

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Е.Ю. Калиничева

30 08 2017 г.

Рабочая программа дисциплины

«Математические методы в биологии»

Направление подготовки: 36.04.02 – Зоотехния

Направленности (профили) подготовки:

племенное дело, биотехнология и информатизация селекции сельскохозяйственных животных

Квалификация: магистр

Форма обучения: очная

Орел, 2017 год

Составитель:

Шендаков Андрей Игоревич, д. с.-х. н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«13» 06 2017 г.

Рецензент: Крюков В. И., д. б. н., профессор, ст. н. сотрудник

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«13» 06 2017 г.

Программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки **36.04.02 – Зоотехния** на основании учебного плана по направленности «Племенное дело, биотехнология и информатизация селекции сельскохозяйственных животных»

Программа обсуждена на заседании кафедры частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных:

зав. кафедрой: д. с.-х. н., профессор, Ляшук Р. Н.

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

протокол № 23 от «13» 06 2017 г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета факультета биотехнологии и ветеринарной медицины протокол № 12 от «20» 06 2017 г.

Декан факультета: д. б. н., профессор В. Н. Масалов

«20» 06 2017 г.

Программа принята учебно-методической комиссией по направлению подготовки 36.04.02 - Зоотехния

Протокол № 9 от «19» 06 2017 г.

Председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки:

д. в. н., профессор Сазонова В. В.

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«19» 06 2017 г.

Директор научной библиотеки: Ишханова Е. В.

(ФИО)

«13» 06 2017 г.

Содержание

Введение	4
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины).....	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	6
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу (во взаимодействии с преподавателем) обучающихся (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	7
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	8
4.1. Содержание модулей и разделов дисциплины.....	8
4.2. Разделы дисциплин и виды занятий.....	10
4.3. Тематический план лекций.....	10
4.4. Лабораторный практикум.....	11
4.5. Самостоятельная работа	11
4.6. Активные формы обучения.....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю):	14
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	14
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).....	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	15
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).....	16
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).....	16
12. Критерии оценки.....	16
Приложение (ФОС).....	19

Введение

Область профессиональной деятельности магистров по направлению подготовки **36.04.02 - Зоотехния** включает: продуктивное и непродуктивное животноводство, переработку продукции животноводства. Объектами профессиональной деятельности магистров являются: все виды сельскохозяйственных животных, домашние и промысловые животные, птицы, звери, пчелы, рыбы; технологические процессы производства и первичной переработки продукции животноводства; корма и кормовые добавки, технологические процессы их производства.

В связи с этим дисциплина *«Математические методы в биологии»* является необходимой для освоения профессиональных компетенций на профиле (направленности) подготовки *«Племенное дело, биотехнология и информатизация селекции сельскохозяйственных животных»*, реализуемой Орловским ГАУ.

Основное содержание дисциплины включает в себя вопросы генетико-статистического анализа в биологии и, в частности, в отраслях животноводства, в том числе дисциплина включает в себя изучение базовых основ биометрии, корреляционно-регрессионного анализа, дисперсионного анализа в однофакторных и многофакторных моделях и пр.

Дисциплина *«Математические методы в биологии»* относится к базовой части БЛОКА 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1), изучается в первом семестре на направленности *«Племенное дело, биотехнология и информатизация селекции сельскохозяйственных животных»*. Дисциплина обеспечивает формирование теоретических и практических знаний по современному состоянию генетико-статистического анализа в отраслях животноводства.

Рабочая программа дисциплины *«Математические методы в биологии»* составлена с учётом модульной технологии обучения с балльной оценкой знаний, сущность которой состоит в делении учебного материала на логически завершённые блоки (модули). Отчет по модулю проходит в два этапа: тестирование по основным положениям и понятийному аппарату дисциплины (на тестирование отводится до одного часа времени), выявление знания логических связей дисциплины, умений решать задачи, в том числе комплексных, контроль знаний по соответствующим разделам дисциплины проводится в письменной форме с последующим собеседованием.

Количество промежуточных этапов контроля учебной работы студентов, форму проведения контроля, сроки и максимальную оценку их в рейтинговых баллах устанавливают на заседании кафедры частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных. Преподаватель кафедры, ведущий занятия по дисциплине, обязан информировать студенческую группу об этом решении на первом занятии в семестре.

Занятия по данной дисциплине делятся на аудиторные под руководством преподавателя и самостоятельную работу – с книгой, конспектами лекций и пр. информацией в читальном зале, дома или в лаборатории, выполнение домашних контрольных работ, докладов и пр. Аудиторные занятия включают в себя лекционные и лабораторно-практические занятия.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины)

Математические методы в биологии (в том числе в животноводстве) – область научного знания, охватывающая планирование и анализ результатов количественных зоотехнических экспериментов и наблюдений методами математической статистики. В ходе изучения данного курса магистранты овладевают знаниями по теории вероятностей, теории статистического оценивания, основ дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализа.

Программа разработана на основе Федерального государственного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ №319 от 30 апреля 2015 года.

Цели освоения дисциплины

Современное животноводство давно перестало быть исключительно описательной наукой. Сегодня его развитие невозможно без использования методов и подходов такой области математики, как статистика. В связи этим курс ***«Математические методы в биологии»*** является обязательным при подготовке выпускников по направлению подготовки **36.04.02 – Зоотехния**.

Целью данного курса является овладение методами прикладного статистического анализа. В процессе обучения магистранты должны правильно выбирать методы исследования и трактовать полученные результаты.

В задачи курса входят:

1. освоение магистрантами методов, позволяющих выявлять количественные закономерности в биологических явлениях;
2. формирование у магистрантов навыков и умений компьютерной обработки экспериментальных данных, а также ознакомление с правилами корректного представления результатов исследований;
3. формирование способности к критическому анализу представляемых в публикациях данных;
4. ознакомление с принципами построения математических моделей биологических явлений и процессов.

В курсе подробно рассматриваются традиционные методы анализа данных. Наряду с этим большое внимание уделяется непараметрическим методам, использование которых в практике биологических исследований постоянно возрастает. На примере кластерного и дискриминантного анализов, а также метода главных компонент слушатели знакомятся с элементами многомерной статистики. Необходимое количество часов в рамках курса отводится для лабораторных работ, в ходе которых магистранты приобретают навыки и умения статистической обработки данных при помощи персонального компьютера.

В результате освоения дисциплины:

магистрант должен знать: классификацию основных методов статистического анализа биологических данных; способы описания центральной тенденции и разброса в совокупностях, подчиняющихся различным законам распределения; условия применения параметрических и непараметрических методов анализа данных; основные методы сравнения двух и более совокупностей; методы выявления связи между биологическими признаками и ограничения по их применению; методы анализа частот; методологию, планирование и организацию проведения статистического наблюдения; (формы, виды, способы и этапы статистического наблюдения), методы и технологии сбора и получения информации; принципы и методы обработки материалов статистического наблюдения (выбор методов, сводка и группировка статистических данных; статистические таблицы, графики и показатели); сущность, применение, методики расчета и основы анализа описательной и аналитической статистики; правила оформления и представления результатов статистиче-

ского наблюдения; возможности компьютерных статистических пакетов, их преимущества и недостатки.

магистрант должен уметь: самостоятельно производить расчеты наиболее простых и употребительных в зоотехнии методов математической обработки; корректно использовать результаты математического обобщения и использовать полученные данные для решения поставленных задач в курсовой, дипломной работе и в дальнейшей профессиональной работе зооинженера; принципы поиска и выбора адекватных задачам зоотехнического исследования методов математической статистики; основные, наиболее употребительные в зоотехнии методы математической обработки результатов исследований формулировать цели и задачи исследования; планировать, организовывать и проводить статистическое наблюдение в соответствии с поставленными задачами; формировать репрезентативную выборку для изучения и оценки полученных результатов выбирать адекватный статистический метод, исчислять и анализировать различные статистические показатели с использованием компьютерных статистических программ; использовать табличный и графический способы представления материалов статистического исследования; формулировать выводы, вытекающие из результатов статистического наблюдения, и давать по ним обобщающее заключение; применять статистические знания для анализа и принятия решений в сфере своей профессиональной деятельности. распознавать разные типы биологических данных; строить графические изображения вариационных рядов; описывать наиболее выраженные свойства анализируемой совокупности по графическому изображению вариационного ряда; рассчитывать основные показатели описательной статистики при помощи компьютера; выполнять сравнение двух и более выборок при помощи компьютера; выполнять анализ частот при помощи компьютера; выполнять корреляционный и регрессионный анализы при помощи компьютера.

магистрант должен владеть: практическими методами ручных вычислений статистических показателей, практическими методами работы со статистическими пакетами.

Изучение дисциплины способствует формированию следующих компетенций:

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- способностью к организации научно-исследовательской деятельности (ПК-3);
- способностью формировать решения, основанные на исследованиях проблем, путем интеграции знаний из новых или междисциплинарных областей (ПК-4).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Математические методы в биологии*» относится к базовой части БЛОКА 1 «Дисциплины (модули)» вариативной части учебного плана (Б1), изучается в первом семестре на направленности «*Племенное дело, биотехнология и информатизация селекции сельскохозяйственных животных*». Дисциплина обеспечивает формирование теоретических и практических знаний по современному состоянию генетико-статистического анализа в отраслях животноводства, изучается перед такими дисциплинами, как «Генофонд сельскохозяйственных животных», «Селекция и генетика в свиноводстве», «Современные методы оценки племенных качеств и бонитировки сельскохозяйственных животных», «Инновационные технологии в животноводстве» и пр.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу (во взаимодействии с преподавателем) обучающихся (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Таблица 1. – Общая трудоемкость дисциплины *«Математические методы в биологии»* на направленности *«Племенное дело, биотехнология и информатизация селекции сельскохозяйственных животных»* составляет 3,0 зачетных единицы

Виды учебной нагрузки	1
Контактная работа (всего)	32
В том числе:	
Лекции	8
Практические занятия (ПЗ)	-
Семинары (С)	-
Лабораторные работы (ЛР)	24
Самостоятельная работа (всего)	76
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачёт
Общая трудоемкость, час/зач. ед	108/3,0

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Содержание модулей и разделов дисциплины

Таблица 2. – Разделы дисциплины

Модуль I: Учение о породе и её продуктивные качества			
Цель: Изучить основы биометрии			
В результате усвоения модуля формируются компетенции:			
№ раздела	Наименование раздела дисциплины, входящей в данный модуль.	Содержание раздела	
		Контактная работа	СРС
1	Раздел 1. Введение. Систематизация материала. Графическое изображение вариационного ряда.	Необходимость применения математических методов к изучению биологических явлений. Методологические предпосылки правильного применения статистического метода в биологии. Понятия об однородности материала, точности и многократности измерений, репрезентативности выборки. Соотношение статистического метода с экспериментальным. Биологическая статистика и ее задачи. Понятие статистической совокупности. Генеральная совокупность. Выборка. Методы рандомизации, как основа обеспечения репрезентативности выборки. Систематизация варьирующих величин – составление вариационного ряда.	Определение размаха варьирования. Ранжирование в случае прерывистой (дискретной) изменчивости, разбивка на классы в случае непрерывной изменчивости. Определение оптимального числа классов, расчет величины классowego интервала. Систематизация в случае качественной (альтернативной) изменчивости. Полигон распределения, гистограмма распределения. Графическое изображения ряда, как метод анализа распределения.
2	Раздел 2. Основные характеристики вариационного ряда. Малые выборки и их особенности	Характеристика центра распределения. Среднее арифметическое. Определение, значение и математические свойства. Мода и медиана. Характеристики вариации. Среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение). Определение и значение. Понятие о степенях свободы. Коэффициент вариации, определение и его значение как меры изменчивости.	Особенности определения характеристик в случае разбивки вариационного ряда на классы. Определение доли в случае качественной изменчивости, выражение её в процентах и промилле. Особенности обработки вариационных рядов в случае небольшого числа членов (малые выборки). Модификации формулы среднего квадратического отклонения. Оценка параметров генеральной совокупности. Правила отбрасывания "выскакивающих" вариант.
3	Раздел 3. Анализ распределения. Нормальное распределение и его закономерности. Примеры типов распределения случайных величин	Случайные события. Понятие о вероятности случайного события Классическое определение вероятности. Эмпирические (опытные, апостериорные) и теоретические (истинные, априорные) вероятности. Прямые и обратные вероятности. Независимые события. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Распределение ва-	Закономерности модификационной изменчивости - статистические закономерности. Понятие о доверительных вероятностях и уровнях значимости Нормированное отклонение. Биноминальное распределение. Параметры биномиального распределения и методы их оценки. Нормальное распределение. Вычисление

		риант в вариационном ряду и закономерности распределения вероятностей. Нормальное распределение. Параметры нормального распределения: математическое ожидание и дисперсия.	теоретически ожидаемого распределения на основании эмпирического. Критерии χ^2 (хи – квадрат), коэффициент Пирсона, его оценка с помощью таблиц. Степени свободы. Нулевая гипотеза.
<p>Модуль II: Методы повышения продуктивных качеств с.-х животных</p> <p>Цель: Изучить методы генетико-статистического анализа в животноводстве</p> <p>В результате усвоения модуля формируют компетенции:</p>			
4	<p>Раздел 4.</p> <p>Оценка параметров генеральной совокупности. Сравнение статистических показателей (проверка статистических гипотез)</p>	<p>Возможность суждения о параметрах генеральной совокупности по характеристикам выборки. Доверительные интервалы. Средняя ошибка средней арифметической, её определение и значение для оценки математического ожидания генеральной совокупности. Средние ошибки других характеристик (среднего квадратического отклонения, коэффициента вариации, ошибки процентов) и их значение. Показатель точности опыта.</p>	<p>Сравнение средних арифметических двух заходящих друг за друга (трансгрессивных) рядов. Понятие о нулевой гипотезе. Критерий t Стьюдента. Особенности сравнения средних арифметических в случае малых или неравновеликих выборок. Методы сравнения других характеристик вариационных рядов. Непараметрические критерии.</p>
5	<p>Раздел 5.</p> <p>Измерение связи. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ.</p>	<p>Физиологическая корреляция. Функциональная связь и коррелятивная изменчивость (сопряженная вариация). Понятие о двумерных случайных величинах. Измерение степени линейных корреляций. Составление таблиц. Коэффициент корреляции - критерий степени связи при двумерном нормальном распределении. Формулы и расчеты. Положительная и отрицательная корреляция. Оценка коэффициента корреляции.</p>	<p>Понятие о регрессии. Эмпирические линии регрессии. Уравнение регрессии. Теоретическая линия регрессии. Односторонняя регрессия. Коэффициент регрессии. Достоверность линии регрессии и коэффициента регрессии. Ошибка коэффициента регрессии и оценка его достоверности. Сравнение коэффициентов регрессии. Связь между регрессией и корреляцией.</p>
6	<p>Раздел 6.</p> <p>Дисперсионный анализ</p>	<p>Дисперсионный анализ и её сущность. Общие предпосылки использования дисперсионного анализа. Градации факторов и их характер. Схема варьирования при различии по одному фактору. Разное варьирование вариантов и его характеристика. Суммы квадратов и их вычисление. Степени свободы. Общая схема дисперсионного анализа при различии по одному фактору. Схема варьирования при различии по двум факторам. Суммы квадратов степени свободы и их вычисление при двух факторах. Общая схема дисперсионного анализа при различии по двум факторам.</p>	<p>Дисперсионный анализ и её сущность. Общие предпосылки использования дисперсионного анализа. Градации факторов и их характер. Схема варьирования при различии по одному фактору. Разное варьирование вариантов и его характеристика. Суммы квадратов и их вычисление. Степени свободы. Общая схема дисперсионного анализа при различии по одному фактору. Схема варьирования при различии по двум факторам. Суммы квадратов степени свободы и их вычисление при двух факторах. Общая схема дисперсионного анализа при различии по двум факторам. Неравномерные комплексы.</p>

4.2. Разделы дисциплин и виды занятий

Таблица 3. – Виды и трудоемкость занятий по темам дисциплины

№	Раздел	Количество часов			
		Л	ЛПЗ	СРС	Всего
Модуль №1	Раздел 1. Введение. Систематизация материала. Графическое изображение вариационного ряда.	2	4	10	16
	Раздел 2. Основные характеристики вариационного ряда. Малые выборки и их особенности	2	4	12	18
	Раздел 3. Анализ распределения. Нормальное распределение и его закономерности. Примеры типов распределения случайных величин	2	4	12	18
Модуль №2	Раздел 4. Оценка параметров генеральной совокупности. Сравнение статистических показателей (проверка статистических гипотез)	-	4	12	16
	Раздел 5. Измерение связи. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ.	2	4	14	20
	Раздел 6. Дисперсионный анализ	-	4	16	18
-	Всего часов	8	24	76	108

4.3. Тематический план лекций

Таблица 4. - Тематический план лекций (часы)

модуль	Раздел дисциплины	Тема лекции	часы
Модуль 1	Раздел 1	Введение. Систематизация материала. Графическое изображение вариационного ряда.	2
	Раздел 2.	Основные характеристики вариационного ряда. Малые выборки и их особенности	2
	Раздел 3.	Анализ распределения. Нормальное распределение и его закономерности. Примеры типов распределения случайных величин	2
Модуль 2	Раздел 4	-	-
	Раздел 5	Измерение связи. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ.	2
	Раздел 6	-	-
Итого:			8

4.4. Лабораторный практикум

Таблица 5. – Рабочий план лабораторных занятий

модуль	Раздел	Тема	А
Модуль 1	Раздел 1	Введение. Систематизация материала. Графическое изображение вариационного ряда.	4
	Раздел 2.	Основные характеристики вариационного ряда. Малые выборки и их особенности	4*
	Раздел 3.	Анализ распределения. Нормальное распределение и его закономерности. Примеры типов распределения случайных величин	4*
Модуль 2	Раздел 4	Оценка параметров генеральной совокупности. Сравнение статистических показателей (проверка статистических гипотез)	4*
	Раздел 5	Измерение связи. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ.	4*
	Раздел 6	Дисперсионный анализ	4*
Итого: в т.ч. в активной форме*			24

4.5. Самостоятельная работа

Таблица 6. – Формы и количество часов самостоятельной работы

Модули	Самостоятельное изучение теоретического материала	Трудоемкость (час.)
Модуль 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предмет и основные понятия биологической статистики. 2. Группировка данных, совокупность и вариационный ряд. 3. Совокупность. Примеры различных совокупностей. Отличие выборочной совокупности от генеральной совокупности. 4. Принципы группировки данных при качественной дискретной и непрерывной изменчивости. 5. Вариационный ряд. Особенности распределения вариантов в вариационном ряду. Графическое изображение вариационного ряда. 6. Статистические показатели для характеристики совокупности. 7. Размах вариационного ряда и лимиты. Мода и медиана. 8. Средняя арифметическая. Формулы для вычисления. Ошибка средней арифметической. 9. Средняя геометрическая. Средняя квадратическая. Средняя гармоническая. Формулы для их вычисления. 10. Дисперсия и среднее квадратическое отклонение. 11. Понятие степени свободы. 12. Коэффициент вариации, его отличие от среднего квадратического отклонения. 13. Закономерности случайной вариации. Вероятность. Формулы сложения и умножения вероятностей. 14. Нормальная вариационная кривая и ее характеристика. Нормированное отклонение. 15. Биномиальное распределение. 	34

	16. Распределение Пуассона. 17. Асимметричное, эксцессивное и трангрессивное распределения	
Модуль 2	18. Доверительные вероятности или доверительный интервал. 19. Уровни значимости. Связь между уровнем значимости и вероятностью. 20. Оценка достоверности статистических показателей. Выборочные и генеральные совокупности. 18. Средние ошибки, ошибки выборочности. Формулы вычисления. 19. Критерий Стьюдента, случаи и примеры его использования. 20. Нулевая гипотеза. Сущность нулевой гипотезы. 21. Критерий Фишера. Методы его вычисления 22. Применение критерия хи-квадрат для анализа степени соответствия фактических данных теоретически ожидаемым. 23. Применение критерия хи-квадрат для сравнения двух эмпирических распределений. 24. Методы непараметрической статистики: Метод Смирнова-Колмогорова 25. Методы непараметрической статистики: Метод Вилкоксона-Манна-Уитни. 26. Методы непараметрической статистики: Критерий Крускала Уоллиса. 27. Формулы для определения необходимого объема выборочной совокупности. 28. Измерение связи. Корреляция. Понятие о корреляции. Свойства коэффициента корреляции 29. Алгоритм вычисления коэффициента корреляции в малой выборке. Оценка его достоверности. 30. Алгоритм вычисления коэффициента корреляции в большой выборке. 31. Понятие о регрессии. Коэффициент регрессии. Ошибка коэффициента регрессии и его достоверность. 32. Ранговый коэффициент связи по Спирмену. 33. Полихорический показатель связи. 34. Генетический коэффициент корреляции между признаками 35. Дисперсионный анализ. Сущность дисперсионного анализа. 36. Общая схема дисперсионного анализа при однофакторном эксперименте. Установление достоверности влияния изучаемого фактора.	42
Всего		76

Таблица 7. – Рекомендуемый график самостоятельной, индивидуальной аудиторной работы и текущей аттестации

Формы самостоятельной работы	Разбивка часов по учебным неделям и № рабочей недели теоретических занятий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Выдача тем курсовой работы		+								
3. Коллоквиум (модуль)					+				+	
4. Лабораторные занятия		+	+	+	+	+	+	+	+	
5. Текущая аттестация				+			+			Зач.

Таблица 8. – Перечень вопросов для научных исследований

№	Название темы	Вопросы
1	Методы оценки животных по фенотипу. Влияние паратипических условий на изменчивость количественных признаков	оценка молочной и мясной продуктивности, оценка шерстной продуктивности, оценка яичной продуктивности, фенотипическая изменчивость признаков, генотипическая изменчивость признаков.
2	Оценка животных по генотипу: происхождение, боковые родственники, качество потомства.	оценка по родословной, оценка по боковым родственникам, оценка по качеству потомства, вычисление коэффициента возрастания гомозиготности, вычисление коэффициента генетического сходства.
3	Методы оценки племенных производителей, их достоинства и недостатки. Препотентность племенных производителей.	точность оценки племенной ценности (по Робертсону) оценка методом СС, оценка методом BLUP, оценка методом RPH, способы оценки препотентности производителей.
4	Роль отбора в системе мероприятий по качественному совершенствованию животных	значение отбора, формы и способы отбора, эффективность отбор, моделирование вариантов отбора, вычисление коррелятивных сдвигов.
5	Теоретические основы племенного дела, формы подбора.	статистический анализ в племенном деле, использование генетико-статистических параметров при отборе, индивидуальный, генетическая корреляция между признаками.

4.6. Активные формы обучения

Таблица 9. - Темы и задания для активных форм обучения *

Раздел	Тема занятия в активной форме	Компетенции
Раздел 1.	Оценка достоверности различий селекционных признаков	ОК-1, ПК-3, ПК-4
Раздел 2	Оценка достоверности различий селекционных признаков	ОК-1, ПК-3, ПК-4
Раздел 3	Анализ распределения селекционных признаков	ОК-1, ПК-3, ПК-4
Раздел 4	Оценка параметров генеральной совокупности.	ОК-1, ПК-3, ПК-4
Раздел 5	Регрессионный анализ. Построение Линий регрессии.	ОК-1, ПК-3, ПК-4
Раздел 6	Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ.	ОК-1, ПК-3, ПК-4

Примечание: активная форма: * - анализ конкретных ситуаций.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Буяров, В.С Научно-исследовательская работа магистранта направления магистратуры по направлению «Зоотехния» [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. С. Буяров, С. В. Мошкина. - Электрон. дан. - Орел : Изд-во Орловского ГАУ, 2014

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям ОПОП созданы фонды оценочных средств, включающие: контрольные вопросы и задания для практических занятий и контрольных работ, билеты по дисциплинам программы подготовки; темы и вопросы для докладов и дискуссий на лабораторно-практических занятий; контрольные вопросы для зачётов и экзаменов, тесты для контроля остаточных знаний, примерная тематика рефератов и (или) курсовых работ, темы для самостоятельной работы, другие формы контроля, позволяющие оценивать уровни освоения учебных дисциплин ОПОП и степень сформированности компетенций и пр.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная литература

1.Баврин, И. И. Высшая математика для химиков, биологов и медиков / И. И. Баврин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 329 с. — <http://www.biblio-online.ru/book/6EEA46B0-F845-4DFE-B565-CFD218531C4A>

2. Баврин, И. И. Дискретная математика. Учебник и задачник / И. И. Баврин. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 209 с. — <http://www.biblio-online.ru/book/8E9BC691-C7D4-463E-AD33-81AE22718E84>

3. Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 1 : учебник для бакалавриата и магистратуры / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 253 с. — (Университеты России). <http://www.biblio-online.ru/book/22D04839-A7D8-440E-A36D-11AE1DA30053>

4. Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 2 : учебник для бакалавриата и магистратуры / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 211 с. — (Университеты России). <http://www.biblio-online.ru/book/CDBB684B-C640-4D67-9174-46C54CBD93B0>

б) дополнительная литература

1. Буяров, В.С Научно-исследовательская работа магистранта направления магистратуры по направлению «Зоотехния» [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. С. Буяров, С. В. Мошкина. - Электрон. дан. - Орел : Изд-во Орловского ГАУ, 2014

2 Моисейкина, Л.Г. Генетические основы современной селекции / П.М. Кленовицкий, Л.Г. Моисейкина.— Изд. 2-е.— Элиста: Калмыцкий государственный университет, 2012 <http://rucont.ru/efd/297582>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» для освоения дисциплины (модуля)

Таблица 12. – Интернет-ресурсы и журналы в сети Интернет в открытом доступе

Ресурс	Адрес
Журнал «Животноводство России»	http://www.zzr.ru/
Научная библиотека	http://elibrary.ru/
Журнал «Аграрная наука»	http://www.vetpress.ru/
Журнал «Молочное и мясное скотоводство»	http://www.skotovodstvo.com/
Журнал «Сельскохозяйственная биология»	http://www.agrobiology.ru/
Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences	http://agriscience.ru/issues/
КиберЛенинка, научная электронная библиотека	http://cyberleninka.ru/journal
«Лань», Электронно-библиотечная система	http://e.lanbook.com/
Орёлстат	http://orel.gks.ru/
MCX РФ	http://www.mcx.ru/
Journal of Dairy Science	http://www.journalofdairyscience.org/
Holstein Breed Association	http://www.holsteinusa.com/
Simmental Association	http://www.simmental.com/
Jersey Journal	http://jerseyjournal.usjersey.com/
American Miniature Jersey Association	http://www.miniaturejerseyassociation.com/
Food and Agriculture Organization of the United Nations	http://www.fao.org/home/en/

Для освоения дисциплины в том числе могут быть использованы следующие источники:

<http://www.scirus.com/srsapp/>;
<http://wos.elibrary.ru/wos/ciw.cgi>;
<http://vm.cfsan.fda.gov/~frf/biologic.html>;
<http://biodiversty.uno.edu/>;
<http://vlib.org/>;
<http://media.lib.kth.se/ejournal>;
<http://www.gpntb.ru/>;
<http://www.benran.ru/>;
<http://www.spsl.nsc.ru/>;
<http://consensus.eunnet.net/>;
<http://book.uraic.ru/>;
<http://www.copyright.ru/loc/index.html>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины, обучающимся необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной научной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий.

Самостоятельное изучение теоретического материала.

Теоретический материал по темам, которые вынесены на самостоятельное изучение, обучающийся прорабатывает в соответствии с вопросами для подготовки к зачёту. К началу сессии обучающийся готовит к аудиторной работе с преподавателем список вопросов, которые не удалось разобрать самостоятельно в межсессионный период.

Подготовка к лабораторно-практическим занятиям.

В ходе подготовки к лабораторному занятию обучающимся следует внимательно ознакомиться с планом, вопросами, вынесенными на обсуждение, изучить соответствующий лекционный материал, предлагаемую литературу. Нельзя ограничиваться только имеющейся учебной литературой (учебниками и учебными пособиями). Обращение к монографиям, статьям из специальных журналов, хрестоматийным выдержкам, а также к материалам средств массовой информации позволит в значительной мере углубить проблему, что разнообразит процесс ее обсуждения.

С другой стороны, обучающимся следует помнить, что они должны не просто воспроизводить сумму полученных знаний по заданной теме, но и творчески переосмыслить существующее в современной науке подходы к пониманию тех или иных проблем, явлений, событий продемонстрировать и убедительно аргументировать собственную позицию.

В целом же активное заинтересованное участие обучающихся в семинарской работе способствует более глубокому изучению дисциплины, повышению уровня культуры будущих специалистов и формированию основ профессионального мышления. В ходе занятий отрабатываются умения применять полученные теоретические знания в различных ситуациях.

Выполнение тестовых и иных индивидуальных заданий.

Для закрепления теоретического материала обучающиеся выполняют индивидуальные задания. Выполнение индивидуальных заданий призвано обратить внимание обучающихся на наиболее сложные, ключевые и дискуссионные аспекты изучаемой темы, помочь систематизировать и лучше усвоить пройденный материал.

Для каждого модуля разработан необходимый набор тестовых заданий, в которых сконцентрирована значительная учебная информация, имеющая немаловажное познавательное значение. Тестирование позволяет преподавателю не только оценить успеваемость обучающихся на любом этапе их обучения, но и оказать помощь самим студентам в изучении курса.

Контроль самостоятельной работы обучающихся по выполнению тестовых заданий осуществляется преподавателем с помощью выборочной и фронтальной проверок письменных и устных индивидуальных заданий на семинарских занятиях.

Обучающийся получает допуск к экзамену при успешном выполнении всех видов учебных занятий.

Преподавание дисциплины предусматривает:

- лекции
- лабораторные занятия
- устный опрос
- тестирование

- самостоятельную работу (изучение теоретического материала; подготовка к практическим занятиям; выполнение рефератов, доклады, курсовое проектирование, подготовка к устным опросам, защите курсовой работы и экзамену)
- консультации преподавателя

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Программа «СЕЛЭКС» (РЦ «ПЛИНОР»). Учебная программа компании «Симекс» для линейной оценки экстерьера молочного скота. Программа «Microsoft Excel».

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Современное оборудование для селекционно-генетических исследований, расположенное в Инновационном научно-исследовательском испытательном центре. Производственные комплексы ОПХ «Стрелецкое» и «Красная Звезда», ЗАО «Славянское», «Берёзки» и «Куракинское», ОАО «Агрофирма Мценская», «Орловская Нива», СПК им. Мичурина и «Малиновский», ООО «Юпитер», «Маслово», «Русь», «Урицкий Агрокомплекс» и др.

Виварий. Мультимедиа, ноутбуки, проекторы и пр. Электронные базы данных по племенным организациям, данные первичного зоотехнического учёта, результаты бонитировки молочного скота и свиней Орловской и Калужской областей, селекционно-генетические планы, авторефераты защищённых диссертаций, библиотечный фонд кафедры, включая журналы и монографии. Специализированные стенды по молочному скотоводству, свиноводству, овцеводству, коневодству, птицеводству. Демонстративные материалы: каталоги племенных животных, видеофильмы. Оборудованный 12 компьютерами кабинет. Специальное оборудование.

12. Критерии оценки

После проведения контрольных мероприятий по дисциплинарному модулю, преподавателем выставляется рейтинговая оценка, представляющая собой сумму рейтинговых баллов, полученных студентом на текущем и рубежном контроле. Для получения экзамена без сдачи итогового контроля, студенту необходимо набрать не менее 70 баллов. Студенты, набравшие в ходе текущего и рубежного контроля, сдачи СРС в течение семестра от 54 до 69 баллов по дисциплине, обязаны сдавать итоговый контроль. Студент, набравший в семестре менее 35 баллов по изучаемой в семестре учебной дисциплине, не допускается к сдаче итогового контроля по данной дисциплине.

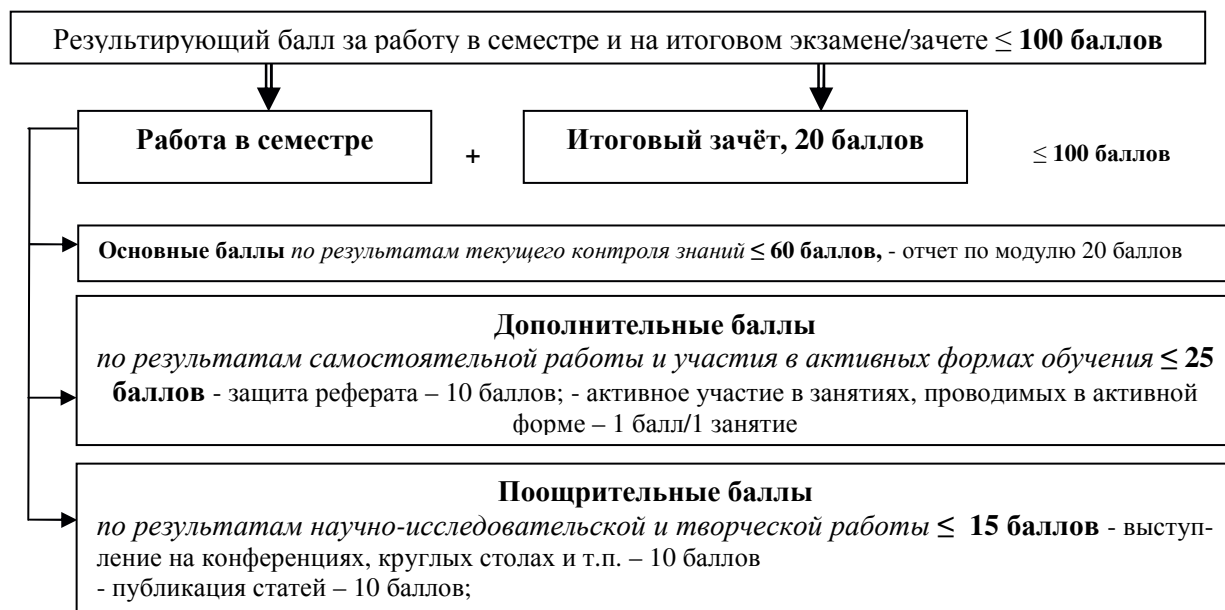
Студентам, получившим во время зачётно-экзаменационной сессии неудовлетворительные оценки, предоставляется возможность сдать экзамен во время дополнительной

сессии без повышения рейтинговых баллов. В случае неявки студента на рубежный контроль по уважительной причине (при предоставлении подтверждающих документов), ему разрешается сдать его в сроки до начала следующего рубежного контроля (если это неявка на второй рубежный контроль, тогда до начала итогового контроля).

Таблица 13. – Пересчета в традиционные оценки

Бальная оценка	0..54	55...69	70...84	85...100
Зачет	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично

Схема 1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ В СЕМЕСТРЕ



Приложение

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические методы в биологии»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования-программы
магистратуры

Направление подготовки: 36.04.02 - ЗООТЕХНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	21
2. Описание показателей и критериев оценивания уровня приобретенных компетенций на различных этапах их формирования	22
3. Типовые задания или иные материалы, необходимые для оценки умений, знаний, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы	23
3.1 Вопросы к зачёту.....	23
4. Оценочные средства для проведения текущего контроля.....	25
4.1 Вопросы к коллоквиумам (по модулям).....	25
4.2. Индивидуальные задания.....	26

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Таблица 1. - Перечень компетенций с указанием этапов их формирования
в процессе освоения образовательной программы**

<i>Код контролируемой компетенции (или ее части) и ее формулировка</i>	<i>Контролируемые разделы (темы) дисциплины (практики) (результаты по разделам)</i>	<i>Уровни освоения компетенции</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	
			<i>Текущий контроль</i>	<i>Промежуточная аттестация</i>
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)	Оценка достоверности различий селекционных признаков Анализ распределения селекционных признаков Оценка параметров генеральной совокупности Регрессионный анализ. Построение Линий регрессии Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ	Пороговый	Письменный опрос, зачёт	Зачёт
		Повышенный	Тесты, контроль остаточных знаний	
		Высокий	Тесты, контроль остаточных знаний, доклады, научные исследования	
способностью к организации научно-исследовательской деятельности (ПК-3)	Оценка достоверности различий селекционных признаков Анализ распределения селекционных признаков Оценка параметров генеральной совокупности Регрессионный анализ. Построение Линий регрессии Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ	Пороговый	Письменный опрос, зачёт	Зачёт
		Повышенный	Тесты, контроль остаточных знаний	
		Высокий	Тесты, контроль остаточных знаний, доклады, научные исследования	
готовностью способностью формировать решения, основанные на исследованиях проблем, путем интеграции знаний из новых или междисциплинарных областей (ПК-4)	Оценка достоверности различий селекционных признаков Анализ распределения селекционных признаков Оценка параметров генеральной совокупности Регрессионный анализ. Построение Линий регрессии Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ	Пороговый	Письменный опрос, зачёт	Зачёт
		Повышенный	Тесты, контроль остаточных знаний	
		Высокий	Тесты, контроль остаточных знаний, доклады, научные исследования	

2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ ПРИОБРЕТЕННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Таблица 2. - Описание показателей и критериев оценивания уровня приобретенных компетенций на различных этапах их формирования

Код контролируемой компетенции (или ее части)	Критерии в соответствии с уровнем освоения основной профессиональной образовательной программы			Технологии формирования
	пороговый (базовый) (удовлетворительно) 55-69 баллов	повышенный (хорошо) 70-84 баллов	высокий (отлично) 85-100 баллов	
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)	Знает научные основы организации научно-исследовательской деятельности	Знает методы научных исследований разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Знает современные методы научных исследований в разведении, селекции и генетике сельскохозяйственных животных	Самостоятельная работа, анализ конкретной ситуации
	Умеет формировать научные задачи в производственной и технологической деятельности в сфере зоотехнии	Умеет формировать и решать научные задачи в производственной и технологической деятельности в зоотехнии	Умеет организовать научно-исследовательскую деятельность в сфере разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных на высоком уровне	Самостоятельная работа, анализ конкретной ситуации НИР
	Владеет основами научно-исследовательской деятельности в сфере зоотехнии	Владеет научными методами разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Владеет методами научных исследований в сфере разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных на высоком уровне	Самостоятельная работа, анализ конкретной ситуации, НИР
способностью к организации научно-исследовательской деятельности (ПК-3)	Знает научные основы биометрии	Знает методы научных исследований разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Знает современные методы научных исследований разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Самостоятельная работа
	Умеет формировать и решать научные задачи в производственной и педагогической деятельности в сфере зоотехнии	Умеет формировать и решать научные задачи в производственной и педагогической деятельности основами разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Умеет организовать научно-исследовательскую деятельность в сфере разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Самостоятельная работа
	Владеет научными основами разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Владеет научными методами разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Владеет методами научных исследований в сфере разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Самостоятельная работа
способностью формировать решения, основанные на исследованиях проблем, путем интеграции знаний из новых или	Знает научные основы разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных	Знает научные основы разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных в России	Знает научные основы разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных в России и странах мира	Самостоятельная работа, анализ конкретной ситуации
	Умеет формировать решения, основанные на исследованиях проблем, путем инте-	Умеет формировать решения, основанные на исследованиях проблем, путем инте-	Умеет формировать решения, основанные на исследованиях проблем, путем интеграции знаний из	Самостоятельная работа, анализ конкретной ситуации НИР

междисциплинарных областей (ПК-4)	грации знаний из новых или междисциплинарных областей	грации знаний из новых или междисциплинарных областей	новых или междисциплинарных областей	
	<i>Владеет</i> научными основами разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных за счёт интеграции знаний из разных дисциплин	Хорошо <i>владеет</i> способностью формировать решения, основанные на исследованиях проблем, путем интеграции знаний из новых или междисциплинарных областей	Отлично <i>владеет</i> способностью формировать решения, основанные на исследованиях проблем, путем интеграции знаний из новых или междисциплинарных областей	Самостоятельная работа, анализ конкретной ситуации, НИР

3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ УМЕНИЙ, ЗНАНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

3.1 Вопросы к зачёту:

1. Предмет и основные понятия биологической статистики.
2. Группировка данных, совокупность и вариационный ряд.
3. Совокупность. Примеры различных совокупностей. Отличие выборочной совокупности от генеральной совокупности.
4. Принципы группировки данных при качественной дискретной и непрерывной изменчивости.
5. Вариационный ряд. Особенности распределения вариантов в вариационном ряду. Графическое изображение вариационного ряда.
6. Статистические показатели для характеристики совокупности.
7. Размах вариационного ряда и лимиты. Мода и медиана.
8. Средняя арифметическая. Формулы для вычисления. Ошибка средней арифметической.
9. Средняя геометрическая. Средняя квадратическая. Средняя гармоническая. Формулы для их вычисления.
10. Дисперсия и среднее квадратическое отклонение.
11. Понятие степени свободы.
12. Коэффициент вариации, его отличие от среднего квадратического отклонения.
13. Закономерности случайной вариации. Вероятность. Формулы сложения и умножения вероятностей.
14. Нормальная вариационная кривая и ее характеристика. Нормированное отклонение.
15. Биномиальное распределение.
16. Распределение Пуассона.
17. Асимметричное, эксцессивное и трансгрессивное распределения
18. Доверительные вероятности или доверительный интервал.
19. Уровни значимости. Связь между уровнем значимости и вероятностью.
20. Оценка достоверности статистических показателей. Выборочные и генеральные совокупности.
18. Средние ошибки, ошибки выборочности. Формулы вычисления.
19. Критерий Стьюдента, случаи и примеры его использования.
20. Нулевая гипотеза. Сущность нулевой гипотезы.
21. Критерий Фишера. Методы его вычисления
22. Применение критерия хи-квадрат для анализа степени соответствия фактических данных теоретически ожидаемым.
23. Применение критерия хи-квадрат для сравнения двух эмпирических распределений.

24. Методы непараметрической статистики: Метод Смирнова-Колмогорова
25. Методы непараметрической статистики: Метод Вилкоксона-Манна-Уитни.
26. Методы непараметрической статистики: Критерий Крускала Уоллиса.
27. Формулы для определения необходимого объёма выборочной совокупности.
28. Измерение связи. Корреляция. Понятие о корреляции. Свойства коэффициента корреляции
29. Алгоритм вычисления коэффициента корреляции в малой выборке. Оценка его достоверности.
30. Алгоритм вычисления коэффициента корреляции в большой выборке.
31. Понятие о регрессии. Коэффициент регрессии. Ошибка коэффициента регрессии и его достоверность.
32. Ранговый коэффициент связи по Спирмену.
33. Полихорический показатель связи.
34. Генетический коэффициент корреляции между признаками
35. Дисперсионный анализ. Сущность дисперсионного анализа.
36. Общая схема дисперсионного анализа при однофакторном эксперименте. Установление достоверности влияния изучаемого фактора.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Оценка **«отлично»** (85-100 баллов) выставляется обучающемуся в случае его полных, глубоких знаний по разделам программы дисциплины, свободного владения специальной терминологией, грамотного речевого изложения материала по вопросам зачёта и дополнительным вопросам, а также в случае полного ответа на все вопросы преподавателя.

Оценка **«хорошо»** (70-84 балла) выставляется обучающемуся в случае его хороших, вполне исчерпывающих знаний по разделам программы дисциплины, владения специальной терминологией, грамотного речевого изложения материала по вопросам зачёта, а также в случае затруднений при ответе на один из трёх вопросов зачёта.

Оценка **«удовлетворительно»** (55-69 балла) выставляется обучающемуся в случае его удовлетворительных, поверхностных знаний по разделам программы дисциплины, незначительных затруднений при использовании специальной терминологии, но относительно грамотного речевого изложения материала по вопросам зачёта, а также в случае некоторых затруднений при ответе на два из трёх вопросов зачёта.

Оценка **«неудовлетворительно»** (0-55 балла) выставляется обучающемуся в случае его неудовлетворительных знаний по разделам программы дисциплины, т. е. в тех случаях, когда обучающийся не дал полного ответа ни на один из поставленных вопросов. В случае полного отказа от ответов обучающийся не набирает баллы на зачёте.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

4.1 Вопросы к коллоквиумам (по модулям):

I модуль

1. Предмет и основные понятия биологической статистики.
2. Группировка данных, совокупность и вариационный ряд.
3. Совокупность. Примеры различных совокупностей. Отличие выборочной совокупности от генеральной совокупности.
4. Принципы группировки данных при качественной дискретной и непрерывной изменчивости.
5. Вариационный ряд. Особенности распределения вариантов в вариационном ряду. Графическое изображение вариационного ряда.
6. Статистические показатели для характеристики совокупности.
7. Размах вариационного ряда и лимиты. Мода и медиана.
8. Средняя арифметическая. Формулы для вычисления. Ошибка средней арифметической.
9. Средняя геометрическая. Средняя квадратическая. Средняя гармоническая. Формулы для их вычисления.
10. Дисперсия и среднее квадратическое отклонение.
11. Понятие степени свободы.
12. Коэффициент вариации, его отличие от среднего квадратического отклонения.
13. Закономерности случайной вариации. Вероятность. Формулы сложения и умножения вероятностей.
14. Нормальная вариационная кривая и ее характеристика. Нормированное отклонение.
15. Биномиальное распределение.
16. Распределение Пуассона.
17. Асимметричное, эксцессивное и трансгрессивное распределения.
18. Доверительные вероятности или доверительный интервал.

2 модуль

1. Уровни значимости. Связь между уровнем значимости и вероятностью.
2. Оценка достоверности статистических показателей. Выборочные и генеральные совокупности.
3. Средние ошибки, ошибки выборочности. Формулы вычисления.
4. Критерий Стьюдента, случаи и примеры его использования.
5. Нулевая гипотеза. Сущность нулевой гипотезы.
6. Критерий Фишера. Методы его вычисления.
7. Применение критерия хи-квадрат для анализа степени соответствия фактических данных теоретически ожидаемым.
8. Применение критерия хи-квадрат для сравнения двух эмпирических распределений.
9. Методы непараметрической статистики: Метод Смирнова-Колмогорова.
10. Методы непараметрической статистики: Метод Вилкоксона-Манна-Уитни.
11. Методы непараметрической статистики: Критерий Крускала-Уоллиса.
12. Формулы для определения необходимого объема выборочной совокупности.
13. Измерение связи. Корреляция. Понятие о корреляции. Свойства коэффициента корреляции.
14. Алгоритм вычисления коэффициента корреляции в малой выборке. Оценка его достоверности.
15. Алгоритм вычисления коэффициента корреляции в большой выборке.
16. Понятие о регрессии. Коэффициент регрессии. Ошибка коэффициента регрессии и его достоверность.

17. Ранговый коэффициент связи по Спирмену.
18. Полихорический показатель связи.
19. Генетический коэффициент корреляции между признаками
20. Дисперсионный анализ. Сущность дисперсионного анализа.
21. Общая схема дисперсионного анализа при однофакторном эксперименте. Установление достоверности влияния изучаемого фактора.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Оценка **«отлично»** (85-100 баллов) выставляется обучающемуся в случае его полных, глубоких знаний по разделам программы дисциплины, свободного владения специальной терминологией, грамотного речевого изложения материала по вопросам модуля и дополнительным вопросам, а также в случае полного ответа на все вопросы преподавателя.

Оценка **«хорошо»** (70-84 балла) выставляется обучающемуся в случае его хороших, вполне исчерпывающих знаний по разделам программы дисциплины, владения специальной терминологией, грамотного речевого изложения материала по вопросам модуля, а также в случае затруднений при ответе на один из трёх вопросов экзамена.

Оценка **«удовлетворительно»** (55-69 балла) выставляется обучающемуся в случае его удовлетворительных, поверхностных знаний по разделам программы дисциплины, незначительных затруднений при использовании специальной терминологии, но относительно грамотного речевого изложения материала по вопросам модуля, а также в случае некоторых затруднений при ответе на два из трёх вопросов экзамена.

Оценка **«неудовлетворительно»** (0-55 балла) выставляется обучающемуся в случае его неудовлетворительных знаний по разделам программы дисциплины, т. е. в тех случаях, когда обучающийся не дал полного ответа ни на один из поставленных вопросов. В случае полного отказа от ответов обучающийся не набирает баллы на экзамене.

4.2 Индивидуальные задания

По теме «Корреляционно-регрессионный анализ»

А) Линейная и нелинейная регрессия

Задание 1. Выразить уравнением линейной регрессии интенсивности роста тёлочек от 1 до 18 месяцев, кг;

Задание 2. Выразить уравнением нелинейной регрессии (параболы второго порядка) изменения удоев у коров-рекордисток чёрно-пёстрой породы от 1 до 8 лактации, кг;

Вычисления необходимо выполнять в определённой последовательности:

- 1) в соответствии с вариантом задания внести первичную информацию об интенсивности роста симментальских тёлочек в компьютерную программу «Microsoft Excel»;
- 2) вычислить средние значения живой массы тёлочек от 1 до 12 месяцев: вставка – функции – статистические – среднее значение (срзнач);
- 3) построить уравнение линейной регрессии, за x взять месяц выращивания (1, 2, 3, 4 и т. д.), за y – живую массу:

$$\bar{y}_x = a + bx, \text{ где}$$

$$a_{yx} = \frac{\sum y}{n} - b_{yx} \frac{\sum x}{n}; b_{yx} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2};$$

4) определить прогнозируемые показатели живой массы от 1 до 12 месяца, а также дать экстраполяцию от 13 до 18 месяца;

5) изобразить с текстовом редакторе «Microsoft Word» эмпирическую и теоретическую кривые живой массы от 1 до 12 и от 1 до 18 месяцев соответственно;

6) в соответствии с вариантом задания внести первичную информацию о величине удоев коров-рекордисток от 1 до 6 месяца в компьютерную программу «Microsoft Excel»;

7) вычислить средние значения удоев коров-рекордисток от 1 до 6 месяца: вставка – функции – статистические – среднее значение (срзнач);

8) построить уравнение нелинейной регрессии, за x взять номер лактации (1, 2, 3, 4 и т. д.), за y – величину удоев:

$$\bar{y}_x = a + bx + cx^2,$$

$$an + b\sum x + c\sum x^2 = \sum y$$

$$a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3 = \sum xy$$

$$a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4 = \sum yx^2 \text{ (см. пример ниже);}$$

9) определить прогнозируемые показатели удоев от 1 до 6 лактации, а также дать экстраполяцию по 7 и 8 лактациям;

10) по результатам проведенного анализа сделать выводы и предложения производству.

Пример вычисления теоретической кривой параболы второго порядка по эмпирическим данным

Задание: разработать уравнение для прогноза уровня рентабельности производства молока в зависимости от величины удоев в стадах крупного рогатого скота, если при удое до 3500 кг, при 3501-4000, 4001-4500, 4501-5000, 5001-5500 и при более 5501 кг молока уровень фактической рентабельности соответственно составил 22,1, 8,2, 9,5, 7,9, 14,1 и 17,2%.

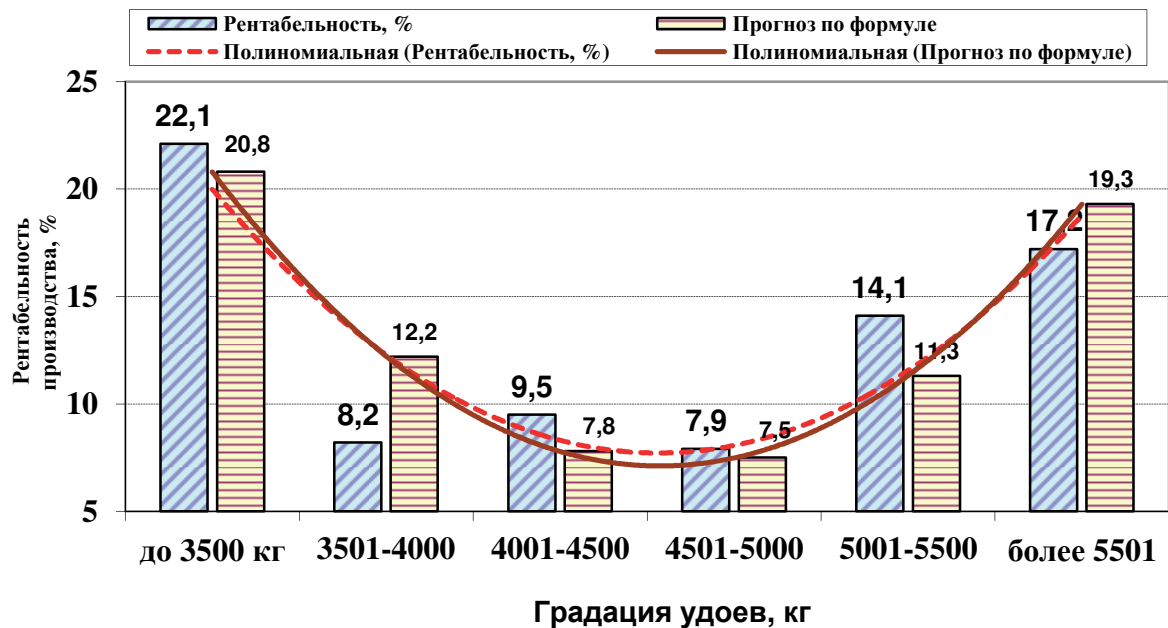


Рисунок 1 – Зависимость рентабельности производства молока от величины средних удоев в хозяйствах, %

Для упрощения решения этого задания распределим величины на ранги, то есть 1 будет – 3500, каждый следующий ранг будет увеличиваться в среднем на 500 кг молока. Из рисунка наглядно следует, что рентабельность производства молока с увеличением удоев сначала уменьшалась, а затем возрастала. Следовательно, данная зависимость подчиняется математической зависимости, которую можно выразить уравнением параболы второго порядка: $\bar{y}_x = a + bx + cx^2$, где \bar{y}_x – рентабельность, прогнозируемая через удой (х). Для этого сделаем следующие вычисления (n=6).

**Таблица 3 – Последовательность вычислений
при выведении уравнения параболы второго порядка**

Вычисляем суммы по каждому столбцу	x	y	xy	x ²	x ³	x ⁴	yx ²
	1	22,1	22,1	1	1	1	22,1
	2	8,2	16,4	4	8	16	32,8
	3	9,5	28,5	9	27	81	85,5
	4	7,9	31,6	16	64	256	126,4
	5	14,1	70,5	25	125	625	352,5
	6	17,2	103,2	36	216	1296	619,2
Σ	21	79	272,3	91	441	2275	1239
Первый этап вычислений: $an + b\sum x + c\sum x^2 = \sum y$ $a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3 = \sum xy$ $a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4 = \sum yx^2$, откуда следует система уравнений: $6a + 21b + 91c = 79$ $21a + 91b + 441c = 272,3$ $91a + 441b + 2275c = 1239$, делим каждое уравнение на коэффициент при a:				Второй этап вычислений (после деления на a): $a + 3,5b + 15,167c = 13,167$ $a + 4,33b + 21c = 12,967$ $a + 4,846b + 25c = 13,61$, из 2-го вычитаем 1-е, из 3-го - 2-е уравнение: $0,83b + 5,833c = -0,2$ $0,516b + 4c = 0,643$, делим каждое уравнение на коэффициент при b:			
Третий этап вычислений (после деления на b): $b + 7,028c = -0,241$ $b + 7,752c = 1,246$, из 2-го вычитаем 1-е уравнение: $0,724c = 1,487$, находим c = 2,054 .				Четвёртый этап вычислений: Находим коэффициент b: $b + 7,028 \cdot 2,054 = -0,241$ b = -14,6765 Находим коэффициент a: $a + 3,5 \cdot (-14,6765) +$ $+15,167 \cdot 2,054 = 13,167$; $a - 51,368 + 31,153 = 13,167$; $a = 13,167 - (-51,368 +$ $31,153) = 33,382$			

Следовательно, формула для прогноза выглядит следующим образом:

$$\bar{y}_x = 33,382 + 14,6765x + 2,054x^2$$

I вариант

Таблица А - Интенсивность роста тёлочек от рождения до 12 месяцев

№	Живая масса по месяцам, кг											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5625	62	93	120	139	144	163	190	213	233	250	265	280
5642	52	76	96	111	122	135	154	180	216	232	242	256
6082	40	61	83	92	102	113	126	145	164	182	198	223
5992	47	65	80	97	100	100	100	100	108	130	150	175
5874	41	56	81	91	100	106	123	144	160	171	190	209
5958	41	61	86	105	105	110	124	146	181	201	221	242
6006	51	72	92	102	112	128	141	148	164	197	207	216
5695	45	59	73	103	105	105	119	137	150	160	169	193
5695	45	59	73	103	105	105	119	137	150	160	169	193
6032	51	74	95	110	115	117	123	141	168	184	192	199
5878	48	68	93	100	113	133	139	144	154	172	189	208
5928	39	53	73	93	107	115	130	147	173	197	215	233
5860	54	80	104	112	120	135	149	165	185	204	222	241
5934	37	55	70	92	111	121	141	157	173	190	207	225
5878	48	68	93	100	113	133	139	144	154	175	200	220
5930	43	62	82	95	107	124	143	156	179	199	209	219
5948	44	64	89	108	124	141	158	183	204	220	236	253
6032	51	74	95	110	115	117	123	141	168	184	192	199
5917	46	66	88	101	105	105	105	105	114	137	161	192
5999	54	78	95	95	95	95	96	110	140	171	185	199
5570	48	62	67	70	72	75	82	99	112	129	147	155
6025	50	71	92	103	108	116	126	149	178	199	214	225
5998	42	60	88	102	116	131	146	159	183	199	215	226
6121	45	64	79	91	109	122	138	158	181	207	220	245
6054	46	62	78	94	109	125	141	157	173	189	205	230
6105	46	66	80	90	101	111	126	146	164	179	205	235
0097	48	78	96	105	106	115	136	154	191	205	219	230

Таблица Б – Удой чёрно-пёстрых коров-рекордисток

№ п/п	Лактация					
	1	2	3	4	5	6
1	5214	6098	7957	7857	6974	4015
2	5638	4409	8338	7704	6451	4975
3	4357	5989	7311	5728	5163	5363
4	5784	6822	8134	6622	6104	6921
5	5528	4933	6279	7040	7506	5174
6	5998	8075	7355	6786	7000	5812
7	4904	5765	6649	7486	7865	6583
8	6000	7867	8849	7551	8821	6235
9	5350	5350	7288	6671	5849	6687
10	3426	5299	7155	6039	7394	7524
11	5456	7304	8174	6683	5934	6502
12	5241	6273	7160	6078	5808	5739
13	3949	4945	6618	7037	6501	6379
14	5428	5113	7059	7557	5798	5288
15	5077	4829	7935	8141	7887	5927

II вариант

Таблица А - Интенсивность роста тёлочек от рождения до 12 месяцев

№	Живая масса по месяцам, кг											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6183	51	71	88	98	106	129	155	168	175	195	205	230
6040	50	71	85	85	86	90	94	111	134	153	180	201
6019	42	54	71	83	85	90	95	107	131	155	165	187
6025	50	71	92	103	108	116	126	149	178	185	194	213
5998	42	60	88	102	116	131	146	159	180	200	220	240
5993	49	74	98	119	130	152	160	189	208	225	250	270
5867	66	101	107	127	143	165	167	186	208	228	244	262
6117	52	75	95	106	131	143	170	172	174	205	249	270
6056	56	80	90	91	96	103	116	137	160	180	200	220
6086	49	68	92	114	131	150	164	174	185	196	203	225
6101	49	70	93	107	110	110	113	133	150	162	207	227
6088	52	74	97	116	137	155	163	174	186	196	187	209
5988	44	65	84	102	110	117	135	153	169	184	205	229
6128	55	81	104	120	128	147	169	194	204	213	201	218
5893	54	82	99	109	132	135	139	144	154	171	195	223
6012	50	70	90	106	110	113	133	148	164	195	188	206
6021	51	71	91	105	105	105	112	135	153	174	219	242
6150	39	53	84	101	111	130	145	152	180	188	208	221
5699	49	66	80	100	105	125	150	179	185	200	215	228
5947	51	74	96	114	120	120	120	137	162	183	155	165
5742	52	74	95	100	105	120	120	130	140	145	205	227
5169	53	73	94	104	114	135	140	140	154	173	145	145
5868	66	100	100	107	128	155	161	179	201	223	194	212
5400	55	72	84	93	112	121	129	145	162	173	245	267
5683	47	60	72	81	93	105	109	128	151	165	203	223
5617	49	66	81	101	124	138	149	166	201	225	189	207
5414	54	67	75	86	97	102	105	107	116	129	235	241

Таблица Б – Удой чёрно-пёстрых коров-рекордисток

№ п/п	Лактация					
	1	2	3	4	5	6
1	5161	6837	7089	6246	7249	7819
2	5665	8715	8865	9602	6296	5487
3	4926	6089	6861	6843	4909	6722
4	5173	7302	5878	6569	6112	6846
5	6229	6382	7118	5974	6690	7608
6	5303	7573	7001	6605	6384	6232
7	6171	7969	6775	6579	7122	6636
8	6145	6445	5685	6815	8120	6885
9	6797	5531	6933	6887	7595	8117
10	5240	5720	6774	7393	7573	7065
11	5205	5602	5444	6678	8164	6537
12	5910	6241	7926	7201	7420	7690
13	5654	7502	7455	7362	6032	6416
14	4376	5462	6367	7487	7573	6444
15	5605	6969	7752	6526	7000	5283

III вариант

Таблица А - Интенсивность роста тёлочек от рождения до 12 месяцев

№	Живая масса по месяцам, кг											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5622	53	73	95	109	118	129	144	158	180	205	228	232
5675	51	72	94	116	125	134	148	168	197	216	232	251
5418	56	76	88	93	104	110	110	110	110	113	115	118
5640	52	69	91	99	115	135	163	192	218	232	242	251
5661	60	84	109	124	140	165	185	201	213	226	238	251
5636	55	76	99	117	129	135	158	178	209	238	249	258
5806	56	78	87	95	113	128	143	155	173	184	197	209
5594	57	85	102	111	124	134	142	153	173	200	222	238
5662	57	79	100	115	128	139	154	174	198	220	236	253
5618	56	77	97	109	135	144	163	179	195	209	223	236
5743	56	78	100	116	130	159	183	220	227	233	240	246
6062	51	72	84	100	101	111	120	138	152	166	179	200
6072	55	76	92	98	118	137	144	171	187	197	207	229
5858	65	100	107	132	147	171	186	194	203	216	230	244
5859	44	58	73	88	105	115	117	122	132	148	171	194
5833	54	80	106	131	152	171	193	208	223	238	253	269
5671	45	62	79	100	106	120	130	149	155	155	165	185
5831	46	64	84	103	114	129	139	153	159	183	201	216
5849	49	70	91	99	117	133	143	153	176	198	217	236
5567	49	68	85	90	91	106	111	132	149	168	188	216
5532	69	88	101	121	129	142	156	171	192	211	234	252
5650	45	57	70	82	94	110	131	147	168	189	199	208
5483	45	59	69	89	110	110	112	120	133	151	183	214
5488	50	62	75	75	75	75	76	80	84	100	104	123
5481	57	69	82	89	96	102	125	151	161	172	198	214
5628	57	85	110	117	130	131	144	161	176	216	231	241
5844	54	82	109	136	148	167	194	204	213	224	233	240

Таблица Б – Удой чёрно-пёстрых коров-рекордисток

№ п/п	Лактация					
	1	2	3	4	5	6
1	6200	6187	6754	7623	7797	7586
2	6177	6020	8097	7664	8050	7704
3	5113	6198	5473	6238	7165	7137
4	5145	7092	7200	7048	6977	4000
5	5811	5349	5139	6894	6040	7150
6	5638	4409	6597	8338	7704	6451
7	4357	5989	7216	7311	5728	5163
8	5784	6822	7866	8134	6622	6104
9	5528	4933	5543	6279	7040	7506
10	5998	8075	7580	7355	6786	7000
11	4904	5765	5784	6649	7486	7865
12	6000	7867	9662	8849	7551	8821
13	5350	5350	5860	7288	6671	5849
14	3426	5299	6296	7155	6039	7394
15	5456	7304	6345	8174	6683	5934

IV вариант

Таблица А - Интенсивность роста тёлочек от рождения до 12 месяцев

№	Живая масса по месяцам, кг											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5630	52	75	95	109	110	114	120	129	154	172	214	226
5653	50	68	89	103	118	130	148	167	178	194	209	220
5732	45	62	85	114	136	146	158	176	191	195	198	222
5462	52	66	78	84	89	90	94	120	143	168	196	223
5549	48	57	62	68	84	105	117	132	154	169	199	237
5517	54	75	87	104	110	113	118	140	165	198	213	221
5461	52	72	84	85	103	105	125	143	168	189	208	228
6341	46	64	82	110	120	130	142	160	180	200	222	244
6041	43	59	81	107	122	131	137	153	181	205	227	250
6027	40	50	80	80	90	95	106	135	140	159	180	206
6057	48	67	91	112	115	118	133	160	181	201	220	245
6050	47	64	89	90	95	100	120	135	149	168	189	219
6396	55	81	107	110	122	131	143	159	181	201	223	245
6142	41	52	68	80	82	87	98	119	142	155	178	198
5925	37	53	73	93	103	110	118	135	161	189	210	235
5924	48	63	75	92	105	135	166	193	225	248	268	285
5997	40	62	87	95	105	116	140	164	188	208	228	249
6203	52	73	92	101	106	128	151	170	180	199	209	229
6252	51	72	89	97	107	125	139	150	176	206	232	259
6381	47	64	81	108	123	135	157	173	191	215	237	265
6316	44	59	73	92	95	115	136	159	184	206	234	256
6290	49	69	88	108	131	152	160	190	221	244	264	280
6061	48	66	80	83	95	105	128	146	165	183	209	225
6061	48	66	80	83	95	120	145	171	198	225	250	270
6165	45	63	83	96	107	119	137	162	191	225	245	265
6364	44	52	71	94	119	139	164	180	204	228	249	273
6020	52	73	92	100	120	140	160	183	201	228	249	268

Таблица Б – Удой чёрно-пёстрых коров-рекордисток

№ п/п	Лактация					
	1	2	3	4	5	6
1	5241	6273	6428	7160	6078	5808
2	3949	4945	6174	6618	7037	6501
3	5428	5113	6543	7059	7557	5798
4	5077	4829	7585	7935	8141	7887
5	5161	6837	7089	6246	7249	7819
6	5665	8715	8865	9602	6296	5487
7	4926	6089	6861	6843	4909	6722
8	5173	7302	5878	6569	6112	6846
9	6229	6382	7118	5974	6690	7608
10	5303	7573	7001	6605	6384	6232
11	6171	7969	6775	6579	7122	6636
12	6145	6445	5685	6815	8120	6885
13	6797	5531	6933	6887	7595	8117
14	5240	5720	6774	7393	7573	7065
15	5205	5602	5444	6678	8164	6537

V вариант

Таблица А - Интенсивность роста тёлочек от рождения до 12 месяцев

№	Живая масса по месяцам, кг											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6264	48	65	85	104	113	125	137	150	180	199	228	242
6145	41	60	76	80	95	105	125	145	170	200	228	253
6165	51	71	90	101	116	129	155	176	196	201	229	247
6235	47	66	91	108	120	139	158	179	180	199	214	242
6267	51	75	103	120	135	152	162	187	196	220	249	267
6207	51	71	95	100	115	125	140	156	170	200	222	244
6258	50	70	100	106	125	140	160	186	200	225	247	270
6206	40	55	78	94	105	129	145	174	199	219	233	256
6177	48	65	89	95	110	125	149	169	180	201	220	245
6225	44	60	80	96	110	130	150	170	199	218	239	259
6157	55	75	86	102	117	131	151	175	191	201	223	245
6248	50	69	87	100	106	124	138	157	177	195	208	234
6221	50	70	93	121	149	170	187	190	215	235	261	288
6274	54	78	103	134	153	173	197	223	243	268	288	300
6353	48	64	74	88	107	128	154	175	200	228	268	299
6333	51	66	73	90	120	137	147	155	170	199	219	242
6022	41	54	67	86	106	131	156	181	200	226	252	269
5861	47	66	86	103	131	150	165	180	206	245	267	285
5957	45	59	70	85	96	119	139	149	170	206	234	256
6220	52	75	95	104	119	138	155	174	203	231	260	285
5862	40	54	68	80	94	110	129	147	160	183	209	235
5953	53	73	88	103	119	141	163	177	200	225	250	270
6075	46	63	79	93	110	125	141	162	190	225	245	265
6046	47	64	81	100	124	140	160	185	200	229	258	279
5961	45	60	75	96	120	145	160	188	210	238	259	278
6219	49	64	74	84	98	124	145	168	189	205	229	250
5962	51	70	85	104	110	131	151	174	200	225	250	276

Таблица Б – Удой чёрно-пёстрых коров-рекордисток

№ п/п	Лактация					
	1	2	3	4	5	6
1	5090	6527	5973	6839	7022	6657
2	4758	5363	7232	5985	7105	6736
3	3892	4533	5435	5939	6757	7294
4	4801	5470	5609	7157	5860	5870
5	4808	6124	7347	6131	5424	5721
6	5608	4985	7432	7036	7064	5370
7	4718	5894	6997	6994	5914	6892
8	4472	5374	6040	5666	7101	6239
9	5159	6107	7249	6950	7079	5406
10	4067	5181	6494	4751	7148	6084
11	5340	6235	5712	6720	7271	7032
12	5236	6579	7423	6100	5713	5293
13	5561	6402	7094	7230	5977	6089
14	7041	9188	10572	11936	10953	10598
15	6691	5691	7011	7670	6973	4816

Б) Уравнения гипербол разного порядка (нелинейная регрессия)

нелинейная регрессия (парабола второго порядка);

$$\bar{y}_x = a + \frac{b}{x}$$

нелинейная регрессия (гипербола первого порядка);

$$\bar{y}_x = a + \frac{b}{x^2}$$

нелинейная регрессия (гипербола второго порядка);

$$\bar{y}_x = a + b \cdot x + \frac{c}{x}$$

нелинейная регрессия

(гипербола первого порядка с тремя неизвестными);

$$\bar{y}_x = a + \frac{b}{x^3}$$

нелинейная регрессия (гипербола третьего порядка).

Для более подробного изучения данных построения уравнений регрессий можно воспользоваться специальной литературой (например, учебником Г. Ф. Лакина «Биометрия»). Следует также обратить внимание на то, что точное первичное определение динамики изменчивости позволит выбрать и построить правильное уравнение для математического выражения динамики.

При этом для определения параметров a и b необходимо решить систему следующих нормальных уравнений:

$$an + b \sum \frac{1}{x} = \sum y ; a \sum \frac{1}{x} + b \sum \frac{1}{x^2} = \sum \frac{y}{x}, \text{ откуда следует } a = \frac{1}{D} \left(\sum y \sum \frac{1}{x^2} - \sum \frac{y}{x} \sum \frac{1}{x} \right);$$

$$b = \frac{1}{D} \left(n \sum \frac{y}{x} - \sum y \sum \frac{1}{x} \right), \text{ где } D = n \sum \frac{1}{x^2} - \left(\sum \frac{1}{x} \right)^2 - \text{определитель системы;}$$

x – значения независимой;

y – значения зависимой переменных величин.

Для нахождения параметров a и b целесообразно производить вычисления, записывая их в виде таблицы 1.

Из таблицы следуют вычисления D , a и b :

$$D = n \sum \frac{1}{x^2} - \left(\sum \frac{1}{x} \right)^2 = 11 \cdot 38,9508 - 15,09939^2 = 428,4589 - 227,9916 = 200,567;$$

$$a = \frac{1}{D} \left(\sum y \sum \frac{1}{x^2} - \sum \frac{y}{x} \sum \frac{1}{x} \right) = \frac{1}{200,4674} (50 \cdot 38,9506 - 120,0124 \cdot 15,09939) = 0,675551;$$

$$b = \frac{1}{D} \left(n \sum \frac{y}{x} - \sum y \sum \frac{1}{x} \right) = \frac{1}{200,4674} (11 \cdot 120,0124 - 50 \cdot 15,09939) = 200,567 (1320,137 - 754,9693) = 2,81925.$$

Таблица 4 – Вычисление уравнения гиперболы первого порядка при прогнозе количества антигенов по их генетическому весу в популяции

n	x	y	x ²	$\frac{y}{x}$	$\frac{1}{x}$	$\frac{1}{x^2}$	Прогноз: \bar{y}_x
1	0,2	16	0,04	80	5	25	14,7718
2	0,4	5	0,16	12,5	2,5	6,25	7,723675
3	0,6	6	0,36	10	1,666667	2,777778	5,3743
4	0,8	3	0,64	3,75	1,25	1,5625	4,199613
5	1	3	1,00	3	1	1	3,494801
6	1,2	3	1,44	2,5	0,833333	0,694444	3,024926
7	1,4	4	1,96	2,857143	0,714286	0,510204	2,689301
8	1,6	3	2,56	1,875	0,625	0,390625	2,437582
9	1,8	3	3,24	1,666667	0,555556	0,308642	2,241801
10	2	1	4,00	0,5	0,5	0,25	2,085176
11	2,2	3	4,84	1,363636	0,454545	0,206612	1,957028
Σ	-	50	-	120,0124	15,09939	38,9508	50

В результате вычислений получаем формулу для построения теоретической линии количества антигенов в зависимости от их частоты в популяции:

$$\bar{y}_x = 0,675551 + \frac{2,81925}{x}$$

нелинейная регрессия (гипербола первого порядка).

Например, если $x=0,2$, то $\bar{y}_x = 0,675551 + \frac{2,81925}{0,2} = 17,7718$ (см. прогноз в таблице 1). Сумма $\bar{y}_x = 50$ подтверждает правильность вычислений.

Аналогично для нахождения параметров a и b в *гиперболе второго порядка* необходимо решить следующую систему нормальных уравнений:

$$an + b \sum \frac{1}{x^2} = \sum y; a \sum \frac{1}{x^2} + b \sum \frac{1}{x^4} = \sum \frac{y}{x^2}, \text{ откуда следует:}$$

$$a = \frac{1}{D} \left(\sum y \sum \frac{1}{x^4} - \sum \frac{y}{x^2} \sum \frac{1}{x^2} \right); b = \frac{1}{D} \left(n \sum \frac{y}{x^2} - \sum y \sum \frac{1}{x^2} \right),$$

$$\text{где } D = n \sum \frac{1}{x^4} - \left(\sum \frac{1}{x^2} \right)^2 - \text{определитель системы.}$$

$$D = n \Sigma \frac{1}{x^4} - \left(\Sigma \frac{1}{x^2} \right)^2 = 7439,471 - 1517,165 = 5922,306;$$

$$a = \frac{1}{D} \left(\Sigma y \Sigma \frac{1}{x^4} - \Sigma \frac{y}{x^2} \Sigma \frac{1}{x^2} \right) = \frac{1}{5922,306} (50 \cdot 676,3156 - 462,696 \cdot 38,9508) = 0,00017(33815,78 - 18022,37935) = 2,685;$$

$$b = \frac{1}{D} \left(n \Sigma \frac{y}{x^2} - \Sigma y \Sigma \frac{1}{x^2} \right) = 0,00017 (11 \cdot 462,696 - 50 \cdot 38,9508) = 0,534.$$

**Таблица 5 – Вычисление уравнения гиперболы
второго порядка при прогнозе количества антигенов
по их генетическому весу в популяции**

n	x	y	x ²	x ⁴	$\frac{y}{x^2}$	$\frac{1}{x^2}$	$\frac{1}{x^4}$	Прогноз: \bar{y}_x
1	0,2	16	0,04	0,0016	400	25	625	16,035
2	0,4	5	0,16	0,0256	31,25	6,25	39,0625	6,0225
3	0,6	6	0,36	0,1296	16,66667	2,777778	7,716049	4,168333333
4	0,8	3	0,64	0,4096	4,6875	1,5625	2,441406	3,519375
5	1	3	1,00	1	3	1	1	3,219
6	1,2	3	1,44	2,0736	2,083333	0,694444	0,482253	3,055833333
7	1,4	4	1,96	3,8416	2,040816	0,510204	0,260308	2,95744898
8	1,6	3	2,56	6,5536	1,171875	0,390625	0,152588	2,89359375
9	1,8	3	3,24	10,4976	0,925926	0,308642	0,09526	2,849814815
10	2	1	4,00	16	0,25	0,25	0,0625	2,8185
11	2,2	3	4,84	23,4256	0,619835	0,206612	0,042688	2,795330579
Σ	-	50	-	63,9584	462,696	38,9508	676,3156	≈50

В результате вычислений получаем вторую формулу для построения теоретической линии количества антигенов в зависимости от их частоты в популяции:

$$\bar{y}_x = 2,685 + \frac{0,534}{x^2}$$

нелинейная регрессия (гипербола второго порядка).

Таким образом, даже без вычисления корреляции видно, что во втором случае фактические и эмпирические данные совпадают сильнее, а следовательно, для прогноза количества антигенов по их частоте в популяции лучше использовать гиперболу второго порядка. На рисунке приведена динамика генотипической изменчивости удоев и количества молочного жира при разных способах выбраковки по удою.

В практической работе селекционера или биолога нередко бывают случаи, при которых продуктивные признаки или какие-либо параметры сначала резко спадают, а затем стабилизируются и принимают относительно постоянное значение. Для выравнивания эмпирической линии регрессии в данном случае следует применять **уравнение гиперболы третьего порядка**.

Для нахождения параметров a и b в гиперболе третьего порядка также необходимо решить систему нормальных уравнений:

$$an + b \sum \frac{1}{x^3} = \sum y; \quad a \sum \frac{1}{x^3} + b \sum \frac{1}{x^6} = \sum \frac{y}{x^3}, \text{ откуда следует:}$$

$$a = \frac{1}{D} \left(\sum y \sum \frac{1}{x^6} - \sum \frac{y}{x^3} \sum \frac{1}{x^3} \right); \quad b = \frac{1}{D} \left(n \sum \frac{y}{x^3} - \sum y \sum \frac{1}{x^3} \right), \text{ где}$$

$$D = n \sum \frac{1}{x^6} - \left(\sum \frac{1}{x^3} \right)^2 - \text{определитель системы.}$$

Для примера вычисления параметров a и b воспользуемся предыдущими первичными данными (см. таблицу 1 или 2).

Таблица 6 – Вычисление уравнения гиперболы первого порядка при прогнозе количества антигенов по их генетическому весу в популяции

n	x	y	x^3	x^6	$\frac{y}{x^3}$	$\frac{1}{x^3}$	$\frac{1}{x^6}$	Прогноз: \bar{y}_x
1	0,2	16	0,008	0,000064	2000	125	15625	16,15
2	0,4	5	0,064	0,004096	78,125	15,625	244,1406	4,775
3	0,6	6	0,216	0,046656	27,77778	4,62963	21,43347	3,631481
4	0,8	3	0,512	0,262144	5,859375	1,953125	3,814697	3,353125
5	1	3	1	1	3	1	1	3,254
6	1,2	3	1,728	2,985984	1,736111	0,578704	0,334898	3,210185
7	1,4	4	2,744	7,529536	1,457726	0,364431	0,13281	3,187901
8	1,6	3	4,096	16,77722	0,732422	0,244141	0,059605	3,175391
9	1,8	3	5,832	34,01222	0,514403	0,171468	0,029401	3,167833
10	2	1	8	64	0,125	0,125	0,015625	3,163
11	2,2	3	10,648	113,3799	0,281743	0,093914	0,00882	3,159767
Σ	-	50	-	239,9978	2119,61	149,7854	15895,97	≈ 50

$$D = n \sum \frac{1}{x^6} - \left(\sum \frac{1}{x^3} \right)^2 = 11 \cdot 15895,97 - 149,7854^2 = 174855,67 - 22435,666 = 152420,004;$$

$$a = \frac{1}{D} \left(\sum y \sum \frac{1}{x^6} - \sum \frac{y}{x^3} \sum \frac{1}{x^3} \right) = \frac{1}{152420,004} (50 \cdot 15895,97 - 2119,61 \cdot 149,7854) = 0,0000066 (794798,5 - 317486,6) = 3,15;$$

$$b = \frac{1}{D} \left(n \sum \frac{y}{x^3} - \sum y \sum \frac{1}{x^3} \right) = 0,0000066 (11 \cdot 2119,61 - 50 \cdot 149,7854) = 0,104 ;$$

В результате вычислений получаем третью формулу для построения теоретической линии количества антигенов в зависимости от их частоты в популяции:

$$\bar{y}_x = 3,15 + \frac{0,104}{x^3}$$

нелинейная регрессия (гипербола третьего порядка).

Из приведённых в таблице расчётов прогноза теоретических величин y следует, что при использовании для прогноза уравнения гиперболы третьего порядка основная часть количества антигенов, начиная с частоты 0,8, будет немного завышена. Это даёт возможность предположить, что данная формула будет менее точной для прогноза.

Для нахождения параметров a , b и c в гиперболе первого порядка с тремя неизвестными необходимо решить систему нормальных уравнений, где не вычисляется определитель системы D :

$$an + b \sum x + c \sum \frac{1}{x} = \sum y; \quad a \sum x + b \sum x^2 + an = \sum xy; \quad a \sum \frac{1}{x} + bn + c \sum \frac{1}{x^2} = \sum \frac{y}{x}.$$

Чтобы по первичным данным построить данную систему, следует предварительно вычислить $\sum x$, $\sum y$, $\sum xy$, $\sum \frac{y}{x}$, $\sum \frac{1}{x}$ и $\sum \frac{1}{x^2}$.

На основании предварительных вычислений (см. таблица 4) строим систему нормальных уравнений:

$$an + b \sum x + c \sum \frac{1}{x} = \sum y = 11a + 13,2b + 15,0994c = 50;$$

$$a \sum x + b \sum x^2 + an = \sum xy = 13,2a + 20,24b + 11c = 42,2;$$

$$a \sum \frac{1}{x} + bn + c \sum \frac{1}{x^2} = \sum \frac{y}{x} = 15,0994a + 11b + 38,9508c = 120,012.$$

**Таблица 7 – Вычисление уравнения гиперболы
первого порядка с тремя неизвестными при прогнозе количества антигенов
по их генетическому весу в популяции**

n	x	y	xy	$\frac{y}{x}$	x^2	$\frac{1}{x}$	$\frac{1}{x^2}$	Прогноз: \overline{y}_x
1	0,2	16	3,2	80	0,04	5	25	15,341936
2	0,4	5	2	12,5	0,16	2,5	6,25	7,220172
3	0,6	6	3,6	10	0,36	1,66666667	2,77777778	4,698408
4	0,8	3	2,4	3,75	0,64	1,25	1,5625	3,576644
5	1	3	3	3	1	1	1	3,01488
6	1,2	3	3,6	2,5	1,44	0,83333333	0,69444444	2,733116
7	1,4	4	5,6	2,8571429	1,96	0,71428571	0,51020408	2,611352
8	1,6	3	4,8	1,875	2,56	0,625	0,390625	2,589588
9	1,8	3	5,4	1,6666667	3,24	0,55555556	0,30864198	2,63449067
10	2	1	2	0,5	4	0,5	0,25	2,72606
11	2,2	3	6,6	1,3636364	4,84	0,45454545	0,20661157	2,85156873
Σ	13,2	50	42,2	120,012	20,24	15,0994	38,9508	≈ 50

Для дальнейшего решения данной системы уравнений необходимо сделать преобразования:

делим каждое уравнение на коэффициент при a:

$$a + 1,2b + 1,3727c = 4,5454;$$

$$a + 1,533333b + 0,833333c = 3,19696;$$

$$a + 0,7285b + 2,5797c = 7,9481;$$

из 2-го вычитаем 1-е, из 3-го - 2-е уравнение:

$$0,33333b + (-0,5394c) = -1,34844;$$

$$-0,804833b + 1,7464c = 4,75114;$$

делим каждое уравнение на коэффициент при b:

$$b + (-1,618c) = -4,0453;$$

$$b + (-2,17)c = -5,903;$$

из 2-го вычитаем 1-е уравнение и находим c:

$$-0,552c = -1,8577,$$

$$c = 3,36.$$

Находим коэффициент b:

$$b + (-1,618 \cdot 3,36) = -4,0453;$$

$$b + (-5,43648) = -4,0453;$$

$$b = -4,0453 - (-5,43648) = 1,39118.$$

Находим коэффициент a:

$$a + 1,2 \cdot 1,39118 + 1,3727 \cdot 3,36 = 4,5454,$$

$$a + 1,669416 + 4,612272 = 4,5454,$$

$$a + 6,281688 = 4,5454,$$

$$a = -1,7363.$$

В результате вычислений получаем четвёртую формулу для построения теоретической линии количества антигенов в зависимости от их частоты в популяции:

$$\bar{y}_x = -1,7363 + 1,39118x + \frac{3,36}{x}$$

нелинейная регрессия

(гипербола первого порядка с тремя неизвестными).

Из таблицы 7 следует, что гипербола первого порядка с тремя неизвестными также отражает зависимость y от x , однако в связи с наличием четырёх полученных уравнений целесообразно вычислить корреляции между фактическими и теоретическими (прогнозируемыми) значениями y . Для этого следует воспользоваться компьютерной программой «Microsoft Excel». Аналогично, если при выполнении расчётного задания возникнут сомнения в том, какая формула наиболее приемлема для прогноза, следует воспользоваться корреляционным анализом.

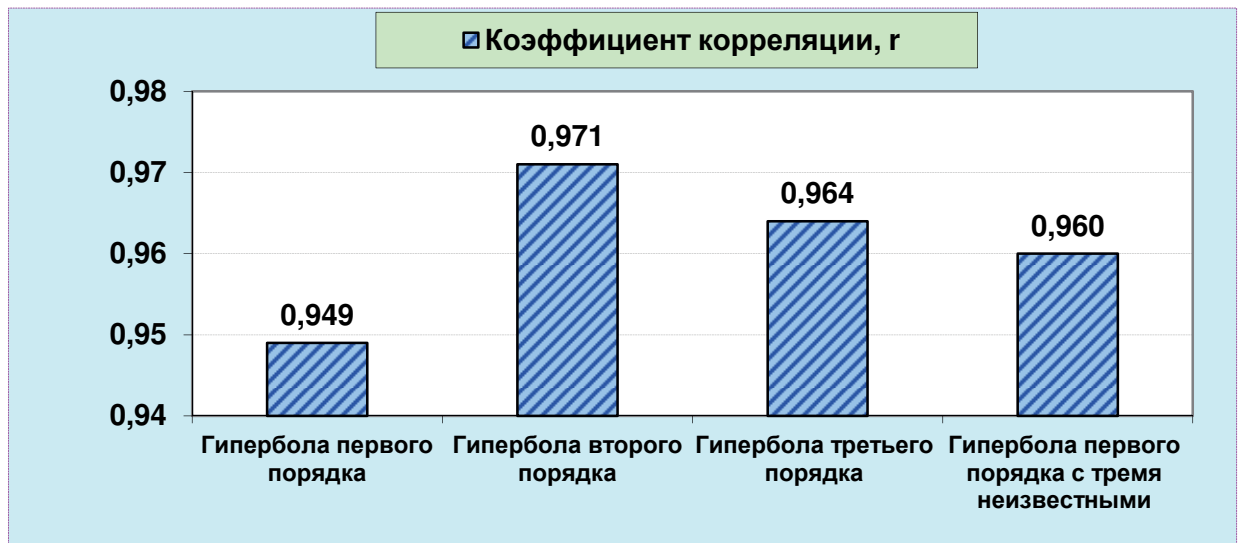


Рисунок 2 – Корреляция между эмпирическими и теоретическими значениями y (количество антигенов).

Задание 3. 1) Выразить математически (с помощью уравнений гипербол разного порядка) относительную скорость роста мясных бычков в стадах (y) по 12 месяцам выращивания и откорма (x); 2) вычислить корреляции между эмпирическими и теоретическими данными, полученными на основании прогноза по 4 уравнениям гипербол разного порядка: первого порядка, второго порядка, третьего порядка и первого порядка с тремя неизвестными; 3) сделать вывод и рекомендовать производству наиболее оптимальную формулу регрессии для прогноза относительной скорости роста мясных быков.

Варианты приведены ниже.

**Таблица В – Относительная скорость роста мясных бычков
от рождения до 12 месяцев, % (10 вариантов)**

№	% по месяцам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	90	45	28	25	20	10	15	13	12	10	12	7
2	85	48	31	20	14	11	14	11	12	10	11	7
3	92	47	29	26	21	19	17	12	15	12	8	9
4	95	50	33	30	26	19	19	16	14	12	11	10
5	90	44	29	25	20	10	15	13	12	10	11	7
6	92	45	28	25	20	10	15	13	12	10	11	7
7	89	51	30	24	20	19	15	13	12	10	9	6
8	90	45	28	23	20	10	15	13	12	10	11	7
9	100	52	33	28	20	19	18	14	13	12	10	9
10	99	51	32	22	21	10	15	13	12	10	11	7

Тема «Дисперсионный анализ»

Пример вычисления силы влияния фактора в однофакторных дисперсионных комплексах

В качестве примера приведём примеры определения степени влияния факторов «стадо» («хозяйство») и «год» на величину удоев (см. таблицу 8).

Таблица 8. – Влияние паратипического фактора «стадо» («хозяйство») на величину удоев, кг

Фактор «стадо» A1-A4, a=4		Состав градации по годам, x_i (кг) $n=5$, $N=20$					Состав градации по годам, x_i (ц)				
Градации		2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
1 стадо		3598	4099	3583	3739	3352	35,98	40,99	35,83	37,39	33,52
2 стадо		3039	3113	3820	3442	3960	30,39	31,13	38,20	34,42	39,60
3 стадо		4815	4419	4930	4476	3814	48,15	44,19	49,30	44,76	38,14
4 стадо		4860	5026	4980	5846	5990	48,60	50,26	49,80	58,46	59,90
Перевод кг в центнеры для более удобного расчёта							Вычисление общих сумм по Σx_i и $(\Sigma x_i)^2$				
Σx_i	$(\Sigma x_i)^2$	Возведение градаций во вторую степень, x_i^2					Σx_i^2				
		2010	2011	2012	2013	2014					
183,71	33749,3641	1294,56	1680,18	1283,789	1398,012	1123,59	6780,132				
173,74	30185,5876	923,5521	969,0769	1459,24	1184,736	1568,16	6104,765				
224,54	50418,2116	2318,423	1952,756	2430,49	2003,458	1454,66	10159,79				
267,02	71299,6804	2361,96	2526,068	2480,04	3417,572	3588,01	14373,65				
$\Sigma(\Sigma x_i) =$ 849,01	$\Sigma(\Sigma x_i)^2 =$ 185652,844	Вычисление суммы по Σx_i^2					$\Sigma(\Sigma x_i^2) =$ 37418,33				

Из данных таблицы 1 следует, что $n=5$, $a=4$; объём комплекса, $N=20$. H (критерий Краскелла-Уоллиса) $= (\Sigma(\Sigma x_i))^2 : N = 849,01^2 : 20 = 36040,9$;

$$D_y = \Sigma(\Sigma x_i^2) - H = 37418,33 - 36040,9 = 1377,43;$$

$$D_x = \Sigma(\Sigma x_i)^2 : n - H = 185652,844 : 5 - 36040,9 = 1089,67.$$

Определяем влияние неучтённых факторов:

$$D_e = D_y - D_x = 1377,43 - 1089,67 = 287,87.$$

Определяем числа степеней свободы:

$$k_y = N - 1 = 19, k_x = a - 1 = 3, k_e = k_y - k_x \text{ (или } N - a) = 16.$$

Находим дисперсии:

$$s^2_x = D_x : k_x = 1089,67 : 3 = 363,223.$$

$$s^2_e = D_e : k_e = 287,87 : 16 = 17,99$$

Определяем критерий $F_\phi = s^2_x : s^2_e = 363,223 : 17,99 = 20,19$, что $> F_{st} (\alpha < 1\%)$.

Определяем силу влияния фактора: $h^2_x = D_x : D_y = 1089,67 : 1377,43 = 0,791$, или 79,1%

Оцениваем достоверность силы влияния фактора: $s^2_{h^2_x} = (1 - h^2_x) \cdot [(a - 1) : (N - a)] = (1 - 0,791) \cdot (3:16) = \pm 0,039$

Отвергаем нулевую гипотезу, если $F_\phi = h^2_x : s^2_{h^2_x} > F_{st}$. Отсюда следует, что $F_\phi = 20,28$.

Задания для закрепления изученного материала

Задание. Определить степень влияния фактора «стадо» на величину удоев по 4 хозяйствам в шести вариантах (см. таблицу Г).

Таблица Г. – Влияние паратипического фактора «стадо» («хозяйство») на величину удоев, кг

Варианты	Стада	Удой по годам, кг				
		2010	2011	2012	2013	2014
I	1 стадо	3111	4099	3983	3939	3952
	2 стадо	3339	4193	3830	3442	3960
	3 стадо	4015	4419	4930	4476	4914
	4 стадо	4860	5026	4980	6676	6990
II	1 стадо	3598	4099	3583	3739	3352
	2 стадо	3839	4113	3820	3442	3960
	3 стадо	4111	4300	4500	4676	4914
	4 стадо	4860	5026	4980	6777	6990
III	1 стадо	3598	4099	4183	4739	5352
	2 стадо	3839	4113	4300	4442	4960
	3 стадо	4015	4419	4930	4476	4914
	4 стадо	4260	5026	4980	6676	6990
IV	1 стадо	3598	4099	3583	3739	3352
	2 стадо	3839	4113	3820	3442	3960
	3 стадо	5015	5019	5030	5476	5914
	4 стадо	4860	5026	4980	6676	6999
V	1 стадо	3598	4099	3583	3739	3352
	2 стадо	3839	4113	3720	3442	3960
	3 стадо	4015	4300	4800	4776	4914
	4 стадо	4860	5026	4980	6676	6990
VI	1 стадо	2509	4099	3583	3739	3352
	2 стадо	3839	4113	3820	3442	3960
	3 стадо	4015	4200	4930	4476	4914
	4 стадо	4860	5026	4980	7676	8565
VII	1 стадо	3000	4099	3583	3739	3352
	2 стадо	3850	3933	3920	3942	3960
	3 стадо	4015	4419	4930	4476	4914
	4 стадо	4860	5026	4980	6676	6990

Определение силы влияния генетических и паратипических факторов на селекционные признаки.

Пример. Определить силу влияния породы, кровности по улучшающей голштинской породе и способа содержания молочных коров на величину удоев в хозяйствах. Для выполнения данного задания следует учесть, что дисперсионный комплекс будет трехфакторным и ортогональным, т. е. равномерным.

Необходимо придерживаться определённой последовательности при выполнении данного расчётного задания:

1) для упрощения вычислений следует все градации перевести в центнеры, расчёт представить в виде таблицы;

2) определить n , a , b , c ; объём комплекса, N ;

3) вычислить критерий Краскелла-Уоллиса $H = (\sum(\sum x_i))^2 : N$;

4) вычислить девиаты: $D_y = \sum(\sum x_i^2) - H$; $D_x = \sum(\sum x_i^2) : n - H$;

5) определить влияние неучтённых факторов: $D_e = D_y - D_x$.

6) определить число степеней свободы: $k_y = N - 1$, $k_x = a \cdot b \cdot c - 1$, $k_e = k_y - k_x$;

7) найти дисперсии: $s_x^2 = D_x : k_x$ и $s_e^2 = D_e : k_e$;

8) определить критерий $F_\phi = s_x^2 : s_e^2$, сравнить его со стандартным критерием F_{st} и определить достоверность;

9) для упрощения дальнейшего расчёта построить дополнительные таблицы;

10) согласно дополнительным таблицам, вычислить девиаты:

$$D_A = \sum(\sum x_A)^2 : (n \cdot a \cdot c) - H,$$

$$D_B = \sum(\sum x_B)^2 : (n \cdot b \cdot c) - H,$$

$$D_C = \sum(\sum x_C)^2 : (n \cdot a \cdot b) - H;$$

11) найти величины h_{AB} , h_{AC} , h_{BC} :

$$h_{AB} = \sum(\sum x_{AB})^2 : (n \cdot c) - H,$$

$$h_{AC} = \sum(\sum x_{AC})^2 : (n \cdot b) - H,$$

$$h_{BC} = \sum(\sum x_{BC})^2 : (n \cdot a) - H;$$

12) найти девиаты совместного действия:

$$D_{AB} = h_{AB} - (D_A + D_B),$$

$$D_{AC} = h_{AC} - (D_A + D_C),$$

$$D_{BC} = h_{BC} - (D_B + D_C),$$

$$D_{ABC} = D_x - (D_A + D_B + D_C + D_{AB} + D_{AC} + D_{BC});$$

13) определить силу влияния факторов на удоев в хозяйствах:

$$h_A^2 = D_A : D_y, h_B^2 = D_B : D_y, h_C^2 = D_C : D_y,$$

$$h_{AB}^2 = D_{AB} : D_y, h_{AC}^2 = D_{AC} : D_y, h_{BC}^2 = D_{BC} : D_y, h_{ABC}^2 = D_{ABC} : D_y,$$

$$h_e^2 = 100 - (h_A^2 + h_B^2 + h_C^2 + h_{AB}^2 + h_{AC}^2 + h_{BC}^2 + h_{ABC}^2);$$

14) изобразить силу влияния разных факторов и их совместное влияние на удои молочных коров в виде круговой диаграммы.

15) сделать выводы о силе влияния породы, кровности по улучшающей голштинской породе и способа содержания молочных коров на величину удоев в хозяйствах, попытаться объяснить скрытые механизмы воздействия данных факторов на удои, а также влияние неучтённых факторов;

16) сделать предложения производству по дальнейшему совершенствованию молочных коров в хозяйствах.

I вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	3510	3555	3456	3690	4678	4777	5044	5200
	3610	3780	3566	3790	4790	4900	5100	5210
	3705	3890	3789	3800	4900	5000	5150	5400
	3681	3900	3884	3870	5000	5100	5340	5600
	3790	3908	3871	3950	5020	5200	5590	5690
	3909	4020	4005	4229	5040	5350	6000	6331
	4000	4022	4066	4333	5000	5440	6010	6400
	4012	4050	4034	4444	5005	5500	6020	6500
	3980	4055	4156	4555	5009	5568	6030	6700
	3700	4111	4088	4357	4756	5667	6040	6549
	3400	4221	3580	4366	4888	5435	6050	6800
	3345	4233	3459	4455	4997	5500	6070	6900

II вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	3600	3755	3706	3700	4898	4007	5000	5300
	3630	3890	3766	3690	4850	4910	5200	5310
	3715	3770	3889	3820	4920	5050	5350	5500
	3601	3980	3984	3880	5050	5100	5040	6600
	3700	3988	3872	3960	5120	5900	5090	6690
	3009	4220	3905	4240	5140	5440	6020	6558
	4000	4002	4255	4355	5050	5550	6140	6700
	4010	4150	4155	4499	5105	5560	6120	6800
	3880	4005	4200	4677	5109	5580	6130	6900
	3750	4344	4308	4450	4788	5680	6140	6800
	3450	4230	4580	4080	4895	5450	6150	6800
	3745	4300	3322	4590	4980	5700	6080	7006

III вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	3165	4912	4241	5408	4381	5372	3604	5715
	5723	4641	3554	3611	4041	4785	2698	4196
	4349	3096	3936	5134	4140	4529	2773	4289
	2457	3560	4777	4968	3451	4058	3566	4441
	4053	3617	4151	4207	4261	4578	2596	4306
	3769	3996	4132	4424	4773	6477	3294	4548
	4784	3311	4175	4619	3597	4870	4409	3600
	3289	4071	3687	3687	3994	4727	2995	3671
	3346	3263	4183	4286	4441	6622	4404	4384
	3832	3520	3419	5247	4733	5187	3137	5708
	4483	2253	4732	4796	4287	4671	4671	5570
	3613	2311	4501	5207	3679	4812	3670	5032

IV вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	3066	3787	2671	2847	3647	3700	4395	7758
	3238	3266	3787	5109	4975	6000	3752	8555
	3219	4154	3266	3380	2253	4000	8033	6771
	4286	4215	4154	5285	4556	5555	4132	3540
	3429	2830	4215	4007	4126	4700	2903	7728
	4310	4268	2830	2786	3704	3804	4510	4777
	6990	3803	4268	5608	3009	3509	5438	2883
	3332	3418	3803	5163	2941	3990	6187	5513
	4724	5832	3418	4229	4520	4800	3524	7435
	3678	4053	3832	2822	4213	4400	4642	5809
	5123	5249	4053	4059	3442	3500	4672	2842
	4215	2847	5249	4269	4395	6500	2883	4996

V вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	4369	5419	7838	4086	7719	6204	5017	4625
	5602	5854	6135	3350	5773	4623	4506	6492
	5809	4831	3621	6491	7009	3270	5404	4791
	4842	4869	4634	6185	5042	3656	8503	3533
	4651	7408	4558	7752	2193	4068	6818	4722
	4048	6225	3604	6072	5286	3892	9021	4102
	4210	7844	4757	6095	6179	4724	4822	5795
	5127	10083	3647	6911	5562	4364	4205	8097
	4142	8706	4046	8439	7605	3629	4601	9726
	4053	6881	3979	6449	9871	5641	7541	3391
	4458	5193	4023	5452	5581	5421	5034	3914
	4142	4943	4001	3793	4934	7193	5407	3859

VI вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	6405	6360	4051	4824	6678	6075	4297	3807
	6354	5380	4490	4611	4621	6674	5133	4280
	4536	5467	4725	4413	4377	4150	3987	5349
	5405	5553	5186	5351	5471	4688	3559	4385
	4567	4590	4581	4254	3524	4487	4305	5932
	4150	5679	3633	4501	4642	4352	2605	4723
	4688	4268	4676	4576	4672	4622	3951	3744
	4487	3937	5686	3861	3598	4731	3903	5106
	4243	4588	5946	5254	5057	4212	4092	4853
	4594	5878	5770	4826	4221	3795	5196	5992
	3923	5262	4806	5065	5932	4573	6419	4485
	4945	5674	5396	5276	6228	3639	3066	4266

VII вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	4946	5108	2187	3609	4981	6832	3377	6446
	3159	5669	3524	4471	5078	3909	4299	5682
	4105	4253	4642	4310	4810	5183	4975	3476
	4352	4417	4672	4909	5189	6647	4792	6565
	3851	4789	2883	4199	4715	3206	4824	4906
	4427	5404	4369	6990	5762	3389	4703	6137
	5120	4826	5602	5141	4831	5614	3179	3543
	3660	5623	5809	4866	3690	6717	4898	6369
	4512	7292	4842	3332	3575	4378	3636	6648
	4165	5149	4651	4099	4912	3866	3798	6663
	4510	5845	3588	4724	5068	5899	4221	6361
	5438	7025	3906	4564	5101	4479	2671	6711

VIII вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	2749	3096	5529	4286	4310	4542	4262	4196
	4109	4431	2671	4443	4909	2711	3625	6504
	4750	3141	3446	5873	4199	2932	3529	4265
	4126	2712	3682	3821	6990	3611	3551	6717
	4920	5906	3066	4005	5141	3837	2849	6747
	4673	3946	3659	3061	4866	4711	2747	6075
	5999	3269	4285	3355	3332	5111	3372	6049
	6885	4566	3238	5328	4099	5032	4203	6286
	3644	4678	4216	6500	4150	4438	4312	6821
	4041	5260	3219	3429	3624	2452	2975	6602
	5154	5049	4087	5800	4219	2749	4308	6776
	4500	3775	3635	6100	4464	4126	2853	6724

IX вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	4749	3196	5529	4286	4310	4542	4262	4196
	4109	4431	2671	4443	4909	2711	3625	6504
	4750	3141	3446	5873	4199	2932	3529	4265
	4126	2712	3682	3821	6990	3611	3551	6717
	4920	5906	3066	4005	5141	3837	2849	6747
	4673	3946	3659	3061	4866	3700	5747	6075
	5999	3269	4285	3355	3332	5111	3372	6049
	6885	4566	3238	5328	4099	5032	4203	6286
	3644	4678	4216	6500	4150	4438	4312	6821
	4041	5260	3219	3429	3624	2452	2975	7602
	5154	7049	4087	5800	4219	2749	4308	6776
	4500	3775	3635	6100	4464	4126	2853	8724

Х вариант

**Таблица Д – Первичные данные
для проведения трехфакторного дисперсионного анализа,**

где А – порода, В – кровность по голштинской породе, С – способ содержания

Факторы	А1				А2			
	В1		В2		В1		В2	
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2
Состав градаций по хозяйствам, x_i	3000	3096	5529	4286	4310	4542	4262	4196
	4109	4431	2671	4443	4909	2711	3625	6504
	4750	3141	3446	5873	4199	2932	3529	4265
	4126	2712	3682	3821	6990	3611	3551	6717
	4920	5906	3066	4005	5141	6837	2849	6747
	4673	3946	3659	3061	4866	4711	2747	6075
	5999	3269	4285	3355	3332	5111	3372	6049
	6885	4566	3238	5328	4099	5032	4203	6286
	9644	4678	4216	5500	4150	4438	4312	6821
	4041	5260	3219	3429	3624	4452	2975	6602
	5154	5049	4087	5800	4219	4749	4308	6776
	4500	3775	3635	6100	4464	4126	2853	6724

**Пример использования метода дисперсионного анализа
при вычислении силы влияния факторов**

Задание: 1) определить наиболее вероятную продолжительность доения молочных коров на двух комплексах в зависимости от технологии содержания и сезона года; 2) вычислить силу влияния трёх факторов на продолжительность доения: животноводческого комплекса, технологии доения и сезона года.

Таблица 9. – Эффективность организации доения коров на комплексе №1

1 технология										2 технология									
Весенне-летний					Зимний					Весенне-летний					Зимний				
t_p	$t_{оп}$	$t_{пе}$	t_{p*4}	$t_{н.в.}$	t_p	$t_{оп}$	$t_{пе}$	t_{p*4}	$t_{н.в.}$	t_p	$t_{оп}$	$t_{пе}$	t_{p*4}	$t_{н.в.}$	t_p	$t_{оп}$	$t_{пе}$	t_{p*4}	$t_{н.в.}$
9	8	19	36	10,5	8	8	17	32	9,5	11	8	21	44	12,2	10	8	20	40	11,3
10	8	19	40	11,2	9	8	17	36	10,2	12	8	22	48	13	11	8	21	44	12,2
11	8	21	44	12,2	10	8	19	40	11,2	13	8	22	52	13,7	12	8	21	48	12,8
10	8	20	40	11,3	9	8	18	36	10,3	13	8	23	52	13,8	12	8	22	48	13
9	8	19	36	10,5	8	8	17	32	9,5	10	8	20	40	11,3	11	8	19	44	11,8
9	8	18	36	10,3	8	8	16	32	9,33	10	8	20	40	11,3	11	8	19	44	11,8

Таблица 10. – Эффективность организации доения коров на комплексе №2

1 технология										2 технология									
Весенне-летний					Зимний					Весенне-летний					Зимний				
t_p	$t_{оп}$	$t_{пе}$	t_{p*4}	$t_{н.в.}$	t_p	$t_{оп}$	$t_{пе}$	t_{p*4}	$t_{н.в.}$	t_p	$t_{оп}$	$t_{пе}$	t_{p*4}	$t_{н.в.}$	t_p	$t_{оп}$	$t_{пе}$	t_{p*4}	$t_{н.в.}$
10	8	20	40	11,3	9	8	18	36	10,3	12	8	22	48	13	11	8	21	44	12,2
11	8	20	44	12	10	8	18	40	11	13	8	23	52	13,8	12	8	20	48	12,7
12	8	22	48	13	11	8	20	44	12	14	8	24	56	14,7	11	8	20	44	12
11	8	21	44	12,2	10	8	19	40	11,2	14	8	24	56	14,7	11	8	20	44	12
10	8	20	40	11,3	9	8	18	36	10,3	11	8	22	44	12,3	11	8	20	44	12
10	8	19	40	11,2	9	8	17	36	10,2	11	8	22	44	12,3	10	8	20	40	11,3

$$t_{н.в.} = (t_{оп} + 4 t_p + t_{пе}) : 6,$$

где $t_{н.в.}$ – наиболее вероятная продолжительность выполнения данной операции (в среднем),

t_p – реальное время выполнения операции,

$t_{оп}$ – оптимальное время выполнения операции,

$t_{пе}$ – максимальное время выполнения операции.

Из данных таблицы 3 следует, что $n=6$, $a=2$, $b=2$, $c=2$; объём комплекса, $N= 48$.

H (критерий Краскелла-Уоллиса) $= (\sum(\sum x_i^2) : N = 563,23^2 : 48 = 6608,92$;

$D_y = \sum(\sum x_i^2) - H = 6684,219 - 6608,92 = 75,299$;

$D_x = \sum(\sum x_i^2) : n - H = 39951,58 : 6 - 6608,92 = 49,6766$.

Определяем влияние неучтённых факторов:

$D_e = D_y - D_x = 75,299 - 49,6766 = 25,6224$.

Определяем числа степеней свободы:

$k_y = N - 1 = 47$, $k_x = a \cdot b \cdot c - 1 = 7$, $k_e = k_y - k_x = 40$.

Находим дисперсии:

$s_x^2 = D_x : k_x = 49,6766 : 7 = 7,097$.

$s_e^2 = D_e : k_e = 25,6224 : 40 = 0,64056$.

Определяем критерий $F_{\phi} = s_x^2 : s_e^2 = 7,097 : 0,64056 = 11,079$, что $> F_{st} (p<0,01)$.

Таблица 11. – Проведение дисперсионного анализа,
где А – комплексы, В – технологии, С – сезон производства молока

Факторы	А1				А2				
	В1		В2		В1		В2		
	С1	С2	С1	С2	С1	С2	С1	С2	
Состав градации по месяцам, x_i	10,5	9,5	12,2	11,3	11,3	10,3	13	12,2	Вычисление общих сумм по Σx_i и $(\Sigma x_i)^2$
	11,2	10,2	13	12,2	12	11	13,8	12,7	
	12,2	11,2	13,7	12,8	13	12	14,7	12	
	11,3	10,3	13,8	13	12,2	11,2	14,7	12	
	10,5	9,5	11,3	11,8	11,3	10,3	12,3	12	
	10,3	9,33	11,3	11,8	11,2	10,2	12,3	11,3	
Σx_i	66	60,03	75,3	72,9	71	65	80,8	72,2	$\Sigma(\Sigma x_i) = 563,23$
$(\Sigma x_i)^2$	4356	3603,601	5670,09	5314,41	5041	4225	6528,64	5212,84	$\Sigma(\Sigma x_i)^2 = 39951,58$
Градации, взведённые во 2 степень	110,25	90,25	148,84	127,69	127,69	106,09	169	148,84	Вычисление общей суммы по Σx_i^2
	125,44	104,04	169	148,84	144	121	190,44	161,29	
	148,84	125,44	187,69	163,84	169	144	216,09	144	
	127,69	106,09	190,44	169	148,84	125,44	216,09	144	
	110,25	90,25	127,69	139,24	127,69	106,09	151,29	144	
	106,09	87,0489	127,69	139,24	125,44	104,04	151,29	127,69	
Σx_i^2	728,56	603,1189	951,35	887,85	842,66	706,66	1094,2	869,82	$\Sigma(\Sigma x_i^2) = 6684,219$
$M(x_i)$	11,00	10,01	12,55	12,15	11,83	10,83	13,47	12,03	—

Для дальнейшего расчёта целесообразно построить дополнительные таблицы.

A \ B	B1	B2	Σx_A
	66 + 60,03 = 126,03	75,3 + 72,9 = 148,2	274,23
A1			289,00
A2	71 + 65 = 136	80,8 + 72,2 = 153,0	
Σx_B	262,03	301,2	–

A \ C	C1	C2
	66 + 75,3 = 141,3	60,03 + 72,9 = 132,93
A1		
A2	71 + 80,8 = 151,8	65 + 72,2 = 137,2
Σx_C	293,1	270,13

B \ C	C1	C2
	66 + 71 = 137	60,03 + 65 = 125,03
B1		
B2	75,3 + 80,8 = 156,1	72,9 + 72,2 = 145,1
Σx_B	293,1	270,13

Из таблиц следует:

$$D_A = \Sigma(\Sigma x_A)^2 : (n \cdot a \cdot c) - H = (274,23^2 + 289,00^2) : 24 - 6608,92 = 4,54$$

$$D_B = \Sigma(\Sigma x_B)^2 : (n \cdot b \cdot c) - H = (262,03^2 + 301,2^2) : 24 - 6608,92 = 31,96$$

$$D_C = \Sigma(\Sigma x_C)^2 : (n \cdot a \cdot b) - H = (293,1^2 + 270,13^2) : 24 - 6608,92 = 10,99$$

