Только то научное исследование может считаться окончательно апробированным и законченным, выводы из которого и предложения успешно применяются в производстве.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ. КОНТРОЛЬ ЗА РОСТОМ И РАЗВИТИЕМ ЖИВОТНЫХ

**Цель:** сформировать практические навыки математических анализов опытных данных и контроль за ростом и развитием животных.

#### **Понятие о количественных и качественных признаках**

Применение вариационно-статического метода при анализе массовых данных в области биологии получило название биометрия. Биометрия является составной частью количественной биологии и смежных с ней прикладных наук (зоотехния, ветеринария, агрономия, медицина). **Биометрия – это математический раздел науки, изучающий изменчивость количественных признаков живых организмов одного вида.**

В основе современной селекции лежит генетический анализ продуктивных признаков животных. Сельскохозяйственные животные отличаются разнообразием хозяйственно полезных (продуктивных), морфологических, физиологических признаков. Однако лишь некоторые из них служат объектом практической селекции. Все хозяйственно полезные признаки животных подразделяют на качественные и количественные.

К **качественным признакам** относят пол (мужской и женский), окраску оперения птиц и шерстного покрова животных (альбинизм, пигментированность, пятнистость и др.), тип шерстного покрова (грубая, тонкая шерсть овец, смушки, овчины), рогатость, тип телосложения (конституция грубая, крепкая, рыхлая, нежная, плотная) форму гребня у кур, окраску скорлупы яиц и т.д.

Качественные признаки контролируются одним или несколькими генами, на действие которых не влияют ненаследственные факторы. Наследование качественных признаков подчиняется закономерностям, определённым Г. Менделем. Каждой паре качественных признаков (рогатость – комолость) соответствует пара аллельных генов (кк – КК, Кк), контролирующих развитие данных признаков.

Многие качественные признаки имеют только два альтернативных состояния, например пол – мужской или женский, скорлупа яиц – окрашенная или неокрашенная и т.д. Некоторые качественные признаки могут иметь 3-5 состояний, например тип конституции, интенсивность окраски скорлупы яиц, зёрен цветной кукурузы и др.

Большинство хозяйственно полезных признаков, по которым ведут селекцию животных, относят к **количественным**, или мерным. Эти признаки получили такое название потому, что они могут быть измерены и выражены в кг, см, % и т.п. К ним относятся удой, живая масса, содержание жира и белка в молоке, яйценоскость, масса яйца и др.

Развитие каждого количественного признака обусловлено большим числом пар генов, поэтому изучать процесс наследования таких признаков значительно труднее, чем качественных. При изучении количественных признаков приходится сталкиваться с непрерывной изменчивостью, когда переход от одного количественного уровня признака к другому составляет непрерывный ряд величин. Такая изменчивость количественных признаков обусловлена как действием большого числа генов, так и влиянием факторов внешней среды.

#### **Понятие о генеральной совокупности и выборке**

Основная задача **биометрии** – изучение изменчивости количественных признаков живых организмов одного вида, породы и получение комплекса параметров и коэффициентов, характеризующих **членов изучаемой группы по одному или нескольким признакам**. В биометрии такой массовый материал называется **генеральной совокупностью**, которая и составляет цель изучения.

Изучение генеральной совокупности при большой численности животных – сложное и дорогостоящее мероприятие, поэтому применяют так называемый метод **выборочной совокупности**, который позволяет оценить генеральную совокупность путём отбора меньшей численности обследованных животных. Но при этом выборочная совокупность должна правильно отражать качества и особенности животных, составляющих генеральную совокупность. Такое условие обеспечивается отбором части животных из генеральной совокупности по принципу случайной выборки. Следовательно, выборка всегда меньше генеральной совокупности и составляет её часть. Выборочная совокупность должна правильно характеризовать генеральную совокупность и быть **репрезентативной** (представительной).

Метод случайного отбора членов выборки принято называть **рендоминизацией**. Она даёт равную возможность любому члену генеральной совокупности войти в состав рендоминизированной выборки. Например, если требуется дать характеристику стада, включающего 500 овец, то делают случайную выборку, численность членов которой (объём) определяют по специальным формулам.

Для ряда признаков изучение их варьирования у всех особей генеральной совокупности невозможно ещё и потому, что это может привести к уничтожению такой совокупности. В этих случаях выборочная совокупность (или выборочная проба) – единственный способ, позволяющий изучать тот или иной признак. Например: средние пробы молока, крови, зерна – для оценки всхожести и др. Объектом биометрии служит варьирующий признак, полученный на достаточной по численности группе особей однородной по основным признакам.

Выборка может быть малой, когда в неё отобрано меньше 30 членов (вариантов  $n < 30$ ), или большой, если она составляет  $n \geq 30$  вариантов. Техника обработки малых и больших выборок различна. Число особей в выборке обозначается буквой «n», а в генеральной совокупности «N». Величина признака у отдельной особи называется вариантной и обозначается буквой «V». Вариант – это численное выражение признака, полученное при его измерении.

### **Основные статистические параметры и коэффициенты используемые в зоотехнии**

Основными источниками статистической информации в практической работе с животными служат данные: первичного зоотехнического и ветеринарного учёта; научно-производственного опыта; специального научного эксперимента в условиях лаборатории; получаемые в экспедициях при обследовании больших массивов домашних или диких животных с точки зрения экологии, этологии или по другому поводу.

Полученные данные подвергают статистическому анализу и используют при планировании долгосрочных программ развития животноводческой отрасли. В редких случаях статистической обработке подвергают всю генеральную совокупность. Так, перепись населения, или какого-либо вида животных – примеры сплошного изучения генеральной совокупности, что делается очень редко, так как это требует больших материальных и трудовых затрат.

Отобранные в выборочную совокупность объекты далее подвергают статистической обработке, позволяющей получать различные статистические коэффициенты. Выборку для этого оформляют в виде вариационного ряда. **Вариационный ряд** – это ряд вариантов, расположенных в определённой последовательности. Он показывает, как изменяется признак от минимальной до максимальной величины, какая частота вариант в каждом классе. Класс, в котором встречается наибольшее число вариант, называется **модальным**. Избранную форму организации членов в выборке определяют тем, какие статистические параметры или коэффициенты должны быть вычислены.

После того, как члены в выборке организованы в виде вариационного ряда приступают к обработке материала для получения необходимых статистических

показателей. Биометрическим методом получают: среднюю арифметическую ( $\bar{X}$ ), среднее квадратическое отклонение ( $\pm\delta$ ), коэффициент вариации ( $C_v$ ) и корреляции ( $\pm r$ ), ошибку средней арифметической ( $\pm m$ ), критерий достоверности средней арифметической ( $t$ ), критерий достоверности разности между двумя средними арифметическими показателями ( $t_d$ ), необходимый объем выборки для получения достоверных результатов при проведении научных исследований ( $n$ ).

### Основные генетико-статистические величины и их применение

**Средняя арифметическая ( $\bar{X}$ )** – основной параметр, характеризующий совокупность изучаемого признака. Она показывает, какое значение признака наиболее характерно в целом для конкретной совокупности животных.

**Свойства средней арифметической вычисленной с помощью построения вариационного ряда.** Полученная таким образом средняя арифметическая обладает рядом важных свойств:

- позволяет получать срединное значение изучаемого признака;
- имеет абстрактное значение;
- если каждую варианту совокупности уменьшить или увеличить на какое-то произвольное положительное число, то и средняя арифметическая уменьшится или увеличится на столько же;
- если каждую варианту совокупности разделить или умножить на одно и то же число, то и средняя арифметическая изменится во столько же раз;
- сумма отклонений отдельных вариантов от средней арифметической равна нулю:  $\sum(V - \bar{X}) = 0$

**Вычисление средней арифметической ( $\bar{X}$ ) в малочисленных выборках.** Вычисление средней арифметической простым способом при малом числе вариантов заключается в суммировании всех значений варьирующего признака и делении полученной суммы (порядковых номеров вариантов) на общее количество вариантов.

$$\bar{X} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_i}{n} = \frac{\sum V_i}{n}$$

где  $i$  – порядковый номер варианты;  $n$  – количество вариантов;  $V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_i$  – числовые значения каждой варианты;  $\sum$  – знак суммирования;  $\sum V_i$  – сумма числовых значений вариантов.

Например: группа из 5 телят, живая масса которых составляет:  $V_1 - 27$ ,  $V_2 - 28$ ,  $V_3 - 26$ ,  $V_4 - 33$ ,  $V_5 - 31$  кг. Подставляя цифры в вышеуказанную формулу, находим, что:

$$\bar{X} = \frac{27 + 28 + 26 + 33 + 31}{5} = 29 \text{ кг}$$

**Вычисление средней взвешенной ( $\bar{X}_{взв.}$ ).** Средняя взвешенная представляет собой результат усреднения средних арифметических нескольких совокупностей. Формула вычисления средней взвешенной следующая:

$$\bar{X}_{взв.} = \frac{\bar{X}_1 n_1 + \bar{X}_2 n_2 + \bar{X}_3 n_3 + \dots + X_i n_i}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i} = \frac{\sum \bar{X}_i n_i}{\sum n_i}$$

где  $X_{взв.}$  – средняя взвешенная;  $X_1, X_2, X_3 \dots X_i$  – порядковые номера объема средних арифметических первой, второй, третьей и т.д. совокупностей;  $n_1, n_2, n_3 \dots n_i$  – порядковые номера объема совокупностей.

Примером взвешенной средней может служить вычисление процента жира в молоке поступившего от трех фермеров. От первого фермера поступило 40 кг молока с жирностью 3,3 %, второго – 50 кг с жирностью 3,5 % и третьего – 110 кг с жирностью 3,9 %.

При вычислении средней взвешенной нужно учитывать не только средний процент жира в молоке, поступившего от каждого фермера ( $X_1, X_2, X_3$ ), но и объем (массу) молока ( $n_1, n_2, n_3$ ), по которым были вычислены средние в каждом из фермеров.

Подставляя цифры в вышеуказанную формулу, находим, что:

$$\bar{X}_{\text{взв.}} = \frac{40\text{кг.} * 3,3\% + 50\text{кг.} * 3,5\% + 110\text{кг.} * 3,9\%}{40\text{кг.} + 50\text{кг.} + 110\text{кг.}} = \frac{736 \text{ кг.}}{200\text{кг.}} = 3,68\%$$

Вычисление средней взвешенной процента жира в молоке основан на суммировании однопроцентного молока (736 кг) и делением полученной суммы (736 кг) на общий объем (массу) молока (200 кг).

Если бы мы решали эту задачу простым способом, это бы означало суммирование показателей жирности молока поступившего от трех фермеров и деление полученной суммы ( $\sum V_i$ ) на количество фермеров ( $n$ ).

$$\bar{X}_{\text{простое}} = \frac{\sum V_i}{n} = \frac{3,3\% + 3,5\% + 3,9\%}{3} = 3,57\%$$

Следовательно, чем больше будет разница между слагаемыми вариантами и между величинами объема или массы этих совокупностей, тем больше арифметическая вычисленная простым способом отклоняется от величины, вычисленной с помощью взвешенной средней.

**Вычисление средней арифметической ( $\bar{X}_{\text{сл.}}$ ) в многочисленных выборках (сложный способ).** Для больших выборок, с которыми в основном приходится работать селекционеру, применяют относительно сложный способ вычисления средней арифметической. Для этого предварительно строят вариационный ряд, в котором все члены распределяются по классам с учетом величины варьирующего признака. Дальнейшую обработку выборочной совокупности, оформленной в виде вариационного ряда, осуществляют различными методами, а именно: методом произведений, сумм или разностей. Любой из этих методов дает в конечном счете одинаковые величины статистических параметров при обработке выборочных данных. Оформление вариационного ряда при большой выборке и применении того или иного метода его обработки позволяют значительно ускорить расчетную работу. В настоящее время данная работа выполняется через посредство компьютеризированных программ.

При составлении вариационных рядов следует иметь в виду, с каким типом признака приходится иметь дело. Признаки, которые могут принимать только целое число, называются *прерывными*, т.е. они могут быть выражены целыми числами (например: число животных, эритроцитов, яиц и т.п.). Признаки, которые могут быть выражены любым дробным числом (рост в см, масса в кг, жирность молока в % и т.п.), называются *непрерывными*. Эти различия в признаках имеют значение при составлении и обработке вариационных рядов.

Среднюю арифметическую в больших выборках вычисляют по формуле

$$\bar{X}_{\text{сл.}} = A + K * b \text{ или } \bar{X}_{\text{сл.}} = A + K * \frac{\sum f * a}{n}, b = \frac{\sum f * a}{n}$$

где  $A$  – условная средняя;  $K$  – величина классового промежутка;  $b$  – поправка к условной средней;  $f$  – число вариантов в классах называемых частотами;  $a$  – отклонение от условной средней;  $n$  – общее количество вариантов в выборочной совокупности.

Построение вариационного ряда и вычисление средней арифметической в многочисленных выборках разберем на примере решения задачи. Дано ряд вариантов по настригу шерсти у овец, кг: 5,8-4,1-6,6-4,6-4,7-4,4-3,5-4,2-4,0-4,2-6,6-5,1-4,6-5,5-4,4-4,8-4,0-6,4-6,6-4,0-5,5-3,6-6,8-4,9-3,8-7,0-4,6-6,2-6,0-4,2-4,9-4,1-3,5-4,2-4,0-5,8-6,6-4,6-4,3-7,4.  $n = 40$  гол.

Составление вариационного ряда начинается с определения величины ( $K$ ) и числа ( $l$ ) классов, из которых будет состоять вариационный ряд. Это первый этап организации выборочной совокупности. Второй этап заключается в разноске членов совокупности по классам с учетом величины признака у каждого из членов.

Для построения вариационного ряда находим минимальное и максимальное значение вариант:  $V_{\text{max}}=7,4$  кг,  $V_{\text{min}}= 3,5$  кг.

Далее находим величину классового промежутка ( $K$ ), которая определяется следующим образом:

$$K = \frac{V_{max} - V_{min}}{l} = \frac{7,4 - 3,5}{8} = \frac{3,9}{8} \approx 0,5$$

Для упрощения оформления границ классов, классовый промежуток округляют до удобной величины. С непрерывными числами вариант, округление проводят до десятичного знака ( $3,9:8=0,4875\approx 0,5$ ), с прерывными – до целого числа ( $25:8=3,125\approx 3,0$ ).

Рекомендуется иметь следующее число классов при разном объеме выборки:  $n=30-60$ ,  $l=8-10$ ;  $n=61-100$ ,  $l=10-12$ . Соотношение между « $n$ » и « $l$ » может быть изменено, и оно не является неперменным и обязательным.

Определяем границы классов (табл.2). Граница бывает нижней и верхней. За нижнюю границу первого класса принимается минимальная варианта  $V_{min}=3,5$  кг. Нижняя граница второго класса и последующих определяется путем прибавления к  $V_{min}$  классового промежутка ( $K$ ) с нарастающим итогом.

Таблица 2 – Вычисление  $X \pm \delta$  и  $C_v$  с использованием вариационного ряда

| № п/п | Границы классов | Частота, $f$ | Середина класса, $W$ | Ранжирование, отклонение, $a$ | Произведение $fa$ | Произведение $fa^2$ |
|-------|-----------------|--------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------|
| 1     | 3,5-3,9         | 4            | 3,7                  | -1                            | -4                | 4                   |
| 2     | 4,0-4,4         | 13           | 4,2                  | 0                             | 0                 | 0                   |
| 3     | 4,5-4,9         | 8            | 4,7                  | +1                            | 8                 | 8                   |
| 4     | 5,0-5,4         | 1            | 5,2                  | +2                            | 2                 | 4                   |
| 5     | 5,5-5,9         | 4            | 5,7                  | +3                            | 12                | 36                  |
| 6     | 6,0-6,4         | 3            | 6,2                  | +4                            | 12                | 48                  |
| 7     | 6,5-6,9         | 5            | 6,7                  | +5                            | 25                | 125                 |
| 8     | 7,0-7,4         | 2            | 7,2                  | +6                            | 12                | 72                  |
|       |                 | $n=40$       |                      |                               | $\sum fa=67$      | $\sum fa^2=297$     |

Верхняя граница первого класса рассчитывается следующим образом: к  $V_{min}$  прибавляют классовый промежуток за минусом единицы – если числовые значения вариант в выборке целые, т.е. прерывные и 0,1 – если числа дробные, непрерывные. В нашем примере числа дробные, значит будем вычитать 0,1 и получим  $3,5+0,5-0,1=3,9$ .

Верхняя граница второго класса и последующих верхних определяется путем прибавления классового промежутка с нарастающим итогом.

Выбираем условную среднюю « $A$ ». В качестве таковой обычно берут значение середины того класса, в который входит наибольшее число вариант ( $(4,0+4,4):2=4,2$ ). Этот класс называется модальным классом и в данном примере  $A=4,2$  кг. Обводим жирной чертой второй класс вариационного ряда и ставим букву « $A$ » в его начале.

Вычисляем отклонения (ранжирование) середины каждого класса от условной средней по формуле:  $a = \frac{W-A}{K}$  Середины класса, которые идут от « $A$ » в сторону увеличения, ранжируют по порядку со знаком «плюс» (+1,+2,+3 и т.д.), а в сторону уменьшения – со знаком «минус» (-1,-2,-3 и т.д.).

Отклонения каждого класса умножаем на соответствующую частоту и вычисляем произведение « $f \cdot a$ » с последующим их суммированием  $\sum fa=67$ .

Вычисляем поправку к условной средней по формуле:

$$b = \frac{\sum f * a}{n} = \frac{67}{40} = 1,67$$

Когда поправка со знаком «+», её прибавляют к условной средней « $A$ », а когда со знаком «минус» – вычитают.

Вычисляем  $X_{сл.}$  по формуле  $X_{сл.} = A + K \cdot b$ ,  $X_{сл.} = 4,2 + 0,5 \cdot 1,67 = 5,03$  кг.

**Показатели изменчивости признаков.** Установление степени разнообразия признака в популяциях имеет важное значение в генетическом анализе популяций и в селекции. Именно величиной изменчивости определяется возможность улучшения путем отбора лучших животных в племенных стадах.

В зависимости от величины изменчивости все хозяйственно полезные признаки животных, по которым ведется селекция, подразделяют на признаки с низкой изменчивостью (коэффициент изменчивости находится в пределах 1-15 %), средней (16-25 %) и высокой изменчивостью (26 % и более).

При высокой изменчивости какого-либо признака лучшие и худшие показатели будут существенно отличаться от средней арифметической, что даст возможность постоянного повышения среднего уровня признака по стаду за счет отбора для воспроизводства лучших особей. В то же время возможность селекции на улучшение признака, характеризующегося низкой изменчивостью, практически исключается. Это связано с тем, что показатели селекционного признака будут очень близкими к средней, и поэтому отобрать лучших особей из стада весьма сложно.

При изучении изменчивости (вариабельности) признака особей данной совокупности применяют следующие параметры: лимит ( $lim = V_{max} - V_{min}$ ), среднее квадратическое (стандартное) отклонение ( $\delta$ ), коэффициент вариации или изменчивости ( $CV, \%$ ).

Наиболее простой показатель варьирования признака – величина лимита. Лимиты характеризуют минимальную и максимальную величины изучаемого признака в выборочной совокупности и указывает на амплитуду вариации. Чем больше разность между максимальной и минимальной вариантой, тем значительнее изменчивость признака. Однако, эти показатели не отражают различий внутри выборки и животные с такими показателями могут быть не характерны для данного стада. Например, при одинаковой средней величине животных двух групп живой массой  $\bar{O}_1 = 50$  кг,  $\bar{O}_2 = 50$  кг лимиты составили в первой группе 45-55, а во второй – 42-58 кг. Размах колебаний в первой группе был 10 кг, во второй – 16 кг. Таким образом, при одной и той же средней величине, группы неоднородны. Следовательно, более точным показателем изменчивости является среднее квадратическое отклонение, которое учитывает отклонение каждой варианты от средней арифметической.

Наиболее часто употребляемыми в практической селекции показателями изменчивости (вариабильности) признака является среднее квадратическое (стандартное) отклонение ( $\delta$ ) и коэффициент вариации или изменчивости ( $CV$ ).

Среднее квадратическое отклонение или сигма ( $\delta$ ) позволяет судить о степени разнообразия признака в абсолютных величинах. Она выражается в тех же единицах, что и средняя арифметическая (в кг, см, л, % и т.д.). Сигма показывает насколько однородна или разнообразна группа животных по изучаемому признаку. Чем больше величина сигмы, тем выше изменчивость, и наоборот.

Вся изменчивость признака укладывается от средней арифметической в пределах  $\pm 3\delta$  (правило плюс-минус трех сигм). Поэтому средняя арифметическая, уменьшенная или увеличенная на  $3\delta$ , дает крайние варианты признака. Так, при нормальном распределении вариантов генеральной совокупности, в пределы  $\pm 3\delta$  входит 99,7 % особей. Около 95 % особей входит в пределы  $\pm 2\delta$  и приблизительно 68 % особей – в пределы выборки  $\pm 1\delta$ .

Так, если живая масса овец выборки составляет  $X = 50$  кг,  $\delta = \pm 2$  кг, используя свойство  $\pm 3\delta$  можно определить максимальную и минимальную варианты в генеральной совокупности ( $lim = 50 \text{ кг} \pm 3 \cdot 2 \text{ кг} = 44-56 \text{ кг}$ ) и выборке ( $lim = 50 \text{ кг} \pm 1\delta \cdot 2 \text{ кг} = 48-52 \text{ кг}$ ).

Наличие знаков «+» и «-» – указывает на то, что величина этого параметра характеризует изменчивость признака особей в сторону уменьшения, так и в сторону их увеличения.



Среднее квадратическое отклонение – это абсолютный показатель изменчивости. При вычислении сигмы, ее определяют с точностью на один десятичный знак больше, чем точность которую применяют в отношении средней арифметической для того же ряда.

**Вычисление среднего квадратического отклонения ( $\delta$ ) в многочисленных выборках ( $n > 30$ ).** Более быстрые расчеты можно осуществить, применяя метод произведений, которым мы уже пользовались при вычислении средних величин.

Составим расчет сигмы на примере задачи по настригу шерсти у овец по ранее приведенным данным на с.25. Для определения  $\delta$  находим сумму чисел последней 7-ой графы таблицы вариационного ряда, которая составляет  $\sum fa^2 = 297$ . Для получения чисел данной графы, отклонения возводят в квадрат и умножают на соответствующие частоты. Сигму вычисляют по формуле:

$$\delta = \pm K \sqrt{\frac{\sum f * a^2}{n} - \left(\frac{\sum fa^2}{n}\right)}$$

где  $K$  – величина классового промежутка;  $f$  – частота вариантов;  $a$  – отклонение от условного среднего класса;  $n$  – количество вариантов в выборке. Подставив вычисленные величины в формулу, получим:

$$\delta = \pm 0,5 \sqrt{\frac{297}{40} - \left(\frac{67^2}{40}\right)} = \pm 0,5 \sqrt{4,6} = \pm 1,07 \text{ кг.}$$

Крайние значения (лимиты) в генеральной совокупности будут находиться в пределах  $\pm 3\delta$  ( $lim = 5,03 \text{ кг} \pm 3 \cdot 1,07 = 1,82 - 8,24 \text{ кг}$ ), а в выборочной совокупности  $\pm 1\delta$  ( $lim = 5,03 \text{ кг} \pm 1 \cdot 1,07 = 3,69 - 6,10 \text{ кг}$ ).

**Вычисление коэффициента вариации или изменчивости ( $CV$ , %).** Изложенные методы определения степени изменчивости с помощью лимитов и среднего квадратического (стандартного) отклонения имеют один недостаток: они дают показатель изменчивости признака в именованных величинах (кг, см, л, %), а не в относительных. Вследствие этого сопоставление разноименных признаков по величине изменчивости с помощью лимита и стандартного отклонения произвести невозможно.

Например, селекционеру необходимо выяснить изменчивость различных селекционных признаков у одного и того же вида животных чтобы иметь суждение о перспективах и интенсивности племенной работы. Так, если нужно определить изменчивость шерстной продуктивности тонкорунных овец по составляющим ее признакам: настригу шерсти (кг), длине (см), тонине (мкм), прочности на разрыв (сН/текс), содержанию жиропота шерсти (%) и т.п., то сопоставляют изменчивость каждого показателя с каждым из общего их числа. Но сопоставить изменчивость шерстной продуктивности по составляющим ее признакам с помощью лимитов и сигмы нельзя, так как каждый признак измеряется разными мерами. Поэтому для сопоставления изменчивости разноименных признаков и для выявления уровней изменчивости у одноименных признаков разных сопокупностей при больших различиях средних арифметических величин сравниваемых групп удобнее пользоваться коэффициентом изменчивости ( $CV$ ), который показывает изменчивость в относительных величинах, а именно – в процентах.

Для вычисления коэффициента изменчивости определенного признака, величину его сигмы делят на среднюю арифметическую, а полученный результат умножают на 100 %. Формула коэффициента изменчивости следующая:  $\tilde{v} = \frac{\delta}{\bar{x}} * 100\%$  Чем больше величина  $CV$ , тем более изменчив признак.

Коэффициент изменчивости имеет три уровня: 1-й уровень  $CV$  до 15% – низкая изменчивость, 2-й уровень с 16 до 25 % – средняя и 3-й уровень с 26 % и более – высокая изменчивость.

Пример. Необходимо сравнить изменчивость различных признаков в группе животных по следующим показателям:

|                          | $\bar{X}$ | $\pm\delta$ |
|--------------------------|-----------|-------------|
| 1. Живая масса коров, кг | 500,0     | 48,50       |
| 2. Суточный удой, л      | 15,5      | 2,58        |
| 3. Жирность молока, %    | 4,0       | 0,51        |
| 4. Высота в холке, см    | 160,0     | 10,39       |

Подставляя данные величины в формулу получим коэффициенты изменчивости различных изучаемых признаков:

$$1. \tilde{N}v = \frac{48,50}{500,0} * 100 = 9,7\%$$

$$2. \tilde{N}v = \frac{2,58}{15,5} * 100 = 16,6\%$$

$$3. \tilde{N}v = \frac{0,51}{4,0} * 100 = 12,8\%$$

$$4. \tilde{N}v = \frac{10,39}{160,0} * 100 = 6,5\%$$

При сравнении коэффициентов изменчивости видно, что наибольшее разнообразие признака наблюдается по удою молока (16,6 %), наименьшее – по высоте в холке коров (6,5 %). В нашей задаче по настригу шерсти у овец коэффициент изменчивости составил что указывает на средний уровень изменчивости признака.

$$\tilde{N}v = \frac{1,07}{5,03} * 100 = 21,3\%$$

**При сравнении двух групп животных по изменчивости одного признака следует пользоваться средними квадратическими отклонениями ( $\delta$ ), а не коэффициентами вариации ( $CV$ ), зависящими от величины средней арифметической ( $X$ ).** Поэтому даже при одинаковой величине сигмы коэффициенты вариации могут быть различны, если неодинаковые средние арифметические, что может привести к неправильным выводам. Например. Результаты биометрической обработки двух групп животных показывают, что живая масса

1-ой группы:  $\bar{O}1=15,0$  кг,  $\delta=\pm 2,4$  кг, а

2-ой группы:  $\bar{O}2=19,0$  кг,  $\delta=\pm 2,4$  кг.

Наблюдаемая разница в 4,0 кг ( $19,0-15,0=4,0$  кг) показывает межгрупповое различие средних арифметических 2-х выборок. Однако, внутригрупповая изменчивость живой массы животных как 1-ой так и 2-ой группы находится на одном уровне ( $\delta=\pm 2,4$  кг). Тогда как, рассматривая вариабельность признака через призму коэффициента изменчивости, находим что в 1-ой группе он будет составлять 16,0 % (средняя степень изменчивости), а во 2-ой группе – 12,6 % (низкая степень изменчивости).

Генетическая и селекционная науки выявили разную степень изменчивости основных селекционных признаков. За последние годы установлены коэффициенты изменчивости для одних и тех же признаков у разных пород. Использование коэффициента изменчивости в таком многообразном плане значительно расширяет информацию для решения практических задач и углубленного теоретического анализа особенностей популяции животных.

#### **Особенности коэффициента изменчивости.**

1. Величина коэффициента изменчивости не должна рассматриваться отдельно от средней арифметической и сигмы. Например. При близких значениях коэффициента изменчивости ( $CV_1=16,0\%$  и  $CV_2=16,0\%$ ), полученных на 2-х выборках, абсолютные величины  $\bar{O}1=15,0$  кг и  $\bar{O}2=18,0$  кг;  $\delta_1=\pm 2,40$  кг и  $\delta_2=\pm 2,88$  кг) для этих совокупностей могут быть совершенно на разных уровнях. Следовательно, одинаковая или близкая величина  $CV$  двух выборок еще не означает, что они качественно близки.

2. Одинаковые величины  $CV$  двух выборок могут быть результатом разных причин, а именно:  $CV$  может увеличиваться или за счет повышенного числителя, т.е. более высокой величины  $\delta$  одной выборки, или за счет уменьшенного знаменателя, т.е.  $X$ . Эти особенности необходимо учитывать при анализе материала, чтобы не впасть в ошибку и не сделать неправильные

выводы, беря величину  $CV$  вне связи с величиной  $X$  и  $\delta$ .

3. Коэффициент изменчивости целесообразно использовать при изучении показателей характеризующих возрастные особенности животных. Использование  $CV$  совместно с  $X$  и  $\delta$  дает ясное представление о динамике и закономерностях онтогенеза по тому или иному признаку.

4. Коэффициент изменчивости имеет большое значение при планировании объема опыта. Так как правильно установленный объем опыта позволяет получать достоверные биометрические параметры.

**Вычисление средней арифметической « $X$ », среднего квадратического отклонения « $\delta$ » и коэффициента изменчивости « $CV$ » в малочисленных выборках.**

Средняя арифметическая является основным показателем характеризующим совокупность по величине изучаемого признака. Установление степени разнообразия признака в популяциях имеет определенное значение в селекции. Таким показателем разнообразия признака является среднее квадратическое отклонение  $\delta$ , которое учитывает отклонение каждой варианты от средней арифметической. При изучении разнообразия признаков, выраженных в различных единицах измерения, используют другой показатель – коэффициент вариации ( $CV$ ).

Известны два метода вычисления  $X$  и  $\delta$  в малых выборках.

*1-й метод* – вычисление  $\delta$  при малой выборке с использованием условной средней (табл. 3). Применяется он в основном тогда, когда цифры дробные и более чем трехзначные.

Пример. Вычислить  $X$ ,  $\delta$  и  $CV$  по настригу шерсти овец,  $n=10$  гол., данные в кг: 4,8-3,2-6,7-4,4-4,6-4,7-4,4-5,3-5,4-6,1.

При статистической обработке малых выборок рекомендуют работать с двухзначными числами. Это можно сделать с любыми числами, используя одно из свойств средней арифметической (то есть, если число четырехзначное, то его делят на 100, а если однозначное, то умножают на 10 и т.д.). Статистическую обработку ведут следующим образом. За условную среднюю ( $A$ ) можно брать любое число, но обычно для удобства берут целое число избегая крайние варианты ( $V_{min}=3,2$  и  $V_{max}=6,7$ ). В данном примере удобнее взять  $V=4,8$  кг ( $3,2+6,7=9,9:2=4,95\approx 5,0$ ).

Вычисляем отклонения вариант от условной средней по формуле  $D=VA$ , записываем в графу  $D$  и суммируем  $\sum D=+1,6$ . Далее отклонения возводят в квадрат и результат записывают в третью графу  $D^2$  и суммируем  $\sum D^2=8,84$ .

Средняя арифметическая рассчитывается по формуле:

$\bar{X} = A + \frac{\sum D}{n} = 4,8 + \frac{1,6}{10} = 4,8 + 0,16 = 4,96$ , а может  $\bar{X} = \frac{V_1+V_2+V_3+\dots}{n} = \frac{\sum V_i}{n}$  и получим такую же  $\bar{X} = 4,96$  кг.

Среднее квадратическое отклонение вычисляют по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum D^2 - b}{n - 1}}$$

где  $n$  – количество вариантов,  $b$  – поправка к условной средней. Она вычисляется по формуле:

$$b = \frac{(\sum D^2)}{n} = \frac{(+1,6^2)}{10} = \frac{2,56}{10} = 0,256,$$

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum D^2 - b}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{8,84 - 0,256}{10-1}} = \pm \sqrt{\frac{8,584}{9}} = \pm \sqrt{0,954} = \pm 0,98,$$

Следовательно коэффициент изменчивости будет равен:

$$\tilde{N}v = \frac{\delta * 100\%}{\bar{D}} = \frac{0,98 * 100}{4,96} = 19,8\%$$

Таблица 3 – Вычисление  $\delta$  с использованием условной средней  $A$

| № п/п | Вариант, $V$ | Отклонение, $D = V-A$ | Квадрат отклонения, $D^2$ |
|-------|--------------|-----------------------|---------------------------|
| 1     | 4,8          | 0                     | 0                         |
| 2     | 3,2          | -1,6                  | 2,56                      |
| 3     | 6,7          | +1,9                  | 3,61                      |
| 4     | 4,4          | -0,4                  | 0,16                      |
| 5     | 4,6          | -0,2                  | 0,04                      |
| 6     | 4,7          | -0,1                  | 0,01                      |
| 7     | 4,4          | -0,4                  | 0,16                      |
| 8     | 5,3          | +0,5                  | 0,25                      |
| 9     | 5,4          | +0,6                  | 0,36                      |
| 10    | 6,1          | +1,3                  | 1,69                      |
|       | $n=10$       | $\sum D=+1,6$         | $\sum D^2=8,84$           |

2-й метод – вычисление среднего квадратического отклонения в малых выборках с использованием средней арифметической, где  $\sum D=0$  (табл.4).

Приведем расчет  $\bar{X}$ ,  $\delta$  и  $CV$  по данным использованным в 1-ом методе.

Таблица 4 – Вычисление  $\delta$  с использованием средней арифметической  $\bar{X}$

| № п/п | Вариант, $V$        | Отклонение, $D=V-\bar{X}$ | Квадрат отклонения, $D^2$ |
|-------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1     | 4,8                 | -0,16                     | 0,0256                    |
| 2     | 3,2                 | -1,76                     | 3,0976                    |
| 3     | 6,7                 | +1,74                     | 3,0276                    |
| 4     | 4,4                 | -0,56                     | 0,3136                    |
| 5     | 4,6                 | -0,36                     | 0,1296                    |
| 6     | 4,7                 | -0,26                     | 0,0676                    |
| 7     | 4,4                 | -0,56                     | 0,3136                    |
| 8     | 5,3                 | +0,34                     | 0,1156                    |
| 9     | 5,4                 | +0,44                     | 0,1936                    |
| 10    | 6,1                 | +1,14                     | 1,2996                    |
|       | $n=10 \sum Vi=49,6$ | $\sum D=0$                | $\sum D^2=8,8144$         |

Среднюю арифметическую вычисляем по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum V_i}{n} = \frac{49,6}{10} = 4,96 \text{ кг.}$$

Отклонение вариант от средней арифметической вычисляем по формуле  $D=V-\bar{X}$ , записываем разность в графу  $D$  и суммируем, где  $\sum D=0$ . В третью графу вносим показатели отклонения возведенного в квадрат и суммируем:  $\sum D^2= 8,8144$ . Среднее квадратическое отклонение вычисляем по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum D^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{8,8144}{10-1}} = \pm \sqrt{0,97} = \pm 0,98 \text{ кг.},$$

$$\tilde{N}v = \frac{0,98 * 100}{4,96} = 19,8\%$$

Вывод – показатель изменчивости настрига шерсти у овец средний при  $CV=19,8\%$ .

**Ошибка средней арифметической ( $\pm m_x$ ) для большой и малой выборки.** При проведении экспериментальных работ в животноводстве, а также в практической селекционной работе основные параметры совокупности ( $X$ ,  $\delta$ ,  $Cv$  и др.) вычисляют, как правило, не по генеральной совокупности, а по выборочной. Поэтому статистические параметры для выборки могут несколько отличаться от тех их значений, которые были бы получены для генеральной совокупности. Следовательно необходимо добиваться того, чтобы статистические ошибки были полностью устранены, а если их нельзя избежать, то следует свести к минимуму.

Статистические ошибки обусловлены самим выборочным методом, при котором из генеральной совокупности отбирается по принципу случайности часть ее членов (случайная выборка).

Таким образом, случайная выборка составляя часть генеральной совокупности, должна достаточно правильно отражать свойства генеральной совокупности. Но как часть чего-либо не может полноценно отражать свойства целого, так и выборка не может полностью отражать генеральной совокупности, в результате чего и возникает статистическая ошибка. Поэтому все статистические параметры вычисленные для выборочной совокупности, могут в той или иной мере не совпадать, а отличаться по своей величине от аналогичных параметров для всей генеральной совокупности.

Чем меньше ошибка, тем лучше выборочные параметры ( $X$ ,  $\delta$ ,  $CV$  и т.д.) характеризуют генеральную совокупность.

В биометрии разработаны приемы вычисления величины ошибок. По величине ошибки и соотношению ее с той выборочной характеристикой, для которой она вычислена, можно судить о том, достаточно ли точно выборочные данные отражают параметры присущие генеральной совокупности. Если в обработку включены все члены генеральной совокупности, то никаких ошибок не возникает и вычислять их не нужно.

Для того чтобы вычисленные параметры выборки более точно соответствовали аналогичным параметрам генеральной совокупности, необходимо добиваться уменьшения ошибки. Следовательно, чем больше объем выборки приближается к объему генеральной совокупности, и чем меньше варьирует признак, тем лучше выборка отражает свойства генеральной совокупности и тем меньше будут ошибки у всех выборочных коэффициентов. Так как степень изменчивости признака объективно существует у членов совокупности и изменять его по усмотрению экспериментатора нельзя, то влиять на величину ошибки можно путем определения необходимого объема выборки, численность которой обеспечит достаточное совпадение выборочных коэффициентов с коэффициентами генеральной совокупности.

Увеличение объема выборки дает уменьшение статистических ошибок. Это особенно необходимо учитывать при изучении объектов имеющих сильное варьирование признаков. Однако, увеличение объема выборки связано с увеличением затрат труда, времени и средств на получение и обработку цифрового материала. Следовательно, необходимо заранее определить такой объем выборки, который обеспечит достаточную точность опыта, т.е. достаточное совпадение выборочных статистических параметров с параметрами генеральной совокупности, и в то же время не потребует больших затрат для опыта и обработки материалов, но гарантирует получение достоверных статистических выборочных параметров.

В структуру формул статистических ошибок включают показатель изменчивости признака и объем выборки. В зоотехнической и ветеринарной литературе статистическую

ошибку принято обозначать буквой « $m$ » с подстрочным значком того параметра, для которого его вычисляют.

Формулы статистических ошибок для основных генетико-статистических параметров следующие: ошибка средней арифметической для выборки  $n \geq 30$   $m_x = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$ ;  $n < 30$   $m_x = \frac{\delta}{\sqrt{n-1}}$

Ошибка среднего квадратического отклонения  $m_\delta = \frac{\delta}{\sqrt{2n}}$ ; ошибка коэффициента изменчивости  $m_{\tilde{v}} = \frac{Cv}{\sqrt{2n}}$  и др. Ошибки используются для установления доверительных границ в генеральной совокупности, достоверности выборочных показателей и разности, установления объема выборок при их исследованиях.

**Ошибка средней арифметической есть неточность или разность между средней арифметической выборки и средней арифметической генеральной совокупности.** Ошибка средней арифметической может быть выражена не только в именованных величинах, но и в относительных, т.е. в процентах. В этом случае ее называют показателем точности ( $E$ ) и вычисляют путем определения процентного выражения ошибки от средней арифметической:  $E = \frac{m_x}{\bar{x}} * 100\%$ .

Чем меньше величина  $E$ , тем достовернее, надежнее полученная средняя арифметическая. В выборке из овец (по данным задачи) определен средний настриг шерсти  $X = 5,03$  кг, а  $\delta = \pm 1,07$  кг. Следовательно, ошибка средней арифметической данной выборки будет составлять

$$m_{\bar{x}} = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n}} = \pm \frac{1,07}{\sqrt{40}} = \pm 0,17 \text{ кг.}$$

Средний настриг шерсти изучаемой выборки можно записать так  $X \pm m = 5,03 \pm 0,17$  кг.

В малочисленных выборках ( $n < 30$ ) ошибка вычисляется по формуле

$$m_{\bar{x}} = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n-1}}$$

Из формулы видно, что ошибка прямо пропорциональна величине изменчивости признака ( $\delta$ ) и обратно пропорциональна квадратному корню из объема выборки. Следовательно, чем больше « $n$ » и чем меньше « $\delta$ », тем меньше величина ошибки. Ошибка является именованной величиной и выражается так же, как и средняя арифметическая, для которой она вычислена. Наличие у показателя ошибки знаков плюс и минус означает, что величина генеральной средней будет находиться в каких-то границах, отстоящих от выборочной средней арифметической на определенную величину ( $X_{ген} = 5,03 - 0,17 = 4,86$  кг,  $X_{ген} = 5,03 + 0,17 = 5,20$  кг).

**Вычисление критерия достоверности средней арифметической выборки.** Для определения достоверности полученной выборочной средней арифметической используется ее ошибка. Критерий достоверности ( $t$ ) определяют по формуле

$$t_{\bar{x}} = \frac{\bar{x}}{m_{\bar{x}}}$$

По величине  $t$  судят о достоверности данного статистического параметра, основываясь на связи этой величины с уровнем вероятности  $P$ .

Так, при стандартном  $t_1 = 1,96$ , вероятность  $P \geq 0,95$ ,

$t_2 = 2,58$  вероятность  $P \geq 0,99$ ,

$t_3 = 3,30$ , вероятность  $P \geq 0,999$ .

Эти данные показывают, какова вероятность того, что вычисленный параметр  $t$  (критерий достоверности средней арифметической) достоверно отражает уровень такого же параметра генеральной совокупности. Если, в конкретном примере  $t = 1,96$ , а  $P \geq 0,95$ , то это значит, что из 100 вариантов выборки в 95 будет получено такое же значение параметра, какое получено в данной выборке, где  $t_{\bar{x}} = 1,96$ . Величину  $t_{0,95} = 1,96$  называют

первым порогом достоверности. Она дает возможность считать данные, полученные в выборке, достоверными, то есть правильно отражающими параметр генеральной совокупности. Этот порог считается минимальным для работ, имеющих поисковый характер, для научно-исследовательских опытов на производстве.

Второй порог достоверности принято брать на уровне  $P \geq 0,99$ , когда  $t_{\bar{x}} = 2,58$ . Этот показатель используют в том случае, когда требуется детализация различных явлений и закономерностей, например для генетических исследований.

Третий порог принято брать на уровне  $P \geq 0,999$ , то есть при  $t_{\bar{x}} = 3,3$ . В этом случае вероятность правильности выборочного параметра подтверждалось бы в 99,9 опытах из 100. И только в 0,1 случае параметры в выборках могли быть другими по величине. Этот порог достоверности принято использовать при изучении действия дозировок опасных препаратов. Если в конкретном материале критерий достоверности ( $t$ ) больше трех или четырех, то это значит, что достоверность вычисленных параметров высоковероятна.

В научной литературе иногда выражают показатель вероятности в величинах значимости  $P$ , которая отмечает уровень риска и ошибочности вывода. Следовательно, при  $P \geq 0,95$  величина значимости  $P \leq 0,05$ , что соответствует значимости риска и ошибочности вывода. При  $P \geq 0,99$ , значимость меньше или равна  $\leq 0,01$ , при  $P \geq 0,999$ , значимость меньше или равна  $\leq 0,001$ .

Критерий достоверности для средней арифметической настрига шерсти у овец будет следующий:

$$t_{\bar{x}} = \frac{\bar{X}}{m_{\bar{x}}} = \frac{5,03}{0,17} = 29,6$$

При таком критерии достоверности ( $t_{\bar{x}} = 29,6$ ) варианты генеральной совокупности средней арифметической будут находиться в пределах:

$$\tilde{X} = \bar{X} \pm t_{\bar{x}} * m_{\bar{x}}$$

где  $\bar{X}$  – средняя арифметическая генеральной совокупности;  $\bar{X}$  средняя арифметическая выборки;  $m_{\bar{x}}$  ошибка средней арифметической выборки;  $t_{\bar{x}}$  критерий достоверности средней арифметической, стандартный.

При использовании первого порога достоверности генеральный параметр будет находиться в пределах от  $+t \cdot m$  до  $-t \cdot m$ , т.е. от  $+1,96 \cdot m$  до  $-1,96 \cdot m$ . Эти границы возможного нахождения генерального параметра называются доверительными границами (или границами доверительного интервала). Для упрощения расчетов можно провести округление:  $t = 1,96 \approx 2,0$ .

В нашем примере доверительные границы при первом уровне стандартной достоверности средней арифметической для настрига шерсти у овец будут следующие:

$$\text{верхняя граница } \tilde{X} = \bar{X} + t * m = 5,03 + 2,0 * 0,17 = 5,37 \text{ кг.}$$

$$\text{нижняя граница } \tilde{X} = \bar{X} - t * m = 5,03 - 2,0 * 0,17 = 4,69 \text{ кг.}$$

Таким образом, для выборочной средней настриг шерсти равен 5,03 кг, а настриг в генеральной совокупности находится в границах 4,69-5,37 кг, что можно утверждать с вероятностью 0,95 или 95 %. Фактическая величина ( $t_{\bar{x}} = 29,6$ ) критерия для средней арифметической настрига шерсти у овец оказалась значительно выше первого порога стандартного значения достоверности ( $t \approx 2,0$ ). Следовательно, полученная средняя арифметическая имеет очень высокую достоверность.

Если вычисленное значение  $t_{\bar{x}}$  будет меньше 1,96 (при самом низком уровне вероятности), то выборочный параметр (средняя арифметическая) недостоверен, т.е. он не может служить характеристикой генеральной совокупности, и в этом случае полученные в опыте данные не имеют ценности, так как выводы не могут быть распространены на генеральную совокупность, изучение которой служит основной целью опыта, построенного на выборочном методе. Чаще всего недостоверность средней есть следствие недостаточного объема выборки, т.е. слишком мало число наблюдений. В таких случаях необходимо увеличить число животных в выборке и заново ставить опыт.

**Оценка достоверности разности между средними величинами двух выборок.** Во многих исследованиях возникает необходимость сравнить средние арифметические двух групп животных. Средние двух сравниваемых групп всегда в некоторой степени отличаются друг от друга. Поэтому необходимо установить, достоверна ли разность между средними.

При решении задач определяют разность ( $d$ ) между двумя средними арифметическими  $d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$ , а также среднюю ошибку разности ( $m_d$ )  $m_d = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$  где  $\bar{X}_1$  – большая величина из двух средних арифметических;  $\bar{X}_2$  – меньшая величина из двух средних арифметических;  $m_1, m_2$  – квадраты ошибок средней арифметической по каждой выборке.

Критерий достоверности разности между средними величинами двух групп определяют по формуле:

$$t_d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

Данную формулу используют в тех случаях, когда сопоставляемые выборки между собой не коррелированы. Примером таких выборок будут группы опыта, составленные из неродственных друг другу животных - аналогов.

В зависимости от того, какой вопрос решается статистическим методом с использованием выборочной совокупности, требование к порогу (уровню) достоверности выбирается различное.

| Уровень достоверности | Характер изучаемого вопроса  |
|-----------------------|--|
| $Ne < t=1,96 P=0,95$  | Биологические вопросы, научно-хозяйственные опыты, поисковые эксперименты                |
| $Ne < t=2,58 P=0,99$  | Вопросы экономического и производственного характера, по которым будут даны рекомендации |
| $Ne < t=3,29 P=0,999$ | Изучение действия опасных для жизни препаратов и заключение о дозах безвредности         |

Для генетических и селекционных целей используют два первых порога достоверности. Высокий критерий достоверности (вероятности  $P=0,999$ ) необходимо применять при работе с опасными веществами (дозы яда, облучения и т.д.).

Величина критерия достоверности тесно связана с величиной вероятности ( $P$ ). Понятие «значимость» является как бы обратным по смыслу понятию «вероятность». Так, если мы говорим, что полученная средняя арифметическая или разность между средними арифметическими двух выборок достоверна на уровне вероятности  $P=0,99$  (или 99 %), то это в то же время соответствует уровню значимости  $P=0,01$  (или 1 %). Уровень значимости показывает, что нахождение генерального параметра за пределами данных границ доверительного интервала может иметь место в результате случайности с вероятностью 0,01 (или 1 %), а с вероятностью 0,99 (или 99 %) утверждается, что он находится в принятых границах доверительного интервала. Использование уровня значимости удобно в том смысле, что он показывает – процент ошибочных случаев. Так, значимость 0,05 указывает на то, что в результате случайности ошибка в выводах будет наблюдаться в 5 % случаев.

Например, необходимо установить достоверность разности между средней живой массой коров черно-пестрой ( $\bar{X}_1$ ) и красной степной породы ( $\bar{X}_2$ ), если  $\bar{X}_1=580$  кг,  $m=\pm 2,12$  кг,  $n=55$  гол.;  $\bar{X}_2=600$  кг,  $m=\pm 1,63$ ,  $n=72$  гол. Установить достоверность разности между средними показателями живой массы коров в этих группах:

$$t_d = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} = \frac{600 - 580}{\sqrt{2,12^2 + 1,63^2}} = \frac{20}{\sqrt{7,151}} = \frac{20}{2,67} = 7,5.$$



Критерий достоверности зависит от числа наблюдений в выборке. Для устранения влияния числа наблюдений на величину критерия достоверности с учетом числа степеней свободы ( $\nu$ ) для трех уровней вероятности используют таблицу Стьюдента (табл. 5).

Таблица 5 – Стандартные значения критерия достоверности (по Стьюденту) при трех уровнях вероятности

| Число степеней свободы, $\nu$ | Уровень вероятности, P |       |        | Число степеней свободы, $\nu$ | Уровень вероятности, P |      |       |
|-------------------------------|------------------------|-------|--------|-------------------------------|------------------------|------|-------|
|                               | 0,95                   | 0,99  | 0,999  |                               | 0,95                   | 0,99 | 0,999 |
| 1                             | 12,71                  | 63,66 | 637,00 | 21                            | 2,08                   | 2,83 | 2,82  |
| 2                             | 4,30                   | 9,93  | 31,60  | 22                            | 2,07                   | 2,82 | 3,79  |
| 3                             | 3,18                   | 5,84  | 12,94  | 23                            | 2,07                   | 2,81 | 3,77  |
| 4                             | 2,78                   | 4,60  | 8,61   | 24                            | 2,06                   | 2,80 | 3,75  |
| 5                             | 2,57                   | 4,03  | 6,86   | 25                            | 2,06                   | 2,76 | 3,73  |
| 6                             | 2,45                   | 3,71  | 5,96   | 26                            | 2,06                   | 2,78 | 3,71  |
| 7                             | 2,37                   | 3,50  | 5,41   | 27                            | 2,05                   | 2,77 | 3,69  |
| 8                             | 2,31                   | 3,36  | 5,04   | 28                            | 2,05                   | 2,76 | 3,67  |
| 9                             | 2,26                   | 3,25  | 4,78   | 29                            | 2,05                   | 2,76 | 3,66  |
| 10                            | 2,23                   | 3,17  | 4,59   | 30                            | 2,04                   | 2,75 | 3,65  |
| 11                            | 2,20                   | 3,11  | 4,44   | 35                            | 2,03                   | 2,72 | 3,59  |
| 12                            | 2,18                   | 3,06  | 4,32   | 40                            | 2,02                   | 2,70 | 3,55  |
| 13                            | 2,16                   | 3,01  | 4,22   | 45                            | 2,01                   | 2,69 | 3,52  |
| 14                            | 2,15                   | 2,98  | 4,14   | 50                            | 2,01                   | 2,68 | 3,50  |
| 15                            | 2,13                   | 2,95  | 4,07   | 60                            | 2,00                   | 2,66 | 3,46  |
| 16                            | 2,12                   | 2,92  | 4,02   | 70                            | 1,99                   | 2,65 | 3,43  |
| 17                            | 2,11                   | 2,90  | 3,97   | 80                            | 1,99                   | 2,64 | 3,42  |
| 18                            | 2,10                   | 2,88  | 3,92   | 90                            | 1,98                   | 2,63 | 3,40  |
| 19                            | 2,09                   | 2,86  | 3,88   | 100                           | 1,98                   | 2,62 | 3,37  |
| 20                            | 2,09                   | 2,85  | 3,85   | 120 и выше                    | 1,96                   | 2,56 | 3,29  |

Число степеней свободы – это число наблюдений, уменьшенное на число ограничений ( $n - 1, n_1 + n_2 - 2$  и т.д.). В примере с установлением достоверности разности между живой массой коров двух групп число степеней свободы будет следующее:  $\nu = n_1 + n_2 - 2 = 55 + 72 - 2 = 125$

По данным таблицы Стьюдента находим стандартные значения критерия достоверности ( $t_{st}$ ) с учетом числа степеней свободы  $\nu = 125$ , которые при уровне вероятности  $P=0,95$  составляют  $t_d=1,96$ , при  $P=0,99$  –  $t_d=2,56$  и при  $P=0,999$  –  $t_d= 3,29$ . При сравнении фактически полученного в нашем примере значения критерия достоверности ( $t_d=7,5$ ) со стандартным значением ( $t_{st}=3,29$ ) видно, что  $t_d > t_{st}$  для третьего уровня вероятности. Это указывает, что разность по живой массе двух групп коров статистически достоверна при  $P > 0,999$  (или  $P < 0,001$ ).

Таблица Стьюдента пригодна при определении критерия достоверности для средних арифметических, достоверности разности, коэффициентов корреляции.

#### **Корреляция – показатель связи между признаками**

Явление связи между различными признаками широко распространено в природе. По своим особенностям связь может быть подразделена на функциональную и коррелятивную.

Для функциональной связи характерно то, что при изменении одного показателя на определенную величину другой, с ним сопряженный показатель принимает всегда одно определенное значение. Например, на явлении функциональной связи между температурой окружающей среды и расширением твердых, жидких и газообразных тел основано изготовление приборов измеряющих температуру, так как увеличение температуры окружающей среды на один градус сопровождается вполне определенным коэффициентом расширения тел.

Коррелятивные связи типичны для объектов и процессов, происходящих в живой природе. При этом если один признак изменяется на какую-то определенную величину, то другой может принимать различные значения.

Например, изменение питательности рациона на одну кормовую единицу по разному изменит уровень удоя коров данной группы: у одних животных будет более высокая прибавка удоя, у других меньшая, а некоторые могут реагировать на это снижением удоя, или сохранить его без изменения.

Корреляционная связь наблюдается не только между количественными признаками, но и между качественными. Например, известна связь между типом конституции романовских овец и их шубными качествами.

Связь между признаками позволяет осуществлять косвенную селекцию, когда отбор по одному из коррелирующих признаков будет приводить косвенно, на основе сопряженности, к отбору животных и по другому признаку. Например, отбирая коров с более высоким процентом жира в молоке, тем самым выделяют животных имеющих в среднем более высокое содержание белка в молоке.

Корреляцией называется взаимосвязь между признаками в организме или особями одного пола и вида. Коэффициент корреляции  $r$  – основной биометрический показатель, позволяющий определить величину связи между двумя, тремя и большим числом признаков. Величина этого коэффициента имеет дробное значение в пределах от 0 до  $\pm 1$ . Чем ближе показатель к единице, тем больше связь между коррелирующими признаками. По форме корреляция может быть прямолинейной и криволинейной, по направлению – положительной (прямой) и отрицательной (обратной), на что указывает знак «плюс» или «минус».

Прямой называется такая корреляция, когда с увеличением одного признака увеличивается и другой. Например, с увеличением обхвата груди у животного увеличивается его живая масса. Обратной называется такая корреляция, когда с увеличением одного признака другой уменьшается.

Например, с увеличением удоя молока процент жира в нем снижается.

Приняты три степени корреляции:  $r=0,1-0,3$  – связь слабая;  $0,4-0,6$  – средняя;  $0,7-1,0$  – высокая. Примеры положительной и отрицательной корреляции между различными признаками у разных видов животных приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Корреляция между некоторыми признаками крупного рогатого скота, свиней, овец

| Коррелирующие признаки                                 | Коэффициент корреляции |
|--|------------------------|
| Крупный рогатый скот:                                  |                        |
| молочный   |                        |
| Удой – % жира  | от -0,001 до -0,376    |
| Удой – % белка   | от -0,10 до -0,36      |
| Удой – количество молочного жира<br>Удой – живая масса | 0,88-0,98<br>0,02-0,65 |
| Удой – обхват вымени<br>мясной                         | 0,43-0,72              |

|   |                   |
|---|-------------------|
| Масса при рождении – прирост живой массы до отъема                    | 0,46-0,50         |
| Среднесуточный прирост – конечная масса                               | 0,77-0,80         |
| Масса телят при отъеме – молочность матерей                           | 0,70-0,80         |
| Свиньи:   |                   |
| Средняя масса поросят при рождении – средняя масса поросят при отъеме | 0,54-0,90         |
| Количество поросят при отъеме – масса поросят при отъеме              | 0,82-0,90         |
| Овцы:   |                   |
| Густота шерсти – настриг шерсти                                       | 0,12-0,53         |
| Масса невытой шерсти – масса шерсти                                   | 0,81-0,93         |
| Длина шерсти – настриг шерсти   | 0,20-0,31         |
| Густота шерсти – длина шерсти   | от -0,12 до -0,26 |

### **Свойства коэффициента корреляции.**

1. Если точки в корреляционной решетке расположены по диагонали идущей с верхнего левого угла в нижний правый, тогда корреляция будет прямая или положительная.

2. Если точки в решетке располагаются по диагонали идущей с верхнего угла в нижний левый, то корреляция обратная или отрицательная.

3. Если точки разбросаны по решетке, то корреляцию устанавливают используя формулу.

4. Коэффициент корреляции выявляет величину и направление связи лишь тогда, когда связь между признаками близка к прямолинейной.

5. Для измерения криволинейного типа связи этот коэффициент непригоден: он или совсем не может ее выявить или дает уменьшенную величину.

Например, при криволинейной связи, характеризующей связь удоя с месяцем лактации, когда последний показатель увеличивается, а удои в некоторый период лактации увеличивается, а затем уменьшается (криволинейность типа параболы), коэффициентом корреляции пользоваться нельзя. Поэтому, прежде чем вычислить коэффициент корреляции, необходимо установить, какой тип связи может быть между коррелируемыми признаками: близкий к прямолинейному или сильно выраженный криволинейный. Это достигается путем анализа литературных данных или предположения, основывающегося на знании биологических особенностей признаков и взаимосвязей между ними.

По степени частоты или рассеяния частот, по клеткам решетки можно также судить заранее о том, будет ли величина «r» большой, средней или малой (рис.1). Если частоты образуют узкий эллипс, то связь будет высокой. При более широком эллипсоидном распределении частот по диагоналям – связь близка к средней, при размещении частот по большинству клеток решетки, связь или очень мала или отсутствует. При распределении частот не в форме эллипса, а серповидно – можно предполагать, что связь криволинейна.

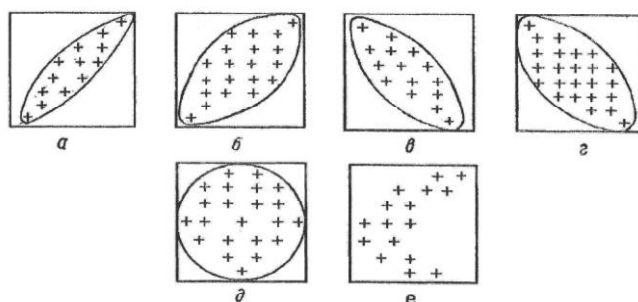


Рисунок 1. Распределение частот в корреляционной решетке при различной степени и направлении связи между признаками:

- а)  $r$  – высокая степень со знаком минус;
- б)  $r$  – средняя степень со знаком минус;
- в)  $r$  – высокая степень со знаком плюс;
- г)  $r$  – средняя степень со знаком плюс;
- д)  $r \approx 0$ ;
- е)  $r$  – криволинейная связь.

Для вычисления коэффициента корреляции в малых и больших выборках существует несколько рабочих формул, которые дают одинаковый конечный результат. Поэтому использование той или иной рабочей формулы чаще всего связано с удобствами вычисления.

**Коэффициент корреляции в малых выборках** широко применяют при определении связи между признаками у родственных групп животных для решения вопросов связанных с выявлением закономерностей наследования и наследственности.

Наиболее удобны для вычисления коэффициента фенотипической корреляции в малых выборках следующие формулы:

$$r = \frac{\sum x * y - \frac{\sum x * \sum y}{n}}{\sqrt{C_x * C_y}}, r = \frac{C_x + C_y - C_d}{2 * \sqrt{C_x * C_y}}$$

где  $n$  – число наблюдений в выборке;  $x$  и  $y$  – значение вариант первого и второго признака;  $C$  – сумма квадратов центральных отклонений вычисляемая по формуле:

$$C_x = \sum X^2 - \frac{(\sum x^2)}{n}, C_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y^2)}{n}, C_d = \sum d^2 - \frac{(\sum d^2)}{n}$$

Техника вычисления коэффициента корреляции на примере взаимосвязи между возрастом и плодовитостью у свиноматок по данным малой выборки ( $n=10$ ) приводится в табл.7.

Таблица 7 – Вычисление коэффициента корреляции между возрастом свиноматок и числом поросят в помете

| № п/п | Возраст, x  | Количество поросят, y | x·y                  | x <sup>2</sup> | y <sup>2</sup>  | d=x-y   | d <sup>2</sup> |
|-------|-------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------|---------|----------------|
| 1     | 2           | 9                     | 18                   | 4              | 81              | -7      | 49             |
| 2     | 1           | 7                     | 7                    | 1              | 49              | -6      | 36             |
| 3     | 5           | 11                    | 55                   | 25             | 121             | -6      | 36             |
| 4     | 7           | 10                    | 70                   | 49             | 100             | -3      | 9              |
| 5     | 3           | 11                    | 33                   | 9              | 121             | -8      | 64             |
| 6     | 2           | 8                     | 16                   | 4              | 64              | -6      | 36             |
| 7     | 6           | 11                    | 66                   | 36             | 121             | -5      | 25             |
| 8     | 1           | 6                     | 6                    | 1              | 36              | -5      | 25             |
| 9     | 4           | 12                    | 48                   | 16             | 144             | -8      | 64             |
| 10    | 3           | 14                    | 42                   | 9              | 196             | -11     | 121            |
|       | $\sum x=34$ | $\sum y=99$           | $\sum x \cdot y=361$ | $\sum x^2=154$ | $\sum y^2=1033$ | $d=-65$ | $\sum d^2=465$ |

В рассматриваемом примере возраст свиноматок выражен порядковым номером опроса, плодовитость — количеством поросят в помете.

Числа каждого столбца суммируют. Полученные суммы позволяют вычислить величины  $C_x, C_y, C_d$ :

$$C_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 154 - \frac{34^2}{10} = 154 - \frac{1156}{10} = 154 - 115,6 = 38,4$$

$$C_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 1033 - \frac{99^2}{10} = 1033 - \frac{9801}{10} = 1033 - 980,10 = 52,9$$

$$C_d = \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n} = 465 - \frac{65^2}{10} = 465 - \frac{4225}{10} = 465 - 422,5 = 42,5$$

Соответствующие цифровые значения подставляем в первую формулу:

$$r = \frac{\sum \tilde{o} * \tilde{o} - \frac{\sum \tilde{o} * \sum \tilde{o}}{n}}{\sqrt{\tilde{N}_{\tilde{o}} * \tilde{N}_{\tilde{o}}}} = \frac{361 * \frac{34 * 99}{10} - \frac{361 * 99}{10}}{\sqrt{38,4 * 52,9}} = \frac{361 - 336,5}{45,07} = +0,54$$

По второй формуле должны получить тот же результат:

$$r = \frac{C_x + C_y - C_d}{2 * \sqrt{C_x * C_y}} = \frac{38,4 + 52,9 - 42,5}{2 * \sqrt{38,4 * 52,9}} = \frac{48,8}{80,12} = +0,54$$

Вывод: полученный коэффициент показывает, что корреляция по форме прямолинейная, по направлению – положительная, по степени – средняя взаимосвязь между возрастом свиноматок и количеством поросят в помете.

Коэффициент корреляции в многочисленных выборках ( $n > 30$ ) может быть определен как с помощью корреляционной решетки, так и по формуле.

Для того чтобы построить корреляционную решетку, необходимо иметь показатели по двум признакам не менее чем у 30 животных. Например, установим величину и характер корреляции между живой массой и обхватом груди у коров по следующим данным (табл.8).

Для этого необходимо:

1. Обозначить через  $x$  – живую массу, через  $y$  – обхват груд, найти  $min$  и  $max$  значения вариант по 2 признакам:  $min V_y = 167$  см,  $max V_y = 192$  см,  $min V_x = 360$  кг,  $max V_x = 545$  кг.

2. Найти классовый промежуток по формуле:

$$K = \frac{V_{max} - V_{min}}{\text{кол} - \text{во классов}}$$

$$K_y = \frac{192 - 167}{8} \approx 3 \text{ см} \quad K_x = \frac{545 - 360}{8} \approx 23 \text{ кг}$$

3. Начертить корреляционную решетку (табл. 9), состоящую из 9 взаимопересекающихся вертикальных и горизонтальных граф.

Таблица 8 – Живая масса и обхват груди коров

| n | Живая масса, кг (x) | Обхват груди, см (y) | n  | Живая масса, кг (x) | Обхват груди, см (y) | n  | Живая масса, кг (x) | Обхват груди, см (y) |
|---|---------------------|----------------------|----|---------------------|----------------------|----|---------------------|----------------------|
| 1 | 450                 | 180                  | 11 | 434                 | 180                  | 21 | 445                 | 177                  |
| 2 | 450                 | 181                  | 12 | 519                 | 192                  | 22 | 429                 | 176                  |
| 3 | 387                 | 171                  | 13 | 488                 | 187                  | 23 | 425                 | 176                  |
| 4 | 374                 | 171                  | 14 | 441                 | 178                  | 24 | 457                 | 182                  |
| 5 | 360                 | 167                  | 15 | 456                 | 180                  | 25 | 493                 | 185                  |
| 6 | 454                 | 184                  | 16 | 400                 | 173                  | 26 | 384                 | 173                  |
| 7 | 468                 | 186                  | 17 | 420                 | 178                  | 27 | 488                 | 182                  |

|    |     |     |    |     |     |    |     |     |
|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|
| 8  | 454 | 184 | 18 | 403 | 172 | 28 | 500 | 190 |
| 9  | 441 | 178 | 19 | 390 | 170 | 29 | 432 | 178 |
| 10 | 545 | 191 | 20 | 442 | 179 | 30 | 475 | 185 |

Таблица 9 – Корреляционная решетка

| x \ y   | 360-382 | 383-405 | 406-428 | 429-451 | 452-474 | 475-497 | 498-520 | 521-545 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 167-196 | •       |         |         |         |         |         |         |         |
| 170-172 | •       | • •     |         |         |         |         |         |         |
| 173-175 |         | • •     |         |         |         |         |         |         |
| 176-178 |         |         | • •     | —• •    |         |         |         |         |
| 179-181 |         |         |         | • • •   | •       |         |         |         |
| 182-184 |         |         |         |         | • • •   | •       |         |         |
| 185-187 |         |         |         |         | •       | • • •   |         |         |
| 188-192 |         |         |         |         |         |         | • •     | •       |

4. Составить границы классов по каждому признаку, используя классовый промежуток.

5. Разнести животных в виде точек по корреляционной решетке, учитывая одновременно два признака.

Вывод по корреляционной решетке: точки в корреляционной решетке расположены ближе к диагонали идущей с верхнего левого угла в нижний правый. Это означает, что корреляция между массой и обхватом груди у коров по форме прямолинейная, по направлению – положительная, по степени – высокая.

При вычислении коэффициента фенотипической корреляции для больших выборок ( $n > 30$ ) чаще всего используют следующую формулу:

$$r = \frac{\sum f * a_x * a_y - b_x * b_y * n}{\delta_x * \delta_y * n}$$

где  $a_x$  и  $a_y$  – отклонения от модального класса по признакам  $x$  и  $y$ ;  $f$  – частоты в корреляционной решетке;  $n$  – количество особей;  $b$  – поправка к условной средней;  $\delta$  – сигма вычисляется без учета классового промежутка.

Обработку материала начинают с определения классов и их границ для построения вариационного ряда отдельно для каждого признака, затем составляют корреляционную решетку (табл. 10).

В верхнюю строку решетки вписывают классы живой массы ( $x$ ), а по вертикали – обхват груди ( $y$ ). Разносят данные 30 коров в корреляционную решетку одновременно по обоим признакам. Закончив разноску, подсчитывают в ячейках корреляционной решетки частоты ( $f$ ) с обозначением их соответствующими цифрами которые суммируют и заполняют графы  $f_x$  и  $f_y$ . После чего выбирают условные средние классы по живой массе

( $A_x=429-451$  кг) и обхвату груди ( $A_y=176-178$  см), отделяя их жирными линиями. В решетке образуется четыре квадранта (квадрантчетвертая часть от поделенной плоскости двумя взаимно перпендикулярными прямыми), которые принято обозначать римскими цифрами: I – левый верхний, II – правый верхний, III – левый нижний, IV – правый нижний. Затем записываем ряд условных отклонений,  $a_x$  и  $a_y$ , находят ряды произведений  $f_x \cdot a_x, f_y \cdot a_y, f_x \cdot a_x^2, f_y \cdot a_y^2$  и их суммы. Чтобы вычислить коэффициент корреляции, необходимо найти значение  $\sum f \cdot a_x \cdot a_y$  ( $f$  – число особей в одной клетке решетки), которое получают путем умножения частоты  $f$  на оба условных отклонения  $a_x$  и  $a_y$  ( $f \cdot a_x \cdot a_y$ ), соответствующих каждому классу по признакам  $x$  и  $y$ . При этом следует помнить, что частоты (2, 5, 4), ограниченные нулевыми классами, не учитывают. После получения результатов по каждому квадранту проводят суммирование их с целью получения  $\sum f \cdot a_x \cdot a_y$  для всей корреляционной решетки.

Общая сумма всех четырех квадрантов:  $\sum f \cdot a_x \cdot a_y = 31 + 0 + 0 + 72 = 103$ .

Для расчета коэффициента корреляции необходимо вычислить для каждого вариационного ряда « $b$ » (поправка к условной средней) и « $\delta$ » (сигму вычисляют без учета классового промежутка):

$$b_x = \frac{\sum f_x * a_x}{n} = \frac{5}{30} = 0,17$$

$$b_y = \frac{\sum f_y * a_y}{n} = \frac{24}{30} = 0,8$$

$$\delta_x = \pm \sqrt{\frac{\sum f_x * a_x^2}{n} - b_x^2} = \pm \sqrt{\frac{95}{30} - 0,17^2} = \pm 3,14 \text{ см}$$

$$\delta_y = \pm \sqrt{\frac{\sum f_y * a_y^2}{n} - b_y^2} = \pm \sqrt{\frac{132}{30} - 0,8^2} = \pm 1,94 \text{ см}$$

Подставим полученные данные в формулу вычисления коэффициента корреляции:

$$r = \frac{\sum f * a_x * a_y - b_x * b_y * n}{\delta_x * \delta_y * n} = \frac{103 - 0,17 * 0,8 * 30}{3,14 * 1,94 * 30} = \pm 0,54$$

Вывод: корреляция между обхватом груди и живой массой коров по форме прямолинейная, по направлению – положительная, а по степени – средняя при  $r=+0,54$ . Отбирая при бонитировке животных с большим обхватом груди, произвольно можно повысить их живую массу.

Таблица 10 – Определение взаимосвязи живой массы (x) и обхвата груди за лопатками (y) коров с помощью корреляционной решетки

| x<br>y                                      | 360-<br>382         | 383-<br>405           | 406-<br>428 | 429-<br>451(Ax) | 452-<br>474           | 475-<br>497        | 498-<br>520            | 521-<br>545       | f <sub>y</sub>                               | a <sub>y</sub> | f <sub>y</sub> ·a <sub>y</sub>  | f <sub>y</sub> ·a <sub>y</sub> <sup>2</sup>  |
|---|---------------------|-----------------------|-------------|-----------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-------------------|--|----------------|---------------------------------|--|
| 167-<br>169                                 | 1 <sup>9</sup><br>• | I<br>квад-<br>рант    |             |                 |                       |                    | II<br>квад-<br>рант    |                   | 1  | -3             | -3                              | 9  |
| 170-<br>172                                 | 1 <sup>6</sup><br>• | 3 <sup>4</sup><br>• • |             |                 |                       |                    |                        |                   | 4  | -2             | -8                              | 16   |
| 173-<br>175                                 |                     | 2 <sup>2</sup> • •    |             |                 |                       |                    |                        |                   | 2  | -1             | -2                              | 2  |
| 176-<br>178(Ay)                             |                     |                       | 2 • •       | 5 • • •         |                       |                    |                        |                   | 7  | 0              | 0                               | 0  |
| 179-<br>181                                 |                     |                       |             | 4 • • •         | 1 <sup>1</sup> •      |                    |                        |                   | 5  | +1             | 5                               | 5  |
| 182-<br>184                                 |                     | III<br>квад-<br>рант  |             |                 | 3 <sup>2</sup><br>• • | 1 <sup>4</sup> •   | IV<br>квад-<br>рант    |                   | 4  | +2             | 8                               | 16   |
| 185-<br>187                                 |                     |                       |             |                 | 1 <sup>3</sup> •      | 3 <sup>6</sup> • • |                        |                   | 4  | +3             | 12                              | 36   |
| 188-<br>192                                 |                     |                       |             |                 |                       |                    | 2 <sup>12</sup><br>• • | 1 <sup>16</sup> • | 3  | +4             | 12                              | 48   |
| f <sub>x</sub>                              | 2                   | 5                     | 2           | 9               | 5                     | 4                  | 2                      | 1                 | 30   | -              | ∑f <sub>y</sub> ·a <sub>y</sub> | ∑f <sub>y</sub> ·a <sub>y</sub> <sup>2</sup> |
| a <sub>x</sub>                              | -3                  | -2                    | -1          | 0               | +1                    | +2                 | +3                     | +4                | -  | -              | = 24                            | = 132  |
| f <sub>x</sub> ·a <sub>x</sub>              | -6                  | -10                   | -2          | 0               | 5                     | 8                  | 6                      | 4                 | ∑f <sub>x</sub> ·a <sub>x</sub>              | -              | -                               | -  |
| f <sub>x</sub> ·a <sub>x</sub> <sup>2</sup> | 18                  | 20                    | 2           | 0               | 5                     | 16                 | 18                     | 16                | ∑f <sub>x</sub> ·a <sub>x</sub> <sup>2</sup> | -              | -                               | -  |
|   |                     |                       |             |                 |                       |                    |                        |                   | = 95   |                |                                 |  |

Вычисления:

| I квадрант                             | II квадрант                           | III квадрант                          | IV квадрант                            |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 1 · (-3) · (-3) = 9                    | -                                     | -                                     | 1 · 1 · 1 = 1                          |
| 1 · (-2) · (-3) = 6                    | -                                     | -                                     | 3 · 2 · 1 = 6                          |
| 3 · (-2) · (-2) = 12                   | -                                     | -                                     | 1 · 2 · 2 = 4                          |
| 2 · (-1) · (-2) = 4                    | -                                     | -                                     | 1 · 3 · 1 = 3                          |
| -                                      | -                                     | -                                     | 3 · 3 · 2 = 18                         |
| -                                      | -                                     | -                                     | 2 · 4 · 3 = 24                         |
| -                                      | -                                     | -                                     | 1 · 4 · 4 = 16                         |
| ∑=f·a <sub>x</sub> ·a <sub>y</sub> =31 | ∑=f·a <sub>x</sub> ·a <sub>y</sub> =0 | ∑=f·a <sub>x</sub> ·a <sub>y</sub> =0 | ∑=f·a <sub>x</sub> ·a <sub>y</sub> =72 |