

Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия  
ветеринарной медицины»

**А. В. Вишневец, В. Ф. Соболева, Т. В. Видасова**

## **БИОМЕТРИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

Учебно-методическое пособие для студентов, магистрантов  
по специальностям 1 – 74 80 03 «Зоотехния» и  
1 – 74 80 04 «Ветеринария», аспирантов и соискателей

Витебск  
ВГАВМ  
2017

УДК 636.082(07)  
ББК 45.31  
В55

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом  
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная  
академия ветеринарной медицины»  
от 04.05.2017 г. (протокол № 1)

**Авторы:**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. В. Вишневец*,  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. Ф. Соболева*, кандидат  
сельскохозяйственных наук, доцент *Т. В. Видасова*

**Рецензенты:**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. В. Букас*; кандидат  
сельскохозяйственных наук, доцент *О. В. Заяц*

**Вишневец, А. В.**

Биометрия в животноводстве : учеб. - метод. пособие для  
В55 студентов, магистрантов по специальностям 1 – 74 80 03 «Зоотехния» и  
1 – 74 80 04 «Ветеринария», аспирантов и соискателей / А. В. Вишневец,  
В. Ф. Соболева, Т. В. Видасова. – Витебск : ВГАВМ, 2017. – 44 с.  
ISBN 978-985-512-990-6.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, магистрантов, аспирантов и соискателей, содержит методические указания по выполнению практических занятий.

**УДК 636.082(07)**  
**ББК 45.31**

**ISBN 978-985-512-990-6**

© УО «Витебская ордена «Знак Почета»  
государственная академия ветеринарной  
медицины», 2017

## **СОДЕРЖАНИЕ**

	<i>Введение</i> .....	4
	<i>Основные символы вариационной статистики</i> .....	5
<b>Тема 1.</b>	Вариационный ряд. Основные статистические параметры для больших выборок. Построение гистограммы и вариационной кривой .....	6
<b>Тема 2.</b>	Основные статистические величины для малых выборок .....	10
<b>Тема 3.</b>	Коэффициент корреляции для малых и больших выборок.....	12
<b>Тема 4.</b>	Вычисление коэффициента корреляции для альтернативных признаков.....	17
<b>Тема 5.</b>	Ранговый коэффициент связи по Спирмену.....	18
<b>Тема 6.</b>	Коэффициент генетической корреляции .....	19
<b>Тема 7.</b>	Регрессивный анализ.....	21
<b>Тема 8.</b>	Вычисление критерия достоверности разности между варьирующими признаками.....	22
<b>Тема 9.</b>	Оценка достоверности методом хи-квадрат ( $\chi^2$ ) .....	25
<b>Тема 10.</b>	Определение частот аллелей и генотипов в популяции....	27
<b>Тема 11.</b>	Установление доли влияния генетических и паратипических факторов на изменчивость признака методом дисперсионного анализа.....	30
<b>Тема 12.</b>	Использование компьютерных программ при биометрической обработке цифровых результатов эксперимента.....	33
<b>Приложение 1.</b>	Стандартные значения критерия $t_d$ (по Стьюденту).....	36
<b>Приложение 2.</b>	Таблица значений $\chi^2$ при разных степенях свободы ( $\nu$ ) по Фишеру .....	37
<b>Приложение 3.</b>	Стандартные значения критерия Фишера (F).....	38
	<i>Литература</i> .....	40

## ***ВВЕДЕНИЕ***

Развитие отрасли животноводства сопровождается накоплением большого количества информации, поэтому для успешного ведения научно-исследовательской и практической работы необходимо проводить классификацию данных, упорядочение и систематизацию, научный анализ с формулировкой практических предложений для той или иной отрасли сельского хозяйства.

***Биометрия*** (вариационная статистика) – это наука о способах применения математических методов в биологии.

При проведении экспериментов и для анализа производственных данных часто возникает необходимость выявить степень изменчивости отдельных признаков, степень и направление связи между ними, определить достоверность влияния различных факторов на хозяйственно полезные признаки.

На основании анализа полученных статистических параметров даются рекомендации о применении определенных методов разведения, кормления, выращивания, лечения и продуктивного использования сельскохозяйственных животных.

Целью изучения дисциплины является освоение методов биометрической обработки первичных данных для получения более полной информации об изучаемом признаке и использование результатов обработки для решения теоретических и практических вопросов развития животноводства.

## **ОСНОВНЫЕ СИМВОЛЫ ВАРИАЦИОННОЙ СТАТИСТИКИ**

- $\bar{X}$  ( $M$ ) - средняя арифметическая;
- $X$  - варианта (величина признака у отдельной особи);
- $K$  - классный промежуток;
- $m$  - ошибка средней арифметической;
- $\delta$  - сигма, среднее квадратическое отклонение;
- $C_v$  - коэффициент вариации;
- $t$  - нормированное отклонение;
- $td$  - критерий достоверности;
- $p$  - доля животных с альтернативным качественным признаком;
- $n$  - количество вариант в выборке;
- $r$  - коэффициент корреляции;
- $m_r$  - ошибка коэффициента корреляции;
- $R_{xy}$  - коэффициент регрессии;
- $h^2$  - коэффициент наследуемости по С. Райту;
- $\chi^2$  - критерий соответствия хи-квадрат;
- $\Sigma$  - знак суммирования;
- $F$  - критерий Р. Фишера;
- $\nu$  - число степеней свободы;
- $P$  - уровень вероятности;
- $p$  - уровень значимости;
- $C$  - дисперсия (сумма квадратов);
- $\delta^2$  - варианса (средний квадрат);
- $M_o$  - мода;
- $M_e$  - медиана.

## ТЕМА 1. ВАРИАЦИОННЫЙ РЯД. ОСНОВНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ БОЛЬШИХ ВЫБОРОК. ПОСТРОЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ И ВАРИАЦИОННОЙ КРИВОЙ

**Цель занятия:** изучить метод построения вариационного ряда и определения основных показателей варьирующего признака.

### Контрольные вопросы:

1. Предмет и задачи биометрии.
2. Виды изменчивости.
3. Классификация признаков (количественные, качественные, альтернативные).
4. Источники информации и формы учета результатов наблюдений.
5. Дать определения понятиям: генеральная и выборочная совокупности, репрезентативность, рендоминизация, дискретная изменчивость, округление с недостатком и с избытком, ранжирование.
6. Техника построения вариационного ряда. Типы вариационных кривых.
7. Основные показатели вариационного ряда, их свойства.
8. Использование показателей изменчивости в исследовательской и практической работе с биологическими объектами.

### Основные понятия

**Предмет биометрии** – это группа биологических объектов.

**Объект биометрии** – это варьирующий признак, учтенный в группе особей, имеющей достаточную численность и однородной по ряду других основных признаков.

**Совокупность** – группа особей, в пределах которой изучается варьирующий признак.

**Варианта ( $x$ )** – величина изучаемого признака у отдельного объекта совокупности.

**Изменчивость (вариация)** – это различия между отдельными вариантами.

**Генеральная совокупность ( $N$ )** – это группа животных, составляющих вид, породу в целом.

**Выборочная совокупность, выборка ( $n$ )** – это часть генеральной совокупности, до 30 особей – малая выборка, свыше 30 – большая.

**Репрезентативность** – это достоверное отражение структуры генеральной совокупности, которое достигается принципом случайной выборки.

**Рендоминизация** – метод случайного отбора, когда имеется равная возможность любому члену совокупности попасть в выборку. Каждый член выборки должен быть отобран случайно.

**Вариационный ряд** – распределение объектов совокупности по классам в соответствии с величиной признака.

**Задание 1.** Построить вариационный ряд по материалам индивидуального задания.



промежутка.

7. Рассчитать основные показатели вариационного ряда по формулам 2-5.

**Задание 2.** Вычислить основные показатели варьирующего признака.

### Основные понятия

К показателям вариационного ряда относятся:

1) **средняя арифметическая** ( $\bar{X}$ ) – показывает среднюю величину признака в группе; показывает, какое значение признака наиболее характерно в целом для данной совокупности. Она используется для сравнения пород, стад, линий, семейств и т. д. по какому-либо признаку;

2) **среднее квадратическое отклонение** ( $\delta$ ) – показывает, в каких пределах каждый член совокупности отклоняется от среднего арифметического. Чем больше сигма, тем больше изменчивость данного признака;

3) **ошибка средней арифметической** ( $m$ ) – показывает, в каких пределах средняя арифметическая в данной выборке отклоняется от средней арифметической генеральной совокупности;

4) **коэффициент вариации** ( $Cv$ ) – среднее квадратическое отклонение, выраженное в процентах от средней арифметической, используется при сравнении разных признаков, чтобы показать, изменчивость какого признака больше.

### Методика выполнения

1. В колонке, обозначенной буквой  $f$ , ставится число животных в каждом классе.

2. Определить класс условной средней ( $A$ ). Это класс в середине вариационного ряда или близкий к нему, но с максимальным числом животных. Его обозначают 0 (нуль). Ставят это значение в колонке  $a$  ( $a$  – отклонение от условной средней). Верхние от нуля классы нумеруют по порядку от 1 и выше с отрицательным знаком, вниз от 1 и ниже – с положительным знаком.  $A$  – среднее значение нулевого класса (начало класса плюс половина классного промежутка).

3. Найти значение произведений  $fa$  в каждом классе.

Классы	Разноска	Частоты, $f$	Отклонения, $a$	$fa$	$fa^2$
3100-3499					
3500-3899					
3900-4299					
4300-4699					
и т.д.		$\sum n$		$\sum fa$	$\sum fa^2$

4. Найти сумму произведений  $\sum fa$  с учетом знака (+) или (-).

5. В колонке, обозначенной  $fa^2$ , найти по каждому классу произведение  $fa$  на  $a$ .

6. Найти сумму произведений –  $\sum fa^2$ .

7. Найти значение средней арифметической, пользуясь формулой 2:

$$\bar{X} = A + \frac{\sum fa}{n} \times k, \quad (2)$$

где  $\bar{X}$  – средняя арифметическая величина;  
 $A$  – условный средний класс;  
 $\sum fa$  – сумма произведений числа животных в каждом классе и отклонений от условного среднего класса;  
 $n$  – число животных в выборке;  
 $k$  – классный промежуток.

8. Определить среднее квадратическое отклонение по формуле 3:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum fa^2}{n} - \left(\frac{\sum fa}{n}\right)^2} \times k, \quad (3)$$

где  $\delta$  – среднее квадратическое отклонение;  
 $\sum fa^2$  – сумма произведений числа животных в каждом классе и квадрат отклонений от условного среднего класса;  
 $\sum fa$  – сумма произведений числа животных в каждом классе и отклонений от условного среднего класса;  
 $n$  – число животных в выборке;  
 $k$  – классный промежуток.

9. Определить коэффициент вариации ( $Cv$ ) по формуле 4:

$$Cv = \frac{\delta}{\bar{X}} \times 100\%, \quad (4)$$

где  $\delta$  – среднее квадратическое отклонение;  
 $\bar{X}$  – средняя арифметическая величина.

10. Определить ошибку средней арифметической по формуле 5:

$$m = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n}}, \quad (5)$$

где  $m$  – ошибка средней арифметической величины;  
 $\delta$  – среднее квадратическое отклонение;  
 $n$  – число животных в выборке.

**Задание 3.** Осуществить графическое изображение вариационного ряда и проанализировать характер распределения вариантов.

### Методика выполнения

1. На горизонтальной оси откладываются классы, а на вертикальной оси – число животных.
2. Количество животных в каждом классе изображается в виде столбиков с основанием, равным величине классного промежутка, и высотой, соответствующей числу животных в каждом классе. Получается ступенчатая кривая, или *гистограмма*.
3. Из середины каждого класса восстанавливается перпендикуляр высотой, равной числу животных. Вершины перпендикуляров соединяются прямыми линиями, получается линейная кривая.
4. Анализируется характер распределения вариант (биномиальное, эксцесс, асимметрия, многовершинность, трансгрессия).

## ТЕМА 2. ОСНОВНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДЛЯ МАЛЫХ ВЫБОРОК

**Цель занятия:** научиться определять статистические параметры варьирующего признака в малых выборках.

### Контрольные вопросы:

1. Какие существуют выборки при статистическом анализе данных?
2. Какие параметры характеризуют малые выборки, их значение? Написать формулы для определения  $\bar{X}$ ,  $\delta$ ,  $Cv$ ,  $m$ .
3. Средние величины и их свойства (средняя арифметическая, средняя квадратическая, средняя геометрическая, средняя взвешенная, средняя гармоническая).
4. Вычисление статистических средних с учетом специфики признаков и их применение в животноводстве и ветеринарии.

К средним величинам относятся:

- 1) *средняя взвешенная* ( $M_{взв.}$ ) – для вычисления среднего процента жира за лактацию;
- 2) *средняя геометрическая* ( $G$ ) – используется для изучения среднего прироста живой массы, увеличения численности стада и т. д. за определенный период;
- 3) *средняя гармоническая* ( $H$ ) – используется для вычисления среднего уровня признака, характеризующего скорость какого-либо процесса;
- 4) *мода* ( $M_o$ ) – наиболее часто встречающийся вариант в совокупности;
- 5) *медиана* ( $M_e$ ) – варианта, расположенная в середине (центре) ряда и делящая его на две равные части.

**Задание 1.** Рассчитать среднюю арифметическую ( $\bar{X}$ ), среднее квадратическое отклонение ( $\delta$ ), ошибку средней арифметической ( $m$ ) и коэффициент вариации ( $Cv$ ) для малых выборок по индивидуальным заданиям.

### Методика выполнения

1. Переписать индивидуальное задание в таблицу в виде одного столбика цифр.
2. Найти среднее арифметическое значение признака в группе по формуле 6:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}, \quad (6)$$

где  $\sum$  – знак суммы;  
 $x$  – значение вариант;  
 $n$  – число животных.

3. Найти сумму квадратов отклонений каждого варианта от средней арифметической группы –  $(x - \bar{X})^2$ .
4. Найти среднее квадратическое отклонение в данной группе по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где  $\delta$  – среднее квадратическое отклонение;  
 $x$  – значение вариант;  
 $\bar{X}$  – средняя арифметическая величина;  
 $n$  – число животных в выборке.

5. Найти коэффициент вариации по формуле 4.
6. Найти ошибку средней арифметической по формуле 8:

$$m = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n-1}}, \quad (8)$$

где  $m$  – ошибка средней арифметической величины;  
 $\delta$  – среднее квадратическое отклонение;  
 $n$  – число животных в выборке.

### Оформление задания:

1 группа			2 группа		
варианта	отклонения	квадраты отклонений	варианта	отклонения	квадраты отклонений
$x$	$x - \bar{X}_1$	$(x - \bar{X}_1)^2$	$x$	$x - \bar{X}_2$	$(x - \bar{X}_2)^2$
$\sum x$		$\sum (x - \bar{X}_1)^2$	$\sum x$		$\sum (x - \bar{X}_2)^2$

$\bar{X}_1 =$

$\delta =$

$C_v =$

$m =$

$\bar{X}_2 =$

$\delta =$

$C_v =$

$m =$

**Задание 2.** Определить крайние значения признака, пользуясь правилом «плюс-минус три сигмы».

Вся изменчивость признака лежит от средней арифметической в пределах  $\pm 3\delta$  ( $\bar{X} \pm 3\delta$ ). В эти границы входит 99,7 % всех особей. Средняя арифметическая, увеличенная или уменьшенная на три сигмы, дает крайние значения признака (*lim min* и *lim max*).

#### Методика выполнения

Используя данные, рассчитанные при выполнении задания 2 из темы 1 (средняя арифметическая –  $\bar{X}$  и среднее квадратическое отклонение –  $\delta$ ), рассчитать крайние значения признака при нормальном распределении вариант (формулы 9, 10):

$$\max = \bar{X} + 3\delta, \quad (9)$$

$$\min = \bar{X} - 3\delta, \quad (10)$$

где  $\bar{X}$  – средняя арифметическая величина;  
 $\delta$  – среднее квадратическое отклонение.

### ТЕМА 3. КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ МАЛЫХ И БОЛЬШИХ ВЫБОРОК

**Цель занятия:** овладеть техникой расчета коэффициента корреляции для больших и малых выборок и приобрести навыки по использованию этого показателя в селекционной работе.

#### Контрольные вопросы:

1. Примеры коррелятивной изменчивости.
2. Изучение связи между признаками. Корреляция.
3. Направление и степень корреляционной связи. Значение знака абсолютной величины коэффициента корреляции.
4. Что такое положительная, отрицательная, криволинейная, простая и множественная корреляционные связи?
5. Методика вычисления коэффициента корреляции для больших и малых выборок.
6. В чем заключается различие связи между признаками при положительных и отрицательных значениях коэффициента корреляции?
7. Использование коэффициента корреляции в практике животноводства.

#### Основные понятия

**Корреляция** – это зависимость или связь. Корреляция бывает:  
- *положительная* – увеличение или уменьшение одного признака сопровожда-

ется увеличением или уменьшением сопряженного признака;

- *отрицательная* – увеличение одного признака сопровождается уменьшением сопряженного признака и наоборот;

- *криволинейная* – с увеличением одного признака сопряженный признак сначала увеличивается, а затем уменьшается, или наоборот, или когда с увеличением одного признака другой увеличивается до определенного момента, а затем уменьшается. При криволинейной корреляции связь сначала положительная, а затем отрицательная;

- *прямолинейная* – когда равномерному изменению одного признака соответствует равномерное изменение другого.

**Коэффициент корреляции ( $r$ )** – количественная характеристика величины и направления корреляционной связи. Он показывает величину связи между двумя или несколькими признаками. Его величина изменяется в пределах от 0 до  $\pm 1$ . Чем ближе показатель к единице, тем больше связь между коррелирующими признаками.

Степень корреляционной связи может быть:

- 1) *слабая* – от 0 до 0,3;
- 2) *средняя* – от 0,3 до 0,7;
- 3) *сильная* – от 0,7 до 1,0.

**Задание 1.** Рассчитать коэффициент корреляции и установить степень связи между признаками по индивидуальным заданиям.

#### Методика выполнения

1. В выборке случайно отобранных животных, характеризующихся по двум признакам, найти максимальное и минимальное значение каждого признака в отдельности.
2. Определить число классов по одному признаку (условно обозначенному  $X$ ) и второму (обозначенному  $Y$ ). Количество классов не должно различаться больше, чем на 1-2 класса.
3. Найти классный промежуток  $k_x$  и  $k_y$  по каждому признаку.
4. Построить классы (вариационные ряды) по признакам  $X$  и  $Y$ .

Делается это в виде решетки, в которой классы по признаку  $X$  располагаются по вертикали, а по признаку  $Y$  – по горизонтали по образцу:

Классы $Y$								$f_x$	$a_x$	$f_x a_x$	$f_x a_x^2$
Классы $X$											
и т.д.											
$f_y$											
$a_y$											
$f_y a_y$											
$f_y a_y^2$											

5. Произвести распределение животных по классам, учитывая одновременно величину обоих признаков. Для этого необходимо найти класс, в который попадает данное животное по одному и другому признаку.
6. Определить нулевые классы по ряду  $X$  и  $Y$ . Обозначить отклонение от нулевого класса по одному –  $a_x$  и другому –  $a_y$  признаку.
7. Найти значения:  $f_y a_y, f_y a_y^2, f_x a_x, f_x a_x^2$ .

В результате определения нулевых классов в решетке образуется четыре квадрата. Вычисляют произведения  $f a_x a_y$  по каждому из квадратов (для этого каждое число в каждой клетке умножают на соответствующее значение  $a_x$  и  $a_y$ ). Затем определяют их сумму.

8. Найти по квадратам сумму:  $\sum f a_x a_y$ .

9. Найти  $\delta'_x$  и  $\delta'_y$  по формулам 11, 12:

$$\delta'_x = \pm \sqrt{\frac{\sum f_x a_x^2}{n} - \left(\frac{\sum f_x a_x}{n}\right)^2}, \quad (11)$$

$$\delta'_y = \pm \sqrt{\frac{\sum f_y a_y^2}{n} - \left(\frac{\sum f_y a_y}{n}\right)^2}, \quad (12)$$

где  $\delta'_x, \delta'_y$  – средние квадратические отклонения для каждого изучаемого признака (берутся без классных промежутков);

$\sum$  – знак суммы;

$f a_x, f_y a_y$  – произведение числа животных в каждом классе и отклонений от условного среднего класса для каждого признака;

$f a_x^2, f_y a_y^2$  – сумма произведений числа животных в каждом классе и квадрат отклонений от условного среднего класса для каждого признака;

$n$  – число животных в группе.

10. Найти коэффициент корреляции ( $r$ ) по формуле 13:

$$r = \pm \frac{\frac{\sum f a_x a_y}{n} - \frac{\sum f a_x}{n} \times \frac{\sum f a_y}{n}}{\delta'_x \times \delta'_y} \quad (13)$$

где  $\sum$  – знак суммы;

$f a_x a_y$  – произведение числа животных на соответствующее значение  $a_x$  и  $a_y$  по каждому из квадратов;

$f a_x, f a_y$  – произведение числа животных в каждом классе и отклонений от условного среднего класса;

$\delta'_x, \delta'_y$  – средние квадратические отклонения для каждого изучаемого признака;

$n$  – число животных в группе.

11. Рассчитать ошибку коэффициента корреляции ( $m_r$ ) по формуле 14:

$$m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}, \quad (14)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции;  
 $n$  – число животных в группе.

12. Определить достоверность коэффициента корреляции ( $t_r$ ) по формуле 15:

$$t_r = \frac{r}{m_r}. \quad (15)$$

**Задание 2.** По индивидуальным заданиям рассчитать коэффициент корреляции для малых выборок и установить степень связи.

### Методика выполнения

1. Внести в таблицу данные по изучаемым признакам.

Признаки		$(x - \bar{X}_x) = a_x$	$(y - \bar{X}_y) = a_y$	$(x - \bar{X}_x)^2$	$(y - \bar{X}_y)^2$	$a_x \times a_y$
$x$	$y$					
$\sum x$	$\sum y$			$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$

2. Рассчитать среднюю арифметическую величину по каждому признаку (формулы 16, 17):

$$\bar{X}_x = \frac{\sum x}{n}, \quad (16)$$

$$\bar{X}_y = \frac{\sum y}{n}, \quad (17)$$

где  $\Sigma$  – знак суммы;  
 $x$  – значение первого признака ( $x$ );  
 $y$  – значение второго признака ( $y$ );  
 $n$  – число животных в группе.

3. Найти  $a_x$  – отклонение каждой варианты от средней арифметической по первому признаку.

4. Найти  $a_y$  – отклонение каждой варианты от средней арифметической по второму признаку.

5. Отклонения по обоим признакам возвести в квадрат и суммировать.

6. Отклонения ( $a_x$  и  $a_y$ ) по двум признакам каждого животного перемножить и суммировать –  $\sum (a_x \times a_y)$ .

7. Рассчитать средние квадратические отклонения по первому признаку ( $x$ ) и по второму ( $y$ ) по формулам 18, 19:

$$\delta'_x = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X}_x)^2}{n-1}}, \quad (18)$$

$$\delta'_y = \pm \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{X}_y)^2}{n-1}}, \quad (19)$$

где  $\sum$  – знак суммы;  
 $x$  – значение первого признака ( $x$ );  
 $\bar{X}_x$  – средняя арифметическая по первому признаку;  
 $y$  – значение второго признака ( $y$ );  
 $\bar{X}_y$  – средняя арифметическая по второму признаку;  
 $n$  – число животных в группе.

8. Определить коэффициент корреляции для малых выборок по формуле 20:

$$r = \frac{\sum a_x \times a_y}{n \times (\delta'_x \times \delta'_y)}, \quad (20)$$

где  $\sum$  – знак суммы;  
 $a_x$  – отклонение каждой варианты от средней арифметической по первому признаку;  
 $a_y$  – отклонение каждой варианты от средней арифметической по второму признаку;  
 $\delta'_x$  – среднее квадратическое отклонение по первому признаку;  
 $\delta'_y$  – среднее квадратическое отклонение по второму признаку;  
 $n$  – число животных в группе.

9. Определить ошибку коэффициента корреляции по формуле 21:

$$m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-2}}, \quad (21)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции;  
 $n$  – число животных в группе.

## ТЕМА 4. ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ

**Цель занятия:** научиться вычислять коэффициент корреляции для альтернативных признаков.

### Контрольные вопросы:

1. Какие признаки считаются альтернативными?
2. Как вычисляется коэффициент корреляции для альтернативных признаков?
3. Имеет ли смысловое значение знак при коэффициенте корреляции между альтернативными признаками?

### Основные понятия

**Альтернативные признаки** – это два взаимоисключающих варианта, например, пол животных – мужской или женский, скот – комолый или рогатый, состояние животных – здоровые или больные.

Корреляция между альтернативными признаками измеряется **тетрахо-рическим показателем связи** ( $r_a$ ).

При изучении у каждой особи двух альтернативных признаков группа разбивается на 4 части:

- a** – особи, имеющие оба признака (+ +);
- b** – особи, имеющие первый признак, но не имеющие второго (+ –);
- c** – особи, не имеющие первого признака, но имеющие второй (– +);
- d** – особи, не имеющие обоих признаков (—).

**Задание.** Изучить частоту заболеваемости лейкозом коров-матерей и их дочерей и рассчитать коэффициент корреляции для альтернативных признаков.

### Методика выполнения

1. Для установления связи между альтернативными признаками первичные данные по каждому члену выборки помещают в 4-клеточную решетку.

Дочери (y)	Матери (x)		Всего
	больные	здоровые	
Больные	a =	b =	a + b =
Здоровые	c =	d =	c + d =
Всего	a + c =	b + d =	n = a + b + c + d =

2. Вычисление проводят по формуле 22:

$$r_a = \frac{(ad - bc) - \frac{n}{2}}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}}, \quad (22)$$

где  $a$  – особи, имеющие оба признака;  
 $b$  – особи, имеющие первый признак, но не имеющие второго;  
 $c$  – особи, не имеющие первого признака, но имеющие второй;  
 $d$  – особи, не имеющие обоих признаков;  
 $n$  – число животных в группе.

3. Определить ошибку коэффициента корреляции для альтернативных признаков ( $m_r$ ) по формуле 23:

$$m_r = \frac{1 - r_a^2}{\sqrt{n}}, \quad (23)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции;  
 $n$  – число животных в группе.

## ТЕМА 5. РАНГОВЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ СВЯЗИ ПО СПИРМЕНУ

**Цель занятия:** научиться вычислять ранговый коэффициент корреляции Спирмена.

**Контрольные вопросы:**

1. Особенности коэффициента корреляции Спирмена.
2. Принципы ранжировки объектов совокупности.
3. Форма записи объектов совокупности.

### Основные понятия

*Ранговый коэффициент связи по Спирмену* ( $r_s$ ) используется при биометрической обработке признаков, которые нельзя измерить ни точно, ни грубо, поэтому их выражают порядковым местом (рангом). Ранг – это порядковый номер по величине признака. Величина рангового коэффициента связи изменяется от -1 до +1.

**Задание.** Установить, имеется ли связь между ростом ( $x$ ) рысистых лошадей и скоростью их бега ( $y$ ) на дистанцию 1600 м. Сравниваются ранги 5 лошадей по этим двум признакам.

### Методика выполнения

1. Первичные данные по каждому члену выборки разнести в таблицу, соблюдая принцип ранжирования по возрастающей (или убывающей) степени выраженности признака –  $x$ , определить ранг по признаку –  $y$ .

Номер лошади	Ранги по x	Ранги по y	Разность рангов (x - y)	$(x - y)^2$
1				
2				
...				
				$\sum(x - y)^2 =$

2. Если в изучаемой группе два и более животных имеют одинаковую выраженность признака, то им дается средний ранг, определяемый как средняя арифметическая величина.
3. Найти разницу между рангами по признакам  $x$  и  $y$ , сохраняя знаки  $+$  и  $-$ .
4. Возвести в квадрат разницу между рангами по каждому члену выборки  $(x - y)^2$  и суммировать.
5. Вычислить ранговый коэффициент корреляции Спирмена ( $r_s$ ) по формуле 24:

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum (x - y)^2}{n \times (n^2 - 1)}, \quad (24)$$

где  $(x - y)$  – разница между рангами по изучаемым признакам;  
 $n$  – число сопоставляемых пар признаков.

## ТЕМА 6. КОЭФФИЦИЕНТ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

**Цель занятия:** научиться вычислять коэффициент генетической корреляции.

### Контрольные вопросы:

1. Между какими признаками рассчитывают коэффициент генетической корреляции?
2. Сущность метода, разработанного Хейзелем?
3. Использование коэффициента генетической корреляции в селекционной работе.

### Основные понятия:

**Коэффициент генетической корреляции ( $r_G$ )** определяют по фенотипическим показателям коррелируемых признаков у родственных особей. Вычисляют фенотипические коэффициенты корреляции между признаками  $x$  дочерей и  $x$  матерей,  $y$  дочерей и  $y$  матерей,  $x$  дочерей и  $y$  матерей,  $y$  дочерей и  $x$  матерей.

После получения четырех величин  $r$  определяют генетический коэффициент связи между признаками  $x$  и  $y$ , используя формулы Хейзеля (формулы 25, 26):

$$r_{G_{xy}} = \sqrt{\frac{r_{xy'} \times r_{yx'}}{r_{xx'} \times r_{yy'}}}, \quad (25)$$

$$r_{G_{xy}} = \sqrt{\frac{R_{xy'} \times R_{yx'}}{R_{xx'} \times R_{yy'}}}, \quad (26)$$

где  $x, y$  – фенотипическое выражение двух признаков у дочерей;  
 $x, y$  – фенотипическое выражение этих же признаков у матерей;  
 $r_{xy'}, r_{yx'}$  – коэффициенты фенотипических корреляций;  
 $R_{xy'}, R_{yx'}$  – коэффициенты регрессий между одним признаком дочерей и другим признаком матерей;  
 $r_{xx'}, r_{yy'}$  – коэффициенты фенотипических корреляций между одним и тем же признаком у дочерей и матерей;  
 $R_{xx'}, R_{yy'}$  – коэффициенты регрессий между одноименными признаками дочерей и матерей.

Если в числителе подкоренного выражения один из показателей отрицательный, то используется формула 27:

$$r_{G_{xy}} = \frac{(r_{xy'} + r_{yx'}) \times 0,5}{\sqrt{r_{xx'} - r_{yy'}}}. \quad (27)$$

Если оба коэффициента корреляции в числителе отрицательные, то производят вычисления, не обращая внимания на знаки. В знаменателе оба коэффициента корреляции должны быть положительными. В противном случае пользоваться формулой нельзя.

**Задание.** Рассчитать коэффициент генетической корреляции (по заданию).

### Методика выполнения

При вычислении генетической корреляции используются данные фенотипических корреляций у кур:

- между живой массой дочерей в 32-недельном возрасте и годовой яйценоскостью матерей:  $r_{xy'} = + 0,092$ ;

- между живой массой матерей в 32-недельном возрасте и годовой яйценоскостью дочерей:  $r_{x'y} = + 0,164$ ;

- между живой массой дочерей и матерей в 32-недельном возрасте:  $r_{xx'} = + 0,410$ ;

- между годовой яйценоскостью дочерей и матерей:  $r_{yy'} = + 0,340$ .

$$r_{G_{xy}} = \sqrt{\frac{0,092 \times 0,164}{0,41 \times 0,34}} = \sqrt{\frac{0,015088}{0,1394}} = \sqrt{0,1082} = + 0,328.$$

Следовательно, при селекции по живой массе происходит увеличение яйценоскости.

## ТЕМА 7. РЕГРЕССИВНЫЙ АНАЛИЗ

**Цель занятия:** изучить методику регрессивного анализа.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое регрессия? Что характеризуют коэффициенты регрессии?
2. Чем различаются коэффициенты  $R_{x/y}$  и  $R_{y/x}$ ?
3. В чем заключается различие между коэффициентами корреляции и регрессии?
4. Напишите уравнение прямолинейной регрессии.
5. Как используются данные регрессивного анализа в животноводстве?

### Основные понятия

Регрессивный анализ позволяет установить связь между двумя варьирующими признаками. Определить, как количественно меняется одна величина при изменении другой. Регрессия является двухсторонней, т.е. можно определить изменение  $x$  по изменению  $y$  и изменение  $y$  по изменению  $x$ . Регрессия между признаками может быть выражена через уравнение регрессии и в виде графика.

**Коэффициент регрессии ( $R_{x/y}$ )** показывает, насколько в среднем изменяется один признак при изменении другого на единицу измерения.

**Задание 1.** Рассчитать коэффициенты регрессии по индивидуальным заданиям.

### Методика выполнения

1. Из данных, полученных при выполнении предыдущих заданий (или по заданию преподавателя), выпишите  $r, \delta_x, \delta_y$ .
2. Определите коэффициенты регрессии по формулам 28, 29:

$$R_{x/y} = r \times \frac{\delta_x}{\delta_y}, \quad (28)$$

$$R_{y/x} = r \times \frac{\delta_y}{\delta_x}, \quad (29)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции между изучаемыми признаками;  
 $\delta_x$  – среднее квадратическое отклонение по первому признаку;  
 $\delta_y$  – среднее квадратическое отклонение по второму признаку.

**Задание 2.** Решение задач с использованием уравнения линейной регрессии.

### Методика выполнения

1. Определите величину одного признака при заданной величине другого признака по уравнениям прямолинейной регрессии (формулы 30, 31):

$$X = \bar{X}_x + R_{x/y} \times (Y - \bar{Y}_y), \quad (30)$$

$$Y = \bar{Y}_y + R_{y/x} \times (X - \bar{X}_x), \quad (31)$$

где  $X$  – искомая величина признака  $x$ ;  
 $Y$  – заданная величина признака  $y$ ;  
 $\bar{X}_x$  и  $\bar{X}_y$  – средние арифметические признаков.

Определить процент жира в молоке коров с удоем 4000 кг, если коэффициент корреляции между удоем и процентом жира в молоке равен  $(-0,2)$ ,  $\sigma$  по удою = 600 кг,  $\sigma$  по жиру = 0,4, средний удой по стаду – 3000 кг, средний процент жира по стаду – 3,8.

2. Постройте график изменения одного признака ( $x$ ) при заданном изменении другого признака ( $y$ ).

## ТЕМА 8. ВЫЧИСЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗНОСТИ МЕЖДУ ВАРЬИРУЮЩИМИ ПРИЗНАКАМИ

**Цель занятия:** сравнить средние арифметические двух групп животных и установить, достоверна ли разность между ними и при каком уровне вероятности.

### Контрольные вопросы:

1. Основные типы ошибок, почему они возникают при биометрической обработке данных?
2. Расчет ошибки средней арифметической для больших и малых выборок.
3. Расчет ошибки средней арифметической для альтернативных признаков.
4. Использование статистических ошибок для установления достоверности разности двух выборок.
5. Три порога вероятности безошибочного прогноза.

### Основные понятия

При расчете показателей для выборок необходимо учитывать величину статистической ошибки, которую обозначают буквой  $m$  с подстрочным значком того параметра, для которого она вычисляется. Ошибка средней арифметической ( $m_x$ ) показывает, в каких пределах средняя арифметическая в данной выборке отклоняется от средней арифметической генеральной совокупности, она зависит от объема выборки: чем больше объем выборки, тем меньше ошибка и наоборот.

### *Основные типы ошибок:*

- 1) *технические* (просчеты, описки);
- 2) *систематические* (ошибки, обусловленные неточностью используемого прибора);

3) *статистические* (обусловлены статистическим методом, при котором из генеральной совокупности отбирают часть объектов).

Для определения достоверности разности между средними арифметическими двух выборок рассчитывают критерий достоверности (**td**), его величина зависит от числа наблюдений (особей) (**n**) в выборке и связана с понятием *вероятности*, которая дает возможность считать данные, полученные в выборке, достоверными. Кроме понятия *вероятности* часто используется понятие *значимости*. Значимость отражает уровень риска и ошибки.

При вероятности **P** = 0,95    уровень значимости **p** = 0,05;  
при вероятности **P** = 0,99    уровень значимости **p** = 0,01;  
при вероятности **P** = 0,999    уровень значимости **p** = 0,001.

*Число степеней свободы* – это число наблюдений, уменьшенное на число ограничений: **n - 1**; **n - l** и т. д.

Критерий достоверности (**td**) также позволяет установить *границы доверительного интервала*. Он указывает, в каких границах будет находиться параметр генеральной совокупности при данной величине статистической ошибки **m** и уровнях **t**.

**Задание 1.** Рассчитать критерий достоверности (**td**) для количественных признаков и определить, достоверна ли разность между средними арифметическими двух выборок по количественным признакам по индивидуальным заданиям.

#### Методика выполнения

1. Определить средние арифметические ( $\bar{X}$ ) по каждой из двух выборок.
2. Найти разность между двумя средними арифметическими по формуле 32:

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2. \quad (32)$$

3. Определить среднюю ошибку разности двух выборок (**m<sub>d</sub>**) по формуле 33:

$$m_d = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}. \quad (33)$$

4. Рассчитать критерий достоверности (**td**) по формулам 34 или 35:

$$td = \frac{d}{m_d}, \quad (34)$$

$$td = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}. \quad (35)$$

5. Эмпирический критерий Стьюдента (**td**) сравнить со стандартными значениями критерия **t<sub>st</sub>** (приложение 1), с учетом степеней свободы (**v** = **n<sub>1</sub>** + **n<sub>2</sub>** - 2).

При сравнении больших выборок, если **td** < 1,96 – разница недостоверна, если **td** > 1,96, но < 2,58 – разница достоверна при **P** > 0,95, если **td** > 2,58 – то разница достоверна при **P** > 0,99, и при **td** > 3,29 – разность очень высокодосто-

верна при  $P > 0,999$  (99,9 %).

**Задание 2.** Определить достоверность полученных данных для качественных признаков, если в стаде скота швицкой породы из 1120 обследованных животных у 28 обнаружен лейкоз, а в стаде скота черно-пестрой породы из 950 коров у 35 установлено это заболевание.

### Методика выполнения

1. В данном случае каждое стадо состоит из двух групп животных: 1 – больные ( $p'$ ), 2 – здоровые ( $q$ ). Определить по каждой выборке долю больных животных ( $p$ ) по формуле 36. Умножив результат на 100, получим процент:

$$p = \frac{p'}{n}, \quad (36)$$

где  $p'$  – численность животных с определенной степенью развития признака;  
 $n$  – общая численность выборки.

2. Определить по каждой выборке долю здоровых животных ( $q$ ) по формуле 37:

$$q = 1 - p. \quad (37)$$

3. Определить среднее квадратическое отклонение по формуле 38:

$$\delta = \sqrt{p \times q}. \quad (38)$$

4. Рассчитать по каждой выборке среднюю ошибку  $m_1$  и  $m_2$  по формуле 39:

$$m = \sqrt{\frac{p \times q}{n}}. \quad (39)$$

5. Рассчитать критерий достоверности разности между выборочными долями двух выборочных совокупностей ( $td$ ) по формуле 40:

$$td = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}. \quad (40)$$

По таблице Стьюдента (приложение 1), с учетом степеней свободы, находим значения  $t_{st}$ . Если эмпирический критерий ( $td$ ) больше хотя бы одного значения табличного критерия ( $t_{st}$ ), то делается вывод, что различия между выборочными долями достоверны.

**Задание 3.** Установить границы доверительного интервала по формуле 41:

$$X_{генер.} = \bar{X}_{выб.} \pm t \times m_X, \quad (41)$$

где  $\bar{X}_{выб.}$  – средняя арифметическая изучаемого признака;  
 $t$  – значение критерия достоверности;  
 $m_X$  – значение ошибки средней арифметической.

Средняя плодовитость  $\bar{X}_{выб.}$  свиноматок составила 10 поросят, ошибка  $m_X$  равна 0,5 головы, с вероятностью  $P=0,95$  при  $t=1,96$  можно утверждать, что  $X_{генер}$  по плодовитости будет находиться в интервале:

от  $x_{выб.} + 1,96 \times m =$   
до  $x_{выб.} - 1,96 \times m =$

## ТЕМА 9. ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДОМ ХИ-КВАДРАТ ( $\chi^2$ )

**Цель занятия:** освоение метода хи-квадрат, использование его при решении генетико-селекционных, ветеринарных и других задач.

### Контрольные вопросы:

1. Какие существуют методы оценки достоверности разности между средними величинами двух выборок?
2. Использование критерия соответствия хи-квадрат в генетических исследованиях.
3. Понятия вероятности и значимости в применении к  $\chi^2$ .

### Основные понятия

Критерий соответствия, или критерий  $\chi^2$ , применяется для сопоставления эмпирических и теоретических частот количественных и качественных признаков, при гибридологическом анализе, при оценке закономерности распределения частот в популяциях. Он применим для выборок численностью 20 особей и более.

Формула критерия хи-квадрат (42) включает сумму дробей, полученную от деления квадрата разности эмпирических ( $p_{эмт.}$ ) и теоретических частот ( $p_{теор.}$ ) на частоты теоретические ( $p_{теор.}$ ):

$$\chi^2 = \sum \frac{(p_{эмт.} - p_{теор.})^2}{p_{теор.}}, \quad (42)$$

где  $\sum$  – знак суммы;  
 $p_{эмт.}$  – частоты данных, полученных в конкретном опыте;

$p_{теор.}$  – предполагаемые частоты данных.

Величина  $\chi^2$  выражается любым положительным числом от 0 до  $\infty$ .

С помощью этого метода можно определить достоверность расхождения между частотами обоих рядов или его случайности.

Чтобы установить достоверность разности между частотами 2 рядов методом хи-квадрат, необходимо выбрать *нулевую гипотезу*, которая указывает на то, что между частотами сопоставимых вариационных рядов нет достоверной разницы, т. е. оба ряда являются выборками из одной генеральной совокупности.

Для доказательства достоверности разности между частотами 2 рядов вначале рассчитывают величину хи-квадрат по конкретным данным ( $\chi^2_{эмп.}$ ), а затем сравнивают эту величину с величиной  $\chi^2_{теор.}$ , взятой из специальной таблицы, с учетом числа степеней свободы.

Если же  $\chi^2_{эмп.}$  окажется больше  $\chi^2_{теор.}$  при  $P=0,05$  или  $P=0,01$ , ( $\chi^2_{эмп.} > \chi^2_{теор.}$ ), то нулевая гипотеза отвергается, это означает, что частоты сравниваемых рядов достоверно отличаются друг от друга. Если же  $\chi^2_{эмп.} \leq \chi^2_{теор.}$  при  $P=0,05$ , нулевая гипотеза остается в силе.

В том случае, если нулевая гипотеза отбрасывается при  $P=0,05$ , это значит, что все-таки нулевая гипотеза правильна и расхождение между частотами рядов случайно, то есть из 100 случаев в 5 случаях ряды принадлежат к одной и той же генеральной совокупности.

Таким образом, хи-квадрат позволяет сравнивать распределение опытных (фактических) и теоретических рядов между собой для качественных и количественных признаков. Если разница недостоверна, то сохраняется нулевая гипотеза.

**Задание 1.** Рассчитать критерий  $\chi^2$  при моногибридном скрещивании.

### Методика выполнения

При моногибридном скрещивании во втором поколении происходит расщепление 3:1, зная общее число особей (например, 200), мы можем рассчитать теоретически ожидаемое их число с доминантным (150) и рецессивным (50) признаком. Затем подсчитываем, сколько имеется указанных особей фактически. Вносим эти данные в таблицу для вычисления  $\chi^2$ .

Полученную величину сравниваем с табличной (с учетом числа степеней свободы). Если полученное значение  $\chi^2$  выше табличного, то полученные данные не соответствуют теоретически ожидаемым при моногибридном скрещивании.

Фенотип	Наблюдаемое число особей ( $p_{эмп.}$ )	Ожидаемое число особей ( $p_{теор.}$ )	$p_{эмп.} - p_{теор.}$	$(p_{эмп.} - p_{теор.})^2$	$\frac{(p_{эмп.} - p_{теор.})^2}{p_{теор.}}$
доминантный					
рецессивный					
	$\Sigma$	$\Sigma$			$\Sigma$

Число степеней свободы  $2-1=1$ .

$$\chi^2 =$$

**Задание 2.** Рассчитать критерий  $\chi^2$  при дигибридном скрещивании.

### Методика выполнения

Заполнить таблицу:

Фенотип					
Число голов					
$P_{эмт.}$					$\Sigma$
$P_{теор.}$					$\Sigma$
$P_{эмт.} - P_{теор.}$					
$(P_{эмт.} - P_{теор.})^2$					
$\frac{(P_{эмт.} - P_{теор.})^2}{P_{теор.}}$					$\Sigma$

Число степеней свободы:  $4-1=3$ .

$$\chi^2 =$$

## ТЕМА 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ АЛЛЕЛЕЙ И ГЕНОТИПОВ В ПОПУЛЯЦИИ

**Цель занятия:** изучить методику определения частот аллелей и генотипов.

**Контрольные вопросы:**

1. Основные свойства панмиктической популяции.
2. Какими параметрами характеризуется генетическая структура популяции?
3. Назовите причины нарушения генного равновесия.

### Основные понятия

**Популяцию** можно определить как совокупность особей одного вида, заселяющих определенную территорию, свободно скрещивающихся друг с другом и в той или иной степени изолированных от других совокупностей особей данного вида. Панмиктической, или свободноразмножающейся, называют такую популяцию, в которой происходит спаривание любых животных независимо от их генотипа.

Для определения структуры свободноразмножающейся популяции используют закон **Харди-Вайнберга**: при отсутствии отбора и свободе скрещивания популяция находится в равновесии, т.е. из поколения в поколение не изменяется и в ней сохраняется определенное соотношение генотипов и определяется формулами 43, 44:

$$p + q = 1 \quad (100\%), \quad (43)$$

$$p^2 AA + 2pqAa + q^2 aa = 1 \quad (100\%), \quad (44)$$

где  $p$  – частота встречаемости доминантного гена;  
 $q$  – частота встречаемости его рецессивного аллеля;  
 $p^2$  – частота встречаемости доминантных гомозигот;  
 $2pq$  – частота встречаемости гетерозигот;  
 $q^2$  – частота встречаемости рецессивных гомозигот.

**Задание 1.** Рассчитать частоту аллелей и генотипов по индивидуальным заданиям.

### Методика выполнения

1. В популяции беспородных собак города Витебска было найдено 245 животных коротконогих и 24 – с нормальными ногами. Коротконогость у собак – доминантный признак ( $A$ ), нормальная длина ног – рецессивный ( $a$ ). Определить частоту аллелей  $A$  и  $a$  и генотипов  $AA$ ,  $Aa$  и  $aa$  в данной популяции.

### Решение:

- Находим общее количество собак:  $245+24 = 269$ .
- Вычисляем процент рецессивных особей  $q^2aa$ :

$$q^2 = 24 : 269 \times 100 \% = 9 \% = 0,09.$$

- Определяем частоту аллеля  $a$  (б):  $qa = \sqrt{0,09} = 0,3$ .
- Определяем частоту аллеля  $A$  (в):  $pA = 1-0,3 = 0,7$ .
- Определяем частоту генотипа  $AA$  (г):  $p^2 = 0,7^2 = 0,49$ .
- Определяем частоту генотипа  $Aa$  (д):  $2pq = 2 \times 0,7 \times 0,3 = 0,42$ .

Структура популяции будет выглядеть следующим образом:

$$0,49AA + 0,42Aa + 0,09aa = 1.$$

**Задание 2.** Рассчитать частоты аллелей и генотипов по локусу гемоглобина в стаде крупного рогатого скота при условии:

$n = 1000$  голов;  
с генотипом  $HbA/HbA$  – 300 голов;  
с генотипом  $HbB/HbB$  – 650 голов;  
с генотипом  $HbA/HbB$  – 50 голов.

- Определяем частоты аллелей  $A$  и  $B$ :

$$pA = \frac{2nAA + nAB}{2N} = \frac{2 \times 300 + 50}{2 \times 1000} = 0,3250;$$

$$qB = \frac{2nBB + nAB}{2N} = \frac{2 \times 650 + 50}{2 \times 1000} = 0,6750;$$

$$pA + qB = 0,3250 + 0,6750 = 1.$$

2. Рассчитываем статистическую ошибку:

$$mp = mq = \sqrt{\frac{q(1-q)}{2N}} = \sqrt{\frac{p \cdot q}{2N}} = \sqrt{\frac{0,3250 \cdot 0,6750}{2 \cdot 1000}} = \sqrt{0,00019} = 0,014,$$

$$pA \pm mq = 0,3250 \pm 0,014,$$

$$qB \pm mq = 0,6750 \pm 0,014.$$

3. Определяем критерий достоверности:

$$tdp = tdq = \frac{0,6750 - 0,3250}{\sqrt{0,014^2 + 0,014^2}} = \frac{0,35}{0,019} = 18,42.$$

По таблице стандартных значений критерия Стьюдента  $\frac{0,35}{0,019}$  находим с учетом степеней свободы  $td > 3,29$ . Если ошибка более, чем в 3 раза меньше показателя частоты, то приведенные выше частоты аллелей статистически достоверны.

4. Находим частоты генотипов в популяции:

$$pAA = \frac{nAA}{N} = \frac{300}{1000} = 0,300;$$

$$qBB = \frac{nBB}{N} = \frac{650}{1000} = 0,650;$$

$$zAB = \frac{nAB}{N} = \frac{50}{1000} = 0,050.$$

5. Проверяем состояние данной популяции на генное равновесие:

$$p^2q^2 = \left(\frac{2pq}{2}\right)^2 = 300 \cdot 650 = \left(\frac{50}{2}\right)^2.$$

$195000 \neq 625$ . В этом случае генное равновесие нарушено.



## ТЕМА 11. УСТАНОВЛЕНИЕ ДОЛИ ВЛИЯНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ПАРАТИПИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКА МЕТОДОМ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА

**Цель занятия:** освоение метода дисперсионного анализа и приобретение навыка по использованию этого метода в селекции и ветеринарии.

**Контрольные вопросы:**

1. Использование дисперсионного анализа в селекционной работе.
2. Условия и типы дисперсионного анализа.
3. Формулы общей и частных дисперсий.
4. Основные понятия и символы дисперсионного анализа.
5. Этапы дисперсионного анализа.
6. Как определяется доля влияния отдельных факторов и уровень их достоверности?

### Основные понятия

*Дисперсия* – это рассеяние или отклонение от среднего.

*Сущность дисперсионного анализа* – установление роли отдельных факторов в изменчивости признака.

*Задача дисперсионного анализа* – определение доли влияния на варьирующий признак каждого учтенного и неучтенного (или случайного) фактора, а также установление достоверности этого влияния.

Типы дисперсионного анализа:

- 1) однофакторный – изучение влияния одного фактора на признак;
- 2) двухфакторный – изучение влияния двух факторов;
- 3) многофакторный – изучение влияния нескольких факторов.

В дисперсионном анализе используют *три типа дисперсий*:

1. *Дисперсия общая (C<sub>y</sub>)* – обусловлена влиянием всего многообразия факторов.

Общая дисперсия по всей выборке  $\delta^2_y$  может разделяться на:

- дисперсию, обусловленную действием одного фактора;
- дисперсию, обусловленную действием ряда факторов ( $\delta^2_x, \delta^2_A, \delta^2_B$ );
- дисперсию, обусловленную совместным действием нескольких факторов ( $\delta^2_{AB}$ ).

2. *Дисперсия факториальная (C<sub>x</sub>)*, или межгрупповая, –  $\delta^2_x, \delta^2_A, \delta^2_B, \delta^2_{AB}$  и др. обусловлена влиянием изучаемого фактора.

3. *Дисперсия случайная (C<sub>z</sub>)* внутригрупповая (остаточная)  $\delta^2_z$  – обусловлена влиянием неучтенных факторов.

**Задание.** Определить наследуемость жирномолочности в потомстве 4 быков-производителей.

### Методика выполнения

*Расчет однофакторного дисперсионного анализа*

При определении доли влияния изучаемого фактора на изменчивость признака варианты распределяют по грациям, на которые подразделяется этот фактор, например, по линиям, по сезонам, по возрасту и т. д.

№ п/п	Градации фактора							
	кличка быка №1		кличка быка №2		кличка быка №3		кличка быка №4	
	$x_1$	$(x_1 - \bar{X}_1)^2$	$x_2$	$(x_2 - \bar{X}_2)^2$	$x_3$	$(x_3 - \bar{X}_3)^2$	$x_4$	$(x_4 - \bar{X}_4)^2$
1								
2								
3								
...								
$\bar{X}_i$								
$\bar{X}_0$								
$\sum(x_i - \bar{X}_i)^2$								
$\bar{X}_i - \bar{X}_0$								
$(\bar{X}_i - \bar{X}_0)^2$								

1. Находят среднюю арифметическую для всех вариантов –  $\bar{X}_0$ . При этом сумму величин всех вариантов делят на их число.
2. Находят среднюю арифметическую для каждой группы  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3$  (и т. д.).
3. Определяют отклонения средних арифметических каждой группы от общей средней ( $\bar{X}_1 - \bar{X}_0; \bar{X}_2 - \bar{X}_0; \bar{X}_3 - \bar{X}_0$  и т. д.). Возводят их в квадрат и суммируют, получается сумма квадратов для групповых средних арифметических  $\sum(\bar{X}_i - \bar{X}_0)^2$ . Находят факториальную дисперсию ( $Cx$ ) по формуле 45:

$$Cx = \sum(\bar{X}_i - \bar{X}_0)^2 \times n_0, \quad (45)$$

где  $\sum$  – знак суммы;  
 $\bar{X}_i$  – средняя арифметическая по каждой группе;  
 $\bar{X}_0$  – средняя арифметическая для всех вариантов.

3. Чтобы уравнивать численность вариантов при нахождении суммы квадратов отклонений средних арифметических и суммы квадратов отклонений от средних внутри групп, сумму квадратов отклонений средних арифметических умножают на число вариантов в группе, если оно во всех группах одинаково. Если число вариантов в каждой группе разное, то сумму квадратов отклонений средних арифметических умножают на  $n_0$  (формула 46):

$$n_0 = \frac{1}{a-1} \times \left( N - \frac{\sum n_i^2}{N} \right), \quad (46)$$

где  $\sum$  – знак суммы;  
 $a$  – число градаций;  
 $n_i$  – число вариантов в каждой градации;  
 $N$  – число вариантов во всех группах.

5. Находят отклонение каждой варианты группы от ее средней арифметической, после этого величины возводят в квадрат и суммируют вначале по каждой группе, а затем по всем группам. Получается сумма квадратов для вариант  $\sum(x - \bar{X}_i)^2$ . Находят внутригрупповую дисперсию ( $C_z$ ) по формуле 47:

$$C_z = \sum(x_i - \bar{X}_i)^2, \quad (47)$$

где  $\sum$  – знак суммы;  
 $x_i$  – значение варианты;  
 $\bar{X}_i$  – средняя арифметическая по каждой группе.

6. Находят общую дисперсию ( $C_y$ ) по формуле 48:

$$C_y = C_x + C_z, \quad (48)$$

где  $C_x$  – факториальная дисперсия;  
 $C_z$  – внутригрупповая дисперсия.

Для этого складывают сумму квадратов для групповой изменчивости ( $C_x$ ) и сумму квадратов для внутригрупповой изменчивости ( $C_z$ ).

Источник варьирования	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат
Группы	4 – 1		
Объекты	40 – 4		
Общее	39		

Находят долю влияния изучаемого фактора на результирующий признак по формуле 49:

$$\eta_x^2 = \frac{C_x}{C_y}, \quad (49)$$

где  $C_x$  – факториальная дисперсия;  
 $C_y$  – общая дисперсия.

Для этого делят сумму квадратов межгрупповой изменчивости ( $C_x$ ) на ( $C_y$ ), получают долю влияния изучаемого фактора на изменчивость признака.

7. Находят внутригрупповую (случайную) ( $\delta_z^2$ ) и межгрупповую (факториальную) ( $\delta_x^2$ ) дисперсии.

Для нахождения *дисперсии внутригрупповой дисперсии* сумму квадратов отклонений отдельных вариантов группы от их средних арифметических делят

на сумму чисел степеней свободы каждой группы, которая меньше общего количества вариантов на число групп.

Чтобы найти *вариансу межгрупповой дисперсии*, сумму квадратов отклонений средних арифметических от общей средней корректируют на число вариантов в группе и делят на число степеней свободы, которое на единицу меньше числа групп.

8. Рассчитывают достоверность доли влияния изучаемого фактора на изменчивость признака с помощью критерия Фишера по формуле 50:

$$F_{\text{эмт.}} = \frac{\delta_x^2}{\delta_z^2}. \quad (50)$$

В таблице (приложение 3) с учетом степеней свободы находим значение  $F_{\text{теорет.}}$  и сравниваем с полученным нами  $F_{\text{эмпирическим}}$ .

Если  $F_{\text{эмт.}} > F_{\text{теор.}}$ , то влияние изученного фактора доказано и различия между группами существенны.

9. Для контроля за правильностью расчетов вычисляют квадрат отклонений каждой варианты от общей средней  $X_0$  и полученные величины суммируют. Результат должен быть равен сумме квадратов отклонений от средних арифметических групп и сумме квадратов отклонений вариант, а число степеней должно быть равно сумме соответствующих степеней свободы групп и вариант.

## ТЕМА 12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПРИ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Цель занятия:** овладеть методом проведения математических расчетов с помощью компьютерных программ.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие существуют математические методы при проведении анализа данных для прогнозирования генетических и селекционных процессов в популяциях?
2. Компьютерные программы, используемые в селекционно-племенной работе.

### **Основные понятия**

Математические методы, используемые для анализа данных:

- 1) *энтропийный анализ* – позволяет выделять наиболее информативные для селекции признаки;
- 2) *метод временных рядов* – дает анализ сдвигов (тренд) в уровне изучаемых селекционных признаков в динамике по календарным отрезкам или по поколениям;

3) *факторный анализ* – позволяет выявить степень связи воздействующих факторов на варьирующие признаки.

*Компьютерная программа* – это последовательность инструкций для обработки информации.

Для зоотехников-селекционеров разработаны следующие программы: «*Биолстат*», «*Селекционер*», «*Быки Республики Беларусь*», «*База КРС*», «*Excel*» и др.

Программа «*Биолстат*» используется для обработки статистических данных по биологическим объектам, с ее помощью возможно:

- вычислить основные показатели вариационных рядов (среднюю арифметическую  $\bar{X}$ , ошибку средней арифметической  $m$ , среднее квадратическое отклонение  $\delta$ , коэффициент вариации  $Cv$ );
- рассчитать коэффициент корреляции между количественными признаками;
- рассчитать коэффициент корреляции между количественными и качественными признаками;
- определить достоверность разности между средними арифметическими двух вариационных рядов;
- провести дисперсионный анализ.

Программа «*База КРС*» предназначена для автоматизации племенного учета в хозяйствах, занимающихся разведением крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Она позволяет:

- создать на ПЭВМ базу данных по коровам и молодняку на основании карточек племенных коров и журналов учета выращивания молодняка;
- осуществить обновление созданной базы на основании изменения физиологического состояния животных;
- проводить контроль и анализ информации;
- получать справки и рекомендации по стаду;
- проводить бонитировку животных.

Программа «*Excel*» используется для создания электронных таблиц, для расчета следующих показателей: количество, сумма, средние величины, отклонения, изменчивость. На базе программы «*Excel*» разработаны программы «*Статистика*» и «*Биом*».

**Задание.** Провести компьютерную обработку данных первичного зоотехнического учета по индивидуальным заданиям:

- с помощью компьютерной программы рассчитать основные показатели вариационных рядов по основным селекционируемым признакам (удой, содержание жира, количество молочного жира, живая масса) коров разных линий;
- сравнить средние арифметические по удою и содержанию жира в молоке коров разных линий;
- сравнить показатели изменчивости ( $lim\ max$ ,  $lim\ min$ ,  $\delta$ ,  $Cv$ ) коров в разрезе линий, сделать выводы о том, где отбор будет более эффективным;
- сделать выводы о достоверности разницы средних арифметических по

удюю и содержанию жира в молоке между линиями.

Результаты расчетов поместить в таблицу.

Показатели Линия	$n_1$	$\bar{X}_1 \pm m_1$	$\delta_1$	$Cv_1$	$n_2$	$\bar{X}_2 \pm m_2$	$\delta_2$	$Cv_2$
1								
2								
$td$								
$r$								

СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ  $t_d$  (по СТЬЮДЕНТУ)

Число степеней свободы	Вероятность ( $P$ )		
	0,95	0,99	0,999
1	12,7	63,66	-
2	4,30	9,93	31,60
3	3,18	5,84	12,94
4	2,78	4,60	8,61
5	2,57	4,03	6,86
6	2,45	3,71	5,96
7	2,37	3,50	5,41
8	2,31	3,36	5,04
9	2,26	3,25	4,78
10	2,23	3,17	4,59
11	2,20	3,11	4,44
12	2,18	3,06	4,32
13	2,16	3,01	4,22
14	2,15	2,98	4,14
15	2,13	2,95	4,07
16	2,12	2,92	4,02
17	2,11	2,90	3,97
18	2,10	2,88	3,92
19	2,09	2,86	3,88
20	2,09	2,85	3,85
21	2,08	2,83	3,82
22	2,07	2,82	3,79
23	2,07	2,81	3,77
24	2,06	2,80	3,75
25	2,06	2,79	3,73
26	2,06	2,78	3,71
27	2,05	2,77	3,69
28	2,05	2,76	3,67
29	2,05	2,75	3,66
30	2,04	2,75	3,65
31	1,96	2,58	3,29

ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ  $\chi^2$  ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТЕПЕНЯХ СВОБОДЫ ( $\nu$ ) ПО ФИШЕРУ (с сокращением)

Число степеней свободы	Вероятность ( $P$ )						
	0,99	0,95	0,80	0,50	0,20	0,05	0,01
1	0,000157	0,0390	0,0642	0,445	1,642	3,841	0,01
2	0,201	0,103	0,446	1,386	3,219	5,991	9,210
3	0,115	0,352	1,005	2,366	4,642	7,815	11,341
4	0,297	0,711	1,649	3,357	5,989	9,488	13,277
5	0,554	1,145	2,343	4,351	7,289	11,070	15,086
6	0,872	1,635	3,070	5,348	8,558	12,592	16,812
7	1,239	2,167	3,822	6,346	9,803	14,067	18,475
8	1,646	2,733	4,594	7,344	11,030	15,507	20,090
9	2,088	3,325	5,380	8,343	12,242	16,919	21,666
10	2,588	3,940	6,179	9,342	13,442	18,307	23,209

СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ ФИШЕРА  $F = \delta_x^2 / \delta_z^2$ 

$V_2 \backslash V_1$	1	2	3	4
3	167,5	148,5	141,1	137,1
	34,1	30,8	29,5	28,7
	10,1	9,6	9,3	9,1
4	74,1	61,2	56,1	53,4
	21,2	18,8	16,7	16,0
	7,7	6,9	6,6	6,4
5	47,0	36,6	33,2	31,1
	16,3	13,3	12,1	11,4
	6,6	5,8	5,4	5,8
6	35,5	27,0	23,7	21,9
	13,4	10,9	9,8	9,2
	6,0	5,1	4,8	4,5
7	29,2	21,7	18,8	17,2
	12,3	9,6	8,5	7,9
	5,6	4,7	4,4	4,1
8	25,4	18,5	15,8	14,4
	11,3	8,7	7,6	7,0
	5,3	4,6	4,1	3,8
9	22,9	16,4	13,9	12,6
	10,6	8,0	7,0	6,4
	5,1	4,8	3,6	3,6
10	21,0	14,9	12,3	11,3
	10,0	7,9	6,6	6,0
	5,0	4,1	3,7	3,5
11	19,7	13,8	11,6	10,4
	9,7	7,2	6,2	5,7
	4,8	4,0	3,6	3,4
12	18,6	12,3	10,8	9,6
	9,3	6,9	6,0	5,4
	4,8	3,9	3,5	3,3
13	17,8	12,3	10,2	9,1
	9,1	6,7	5,7	5,2
	4,7	3,8	3,4	3,2
14	17,1	11,8	9,7	8,6
	8,9	6,5	5,6	5,0
	4,6	3,7	3,3	3,1

Продолжение приложения 3

$V_2 \backslash V_1$	1	2	3	4
15	16,6	11,3	9,3	8,3
	8,7	6,4	5,4	4,9
	4,5	3,7	3,3	3,1
16	16,1	11,0	9,0	7,9
	8,5	6,2	5,3	4,8
	4,5	3,6	3,2	3,0
17	15,7	10,7	8,7	7,7
	8,4	6,1	5,1	4,7
	4,5	3,6	3,2	3,0
18	15,4	10,4	8,5	7,5
	8,3	6,0	5,1	4,6
	4,4	3,5	3,2	2,9
19	15,1	10,2	8,3	7,3
	8,2	5,9	5,0	4,5
	4,4	3,5	3,1	2,9
20	14,8	10,0	8,1	7,1
	8,1	5,8	4,9	4,4
	4,3	3,5	3,1	2,9
21	14,6	9,8	7,9	7,0
	8,0	5,8	4,9	4,4
	4,3	3,5	3,1	2,8
22	14,4	9,6	7,8	6,8
	7,9	5,7	4,8	4,3
	4,3	3,4	3,0	2,8
23	14,2	9,5	7,7	6,7
	7,9	5,7	4,8	4,0
	4,3	3,4	3,0	2,8
24	14,0	9,3	7,7	6,6
	7,8	5,6	4,7	4,2
	4,3	3,4	3,0	2,8
25	13,9	9,2	7,5	6,5
	7,8	5,6	4,7	4,2

## ЛИТЕРАТУРА

### *ОСНОВНАЯ*

1. Лакин, Г. Ф. Биометрия : учебное пособие для студентов биологических специальностей вузов / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1990. – 351 с.
2. Генетика : учебник для студентов высших учебных заведений по специальности «Зоотехния» / Е. К. Меркурьева [и др.]. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 446 с.
3. Шацкий, А. Д. Генетика с основами биометрии : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Зоотехния» / А. Д. Шацкий, М. А. Шацкий. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 303 с.

### *ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ*

1. Бакай, А. В. Генетика : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Зоотехния» / А. В. Бакай, И. И. Кочиш, Г. Г. Скрипниченко. – Москва : КолосС, 2007. – 448 с.
2. Иванова, О. А. Генетика : учебник для зоотехнических и ветеринарных факультетов сельскохозяйственных вузов / О. А. Иванова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1974. – 431 с.
3. Меркурьева, Е. К. Генетические основы селекции в скотоводстве : учебное пособие для слушателей факультетов повышения квалификации сельскохозяйственных кадров / Е. К. Меркурьева. – Москва : Колос, 1977. – 239 с.
4. Петухов, В. Л. Генетика = Genetics : учебник / В. Л. Петухов, О. С. Короткевич, С. Ж. Стамбеков ; Семипалатинский государственный педагогический институт. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск : СемГПИ, 2007. – 628 с.
5. Плохинский, Н. А. Алгоритмы биометрии / Н. А. Плохинский ; ред. Б. В. Гнеденко ; Московское общество испытателей природы. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Московского государственного университета, 1980. – 150 с.
6. Рокицкий, П. Ф. Введение в статистическую генетику : для университетов / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Высшая школа, 1974. – 448 с.

## **КАФЕДРА ГЕНЕТИКИ И РАЗВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ИМ. О.А. ИВАНОВОЙ**

В 1933 году с открытием зоотехнического факультета была организована кафедра разведения, генетики и частной зоотехнии, которую возглавил доцент Ф.А. Павлов. В 1934 году кафедра была разделена на две самостоятельные кафедры: разведения и генетики сельскохозяйственных животных и кафедру частной зоотехнии. С 1934 по 1936 год заведующим кафедрой был профессор А.В. Бурцев, а затем - доцент Б.П. Игнатъев (1937-1938 гг.). После восстановления зоотехнического факультета с 1950 по 1952 год кафедрой руководил доцент А.А. Сильяндер. В период с 1953 по 1974 год кафедрой заведовала профессор, Заслуженный деятель науки БССР, выдающийся генетик и селекционер О.А. Иванова. Под ее руководством выполнено и защищено 2 докторские и 19 кандидатских диссертаций. В разные годы кафедрой руководили доцент А.С. Гурьянова (1974-1985 гг.), доцент В.В. Пилько (1985-2000 гг.), доцент В.К. Смутнёва (2000-2007 гг.), доцент М.В. Красюк (2007-2008 гг.).

С февраля 2009 года и по настоящее время кафедрой руководит кандидат сельскохозяйственных наук, доцент А.В. Вишневец. На кафедре работают доценты В.К. Смутнёва (с 1988 г.), С.Е. Базылев (с 1991 г.), В.Ф. Соболева (с 1991 г.), Т.В. Видасова (с 1999 г.), А.В. Коробко (с 2002 г.), Т.Н. Данильчук (с 2005 г.), С.Л. Карпеня (с 2008 г.), В.В. Скобелев (с 2000 г.); ассистент, кандидат с.-х. наук О.А. Яцына (с 2007 г.); ассистент Е.Е. Соглаева (с 2011 г.); лаборанты О.Л. Будревич (с 2005 г.), М.Н. Виноградова (с 2016 г.), Л.Л. Аксёнова (с 2016 г.).

Научно-исследовательская работа проводится по совершенствованию селекционных процессов с использованием инновационных методов для повышения племенных и продуктивных качеств животных, разработке научно-теоретической основ создания высокопродуктивных селекционных молочных стад крупного рогатого скота, использованию генов-маркеров для прогнозирующего отбора и повышения эффективности селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве, ДНК-диагностике наследственных заболеваний крупного рогатого скота.

Преподаватели кафедры являются соавторами 9 учебников и учебных пособий, опубликовано более 1000 научных работ. Постоянно ведется научно-исследовательская работа студентов, которые выступают с докладами на студенческих научных конференциях и ежегодно по материалам исследований защищают 45-50 дипломных работ, из них не менее двух представляется на республиканский конкурс студенческих работ. При кафедре имеется магистратура и аспирантура.

Сотрудники кафедры постоянно оказывают практическую и консультативную помощь производству, читают лекции на ФПКиПК для директоров райплемстанций, главных зоотехников, зоотехников-селекционеров из всех областей Республики Беларусь.

*По всем интересующим вопросам обращаться*

*по тел: 8 (0212) 51-70-15*

*E-mail: genetika777@mail.ru*

## **УО «ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»**

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины является старейшим учебным заведением в Республике Беларусь, ведущим подготовку врачей ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарных врачей, провизоров ветеринарной медицины и зооинженеров.

Вуз представляет собой академический городок, расположенный в центре города на 17 гектарах земли, включающий в себя единый архитектурный комплекс учебных корпусов, клиник, научных лабораторий, библиотеки, студенческих общежитий, спортивного комплекса, Дома культуры, столовой и кафе, профилактория для оздоровления студентов. В составе академии 5 факультетов: ветеринарной медицины; биотехнологический; повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса; заочного обучения; довузовской подготовки, профориентации и маркетинга. В ее структуру также входят Аграрный колледж УО ВГАВМ (п. Лужесно, Витебский район), филиалы в г. Речице Гомельской области и в г. Пинске Брестской области, первый в системе аграрного образования НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии (НИИ ПВМиБ).

В настоящее время в академии обучается около 6 тысяч студентов, как из Республики Беларусь, так и из стран ближнего и дальнего зарубежья. Учебный процесс обеспечивают около 350 преподавателей. Среди них 7 академиков и членов-корреспондентов Академии наук, 24 доктора наук, профессора, более чем две трети преподавателей имеют ученую степень кандидатов наук.

Помимо того, академия ведет подготовку научно-педагогических кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук), переподготовку и повышение квалификации руководящих кадров и специалистов агропромышленного комплекса, преподавателей средних специальных сельскохозяйственных учебных заведений.

Научные изыскания и разработки выполняются учеными академии на базе НИИ ПВМиБ, 24 кафедральных научно-исследовательских лабораторий, учебно-научно-производственного центра, филиалов кафедр на производстве. В состав НИИ входит 3 отдела: научно-исследовательских экспертиз, биотехнологический, экспериментально-производственных работ. Располагая уникальной исследовательской базой, научно-исследовательский институт выполняет широкий спектр фундаментальных и прикладных исследований, осуществляет анализ всех видов биологического материала (крови, молока, мочи, фекалий, кормов и т.д.) и ветеринарных препаратов, кормовых добавок, что позволяет с помощью самых современных методов выполнять государственные тематики и заказы, а также на более высоком качественном уровне оказывать услуги предприятиям агропромышленного комплекса. Активное выполнение научных исследований позволило получить сертификат об аккредитации академии Национальной академией наук Беларуси и Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь в качестве научной организации.

Обладая большим интеллектуальным потенциалом, уникальной учебной и лабораторной базой, вуз готовит специалистов в соответствии с европейскими стандартами, является ведущим высшим учебным заведением в отрасли и имеет сертифицированную систему менеджмента качества, соответствующую требованиям ISO 9001 в национальной системе (СТБ ISO 9001 – 2009).

[www.vsavm.by](http://www.vsavm.by)

210026, Республика Беларусь, г. Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11, факс (0212)51-68-38, тел. 53-80-61 (факультет довузовской подготовки, профориентации и маркетинга); 51-69-47 (НИИ ПВМиБ); E-mail: [vsavmpriem@mail.ru](mailto:vsavmpriem@mail.ru).

Учебное издание

**Вишневец** Андрей Васильевич,  
**Соболева** Валентина Федоровна,  
**Видасова** Татьяна Викторовна

## **БИОМЕТРИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск А. В. Вишневец  
Технический редактор Е. А. Алисейко  
Компьютерный набор О. Л. Будревич  
Компьютерная верстка Е. А. Алисейко  
Корректор Е. В. Морозова

Подписано в печать 08.06.2017. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать ризографическая.  
Усл. п. л. 2,75. Уч.-изд. л. 1,62.  
Тираж 100 экз. Заказ № 1688.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета»  
государственная академия ветеринарной медицины».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/ 362 от 13.06.2014.  
ЛП №: 02330/470 от 01.10.2014 г.  
Ул. 1-я Доватора, 7/11, 210026, г. Витебск.  
Тел.: (0212) 51-75-71.  
E-mail: rio\_vsavm@tut.by  
<http://www.vsavm.by>

ISBN 978-985-512-990-6



9 789855 129906