На правах рукописи



АЛТУХОВА ВАЛЕНТИНА ВЛАДИМИРОВНА

ПАРАТИПИЧЕСКАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО СТАДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Воронеж - 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Научный руководитель: **Востроилов Александр Викторович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», заведующий кафедрой частной зоотехнии

Официальные оппоненты: **Соловьева Ольга Игнатьевна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», профессор кафедры частной зоотехнии

Самусенко Людмила Дмитриевна
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

Защита состоится 16 декабря 2026 года в 13-00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.008.05, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» по адресу 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» и на официальном сайте организации (https://www.vsau.ru).

Автореферат разослан «06» ноября 2026 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета _____ Курчаева Елена Евгеньевна

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Молочное скотоводство остается ведущей отраслью животноводства, обеспечивающей население полноценными продуктами питания. В современных условиях хозяйствования первостепенное значение приобретает не только рост валового надоя, но и улучшение качества молочного сырья, что непосредственно связано с совершенствованием приемов формирования высокопродуктивного стада.

Уровень молочной продуктивности коров определяется комплексом наследственных и средовых факторов, при этом доля генотипа в общей фенотипической изменчивости признаков составляет от 25 до 45 %, тогда как кормление, условия содержания и эксплуатации определяют степень реализации имеющегося потенциала. Так, несбалансированный рацион или нарушение технологии доения нивелируют даже высокую племенную ценность животного.

Существенное значение имеет взаимодействие «генотип-среда». Эффект одного и того же аллеля может проявляться по-разному в зависимости от уровня кормления, интенсивности раздоя, сезона отела и других производственных параметров. Это доказывает необходимость дифференцированного подхода к оценке животных с учетом конкретных условий хозяйства.

Особое значение приобретает комплексная оценка продуктивных, воспроизводительных и технологических качеств коров с учетом их генотипа по гену каппа-казеина как одного из перспективных маркеров для прогнозирования надоя и компонентного состава молока.

Степень научной разработанности темы. Проблема комплексного влияния паратипических и генетических факторов на молочную продуктивность крупного рогатого скота имеет достаточно продолжительную историю изучения в отечественной зоотехнической науке.

Вопросами происхождения и генеалогии занимались З.Т. Калмыкова (2023), А.И. Афанасьева (2025). Значительный объем исследований посвящен влиянию возраста живой массы при первом отеле на последующую продуктивность (Д.Г. Комков, Л.Л. Петрухина, С.Л. Белозерцева (2020)). Установлено, что наиболее продолжительный продуктивный период характерен для коров с возрастом первого отела 24-27 месяцев, а наибольшую пожизненную продуктивность животные с массой тела более 500 кг.

В области генетики основополагающие работы принадлежат Н.А. Зиновьевой, Е.А. Гладырь, Л.А. Калашниковой (ФИЦ ВИЖ им. Эрнста). В их исследованиях установлено, что ген каппа-казеина (CSN3) относится к группе генов, вносящих вклад в формирование белкового состава молока и его технологических свойств.

Таким образом, анализ степени разработанности темы позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на значительное количество накопленных исследований, одновременное влияние паратипических и генетических факторов с учетом внутригрупповой изменчивости изучено мало, что определяет научную новизну и практическую значимость настоящей диссертационной работы.

Цель и задачи. Целью настоящего исследования является установление закономерностей формирования продуктивных качеств коров-первотелок голштинской породы при промышленной технологии производства молока.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Оценить влияние управляемых паратипических факторов на молочную продуктивность коров-первотелок голштинской породы;
2. Оценить влияние генотипа по гену каппа-казеина (CSN3) на показатели молочной продуктивности животных;
3. Провести сравнительный анализ продуктивных показателей коров различных генеалогических линий в условиях промышленного комплекса;
4. С применением метода процентильной стратификации выявить внутригрупповую изменчивость продуктивных признаков у коров-первотелок с разными генотипами CSN3;
5. Провести сравнительную оценку экономической эффективности производства молока коров с разными генотипами каппа-казеина.

Научная новизна работы. Несмотря на существование значительного количества исследований по отдельным аспектам влияния паратипических и генетических факторов на

молочную продуктивность крупного рогатого скота голштинской породы, современная зоотехническая наука испытывает дефицит комплексных системных исследований.

В этой связи нами впервые в условиях Центрально-Черноземного региона Российской Федерации на поголовье коров-первотелок голштинской породы промышленного комплекса:

- установлены закономерности формирования продуктивных качеств под влиянием технологических факторов (возраст первого отела, живая масса, интенсивность раздоя, сервис-период, сезон отела) и показано, что в высокопродуктивном стаде при полноценном кормлении часть из них утрачивает лимитирующее значение;

- адаптирован и апробирован метод процентильной стратификации (33-й и 66-й процентили) применительно к оценке молочного скота, что позволило снизить внутригрупповую вариабельность признаков и выявить скрытые закономерности реализации продуктивности;

- выявлены генотип-специфические особенности соотношения количественных и качественных показателей молока у коров с различными вариантами гена каппа-казеина: у носителей аллеля А увеличение надоя сопровождается снижением массовой доли белка, тогда как у носителей аллея В жирномолочность сохраняется стабильной.

Теоретическая и практическая значимость работы. Расширены представления о закономерностях формирования продуктивных качеств молочного скота в условиях промышленной технологии. Показано, что возраст первого отела и живая масса утрачивают лимитирующее значение, тогда как интенсивность раздоя и генотип CSN3 продолжают оказывать существенное влияние. Адаптированный метод процентильной стратификации позволяет проводить комплексную оценку животных и может использоваться в селекционной работе. Результаты внедрены в ООО «Дон» Хохольского района Воронежской области и применяются в учебном процессе Воронежского ГАУ.

Методология и методы исследования. Исследования проводились на коровах-первотелках голштинской породы, принадлежащих племенному заводу ООО «Дон» Хохольского района Воронежской области. Для изучения влияния паратипических и генетических факторов на молочную продуктивность были отобраны 166 голов животных с первой законченной лактацией. Формирование групп осуществлялось с учетом возраста первого отела, живой массы, интенсивности раздоя, продолжительности сервис-периода, сезона отела, генеалогической принадлежности и генотипа каппа-казеина (SCN3). Для оценки внутригрупповой изменчивости и выявления характера взаимосвязей между продуктивными качествами применяли метод процентильной стратификации с использованием 33-го и 66-го процентилей. Статистическую обработку выполняли с использованием программы биометрической обработки данных животноводства (свидетельство о регистрации №2026617932), Microsoft Excel 2016 и RStudio 4.5.2.

Положения, выносимые на защиту

- анализ влияния паратипических факторов на молочную продуктивность коров-первотелок голштинской породы в условиях промышленной технологии производства молока Центрально-Черноземной зоны Российской Федерации;

- результаты молекулярно-генетического анализа распределения частот генотипов и аллелей каппа-казеина в исследуемой выборке коров-первотелок голштинской породы;

- оценка влияния генотипа CSN3 (AA, AB, BB) и генеалогической принадлежности на количественные и качественные показатели молочной продуктивности;

- результаты процентильной стратификации коров-первотелок по выбранному целевому показателю и анализ внутригрупповой изменчивости в разрезе различных генотипов каппа-казеина.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Достоверность полученных результатов и обоснованность научных выводов базируются на анализе отечественной и зарубежной научной литературы, а также на достаточном объеме экспериментального материала, собранного с применением современных сертифицированных зоотехнических методик и молекулярно-генетических исследований.

Основные положения работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства высшего образования РФ: журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», 2026; журнал «Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева», 2026; журнал «Ветеринария и

кормление», 2026; журнал «Вестник Мичуринского ГАУ», 2026, а также доложены и обсуждены на научных и учебно-методических конференциях: национальной научно-практической конференции, посвященной юбилею доктора ветеринарных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Сулейманова Сулеймана Мухитдиновича, Воронеж, 2024; VIII международной научно-практической конференции, Воронеж, 2024; XXVIII международной научно-практической конференции, Майский, 2024; национальной научно-практической конференции, Воронеж, 2025; I международной научно-практической конференции, Воронеж, 2026.

Результаты диссертационного исследования были представлены на Всероссийском конкурсе научно-исследовательских работ студентов и аспирантов (2026), по итогам которого работа заняла 7 место на III этапе конкурса, что подтверждено дипломом лауреата конкурса.

Связь темы с планом научных исследований. Проведённые исследования являются неотъемлемым компонентом тематического плана научно-исследовательских работ факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ и выполнены в рамках комплексной темы: «Создание и внедрение конкурентоспособных технологий и средств ветеринарной защиты животных и птиц, методов совершенствования их племенных и продуктивных показателей, обеспечение качества и безопасности животноводческой продукции в условиях цифровой трансформации агропромышленного комплекса», утверждённой учёным советом ВГАУ (№ 01.200.1-003986).

Реализация результатов исследований. Полученные в ходе проведенных исследований результаты используются в учебном процессе Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I по направлениям 36.03.02 и 36.04.02 «Зоотехния», а также апробированы и применены в производстве ООО «Дон» Хохольского района Воронежской области.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 8 публикаций в журналах, сборниках и материалах конференций. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2026617932.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом научной специальности 4.2.4. «Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства» пунктов 4. Изучение особенностей и закономерностей формирования племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных и птицы в условиях различных технологий, 6. Разработка методов комплексной оценки и ранней диагностики продуктивных и воспроизводительных качеств сельскохозяйственных и охотничьих животных, насекомых.

Личный вклад автора. Автором самостоятельно проведен анализ научной литературы, определены цель, задачи и программа работ, сформированы экспериментальные группы животных, проведен сбор и систематизация первичных зоотехнических данных с использованием программы «СЕЛЭКС», освоен и применен метод процентильной стратификации, выполнена статистическая обработка результатов. Подготовка публикаций и оформление диссертации осуществлены соискателем при консультационной поддержке научного руководителя.

Структура и объем работы. Работа состоит из следующих основных разделов: введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты собственных исследований, обсуждение полученных результатов, заключение, предложения производству, перспективы дальнейшей разработки темы, список использованной литературы, приложения. Основное содержание работы изложено на 150 страницах компьютерного текста, содержит 43 таблицы, 11 рисунков, 4 приложения. Список литературы включает 163 источника.

2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования были проведены в период с 2023 по 2026 г. на кафедре частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». Научно-хозяйственные опыты и обобщение полученных результатов проводились на базе ООО «Дон» Хохольского района Воронежской области. Объектом исследования послужили 166 коров голштинской породы с первой законченной лактацией.

Первичные данные, использованные в работе, были получены из специализированной программы племенного учета «СЕЛЭКС» (разработка - ООО «Плинор», г. Санкт-Петербург).

Цифровой материал обрабатывался методами вариационной статистики с использованием программы для ЭВМ «Программный комплекс биометрической обработки данных животноводства» (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2026617932), Microsoft Excel 2016, RStudio 4.5.2.

Для разделения животных по уровню продуктивности и оценки внутригрупповой изменчивости был применен метод процентильной стратификации - деление ранжированного ряда на три группы с использованием 33-го и 66-го процентилей.

Расчет границ страт осуществляли по формуле:

$$P_k = \frac{k \times (n+1)}{100},$$

где P_k - порядковый номер наблюдения, соответствующего k-му процентилю (k = 33 или k = 66);

n - объем выборки.

При дробном значении P_k границу страты округляли доследующего целого в большую сторону; при целочисленном P_k границей служило соответствующее значение наблюдения.

Распределение животных по стратам:

1. Нижняя страта - значение признака <33-го процентиля;
2. Средняя страта - значение признака ≥33 и <66-го процентилей;
3. Верхняя страта - значение признака ≥66-го процентиля.

Стратификацию проводили в двух вариантах:

1. Сквозная стратификация - вся выборка делилась на страты;
2. Стратификация внутри групп - предварительно выделенные группы (по генотипу, линии, сезону отела и др.) стратифицировали независимо.

Для достижения поставленной цели исследование проводилось в два этапа. На первом этапе была произведена оценка влияния основных паратипических факторов на молочную продуктивность животных. В учет вошли следующие показатели: возраст первого осеменения, живая масса, интенсивность раздоя, сезон отела, сервис-период, кормообеспеченность.

Второй этап был направлен на оценку генетических факторов, оказывающих влияние на продуктивный потенциал животных: генеалогическая принадлежность, влияние генотипов каппа-казеина (АА, АВ, ВВ) на количественные и качественные показатели молока коров-первотелок.

Генотипирование животных по локусу каппа-казеина (CSN3) проводилось в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы «Агроплем».

Расчет интегральных показателей производился по формулам:

1) Соотношение жир/белок - отношение массовой доли жира к массовой доле белка в молоке за 305 дней лактации;

2) Суммарный выход жира и белка (кг) - сумма выхода молочного жира и выхода молочного белка за 305 дней лактации;

3) Удой, скорректированный по 4% жирности (FCM, Fat-Corrected Milk) - рассчитывался по формуле, общепринятой в международной практике оценки продуктивности:

$FCM = 0{,}4 \times M + 15 \times F$, где

M - удой за 305 дней лактации, кг;

F - выход молочного жира за 305 дней лактации, кг.

4) Скорость молокоотдачи (кг/мин) - (ГОСТ 25966-83) отношение разового удоя за контрольную дойку к продолжительности доения (мин);

5) Общее время доения за лактацию (ч) - авторский расчетный показатель:

$Тд = M/(V \times 60)$, где

V - средняя скорость молокоотдачи, кг/мин.

6) Продуктивность доения за час (кг/ч) - авторский расчетный показатель:

$P = M/Тд$

Экономическая составляющая исследования оценивалась в соответствии с регламентированной методикой определения эффективности применения результатов научно-хозяйственных опытов в аграрном производстве, дополненной анализом обобщенных данных бухгалтерского учета хозяйства. Общая схема исследования представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Схема исследований

3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Анализ влияния паратипических факторов на молочную продуктивность коров-первотелок голштинской породы

3.1.1. Характеристика условий содержания крупного рогатого скота

Предприятие ООО «Дон» Хохольского района Воронежской области, создано в 1981 году. С 2014 года хозяйство имеет статус племенного завода по разведению голштинской породы и специализируется на производстве молока, выращивании и реализации племенного молодняка. По результатам анализа численности поголовья крупного рогатого скота отмечалось его уменьшение на 157 голов по сравнению с 2023 годом, численность основного стада осталась на том же уровне и составляет 1035 голов.

По результатам оценки породного и классного состава крупного рогатого скота (1726 голов) установлено, что 100% поголовья отнесено к чистопородным животным.

Удой на фуражную корову в среднем по стаду в 2025 году составил 12429 кг и вырос за 3 года на 1362 кг (12,2%). При этом прирост продуктивности отмечен как по первотелкам (13,9%), так и по полновозрастным коровам (8,6%). Отмечается значительный рост массовой доли жира в молоке - с 3,9% до 4,27%. Массовая доля белка за анализируемый период снизилась несущественно - с 3,41% до 3,37%, при этом валовой выход молочного белка вырос с 377,5 кг до 418,8 кг.

3.1.2. Влияние возраста первого отела на продуктивные показатели у коров-первотелок голштинской породы

Анализ распределения коров-первотелок по возрасту первого отела показал, что средний возраст составил 22,9 месяцев. Для оценки влияния возраста первого отела на молочную продуктивность все животные были разделены на две группы в зависимости от возраста:

1. I группа - животные, отелившиеся в возрасте 21-22 месяцев (n=72);
2. II группа - животные, отелившиеся в возрасте 23-24 месяцев (n=80).

Сравнительный анализ продуктивных показателей подопытных животных не выявил статистических различий между группами ни по одному из признаков. Животные I группы характеризовались более высоким удоем как за полную, так и за стандартизированную лактацию. По качественным показателям молока группы были сопоставимы.

Таблица 1 - Продуктивные показатели коров-первотелок в зависимости от возраста первого отела

Показатель	I группа (n=72)		II группа (n=80)		II±I
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	
Дойные дни, дней	343,7±6,9	17,0	340,1±6,1	15,1	-3,6
Удой за полную лактацию, кг	10818,4±280,1	21,9	10557,9±201,1	17,0	-260,5
МДЖ за полную лактацию, %	4,14±0,02	4,1	4,14±0,02	4,3	0
Выход молочного жира за полную лактацию, кг	447,2±11,5	21,9	436,1±8,3	17,2	-11,1
МДБ за полную лактацию, %	3,52±0,02	4,2	3,51±0,02	3,9	-0,01
Выход молочного белка за полную лактацию, кг	379,4±9,3	20,9	369,7±6,9	16,7	-9,7
Удой за 305 дней лактации, кг	9687,8±159,6	13,9	9560,8±136,3	12,7	-127,0
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,12±0,02	4,1	4,13±0,02	4,3	0,01
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	399,1±6,7	14,3	393,9±5,4	12,4	-5,2
МДБ за 305 дней лактации, %	3,5±0,02	4,2	3,5±0,02	4,0	0
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	338,2±4,9	12,3	333,3±4,1	11,0	-4,9
Живая масса, кг	559,1±2,3	3,5	564,6±2,9	4,3	5,5

Примечание: здесь и далее *p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001.

3.1.3. Влияние живой массы на продуктивные показатели коров-первотелок голштинской породы

Для оценки влияния живой массы на молочную продуктивность все животные были разделены на три группы с использованием метода процентильной стратификации:

I группа - животные с живой массой ≤ 549 кг (n=59);

II группа - животные с живой массой в интервале 550-568 кг (n=50);

III группа - животные с живой массой ≥569 кг (n=57).

Проведенный сравнительный анализ продуктивных показателей не выявил статистически значимых различий ни в одной из групп кроме живой массы и возраста первого отела. Так, удой за 305 дней лактации в I группе составил 9492,4 кг, во второй - 9650,8 кг, в III - 9763,1 кг. Аналогичная тенденция отмечена по выходу молочного жира и молочного белка за 305 дней лактации: животные III группы превосходили I группу на 14,1 кг по жиру и на 8,1 кг по белку. По показателям за полную лактацию установлено, что наибольший удой имели животные II группы (11035,4 кг), что на 285,9 кг выше, чем в I группе, и на 539,4 кг выше, чем в III группе. Более низкие показатели удоя за всю лактацию у животных III группы связаны с наименьшей продолжительностью дойных дней. По массовой доле жира и белка в молоке все три группы были сопоставимы. Единственными показателями, по которым выявлены статистически значимые различия между группами, явились живая масса и возраст первого отела. Животные III группы отелились в более позднем возрасте (23,4 мес.) по сравнению с I группой (22,5 мес.) и II группой (22,7 мес.).

3.1.4. Влияние живой массы и возраста первого отела на продуктивные показатели коров-первотелок голштинской породы

Для оценки совместного действия живой массы и возраста первого отела все животные были распределены на три группы:

I группа - живая масса 550-600 кг и возраст первого отела 23-27 мес. (n = 56);

II группа - отклонение одного из признаков (n = 73);

III группа - отклонение обоих признаков (n = 37).

Распределение животных по группам и результаты сравнительного анализа представлены в таблице 2.

Анализ данных показал отсутствие достоверных различий по большинству показателей молочной продуктивности. Наиболее высокий удой за полную лактацию отмечен у животных III группы (10917,1 кг), однако различия незначимы. По удою за 305 дней лактации лучшие показатели имели животные II группы (9688,9 кг). Массовая доля жира во всех группах была сопоставима (4,11-4,14 %).

Достоверные различия выявлены только по массовой доле белка (между I и II группами - 0,06 %; $p \leq 0,05$), живой массе (III группа уступала I на 13,8 кг; $p \leq 0,05$) и возрасту первого отела (II и III группы уступали I на 0,9 и 1,1 мес. соответственно; $p \leq 0,01$-$0,001$), что ожидаемо, так как разделение на группы проводилось именно по этим признакам.

Таблица 2 - Продуктивные показатели коров-первотелок в зависимости от комплексной оценки

Показатель	I группа	II группа	III группа
	M±m	M±m	M±m
Дойные дни, дней	345,2±7,8	338,7±6,6	353,0±9,6
Удой за полную лактацию, кг	10706,6±252,9	10695,2±259,2	10917,1±375,9
МДЖ за полную лактацию, %	4,12±0,03	4,14±0,02	4,11±0,03
Выход молочного жира полную лактацию, кг	441,2±10,7	444,5±10,7	449,7±15,3
МДБ за полную лактацию, %	3,47±0,02	3,53±0,02	3,47±0,02
Выход молочного белка за полную лактацию, кг	372,2±8,8	377,4±8,6	381,1±12,9
Удой за 305 дней лактации, кг	9618,6±169,6	9688,9±149,9	9544,8±223,1
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,12±0,03	4,14±0,02	4,11±0,03
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	395,7±6,8	401,2±6,3	391,7±9,2
МДБ за 305 дней лактации, %	3,47±0,02	3,53±0,02	3,47±0,02
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	332,3±4,9	340,8±4,6	330,7±6,8
Живая масса, кг	570,1±1,9	563,2±2,90	556,3±5,2
Возраст первого отела, кг	23,5±0,1	22,6±0,1	22,4±0,3

3.1.5. Влияние интенсивности раздоя на продуктивные показатели

Для оценки связи интенсивности раздоя с продуктивными показателями все животные ($n = 167$) были разделены на три группы по процентилям удоя за 305 дней лактации: I группа - низкий уровень (< 9086 кг, $n = 55$); II группа - средний (9087-9989 кг, $n = 54$); III группа - интенсивный (> 9989 кг, $n = 57$). Результаты - в таблице 3.

По количественным показателям группы достоверно различаются ($p < 0,001$). Средний удой составил 8271,6 кг в I группе, 9566,8 кг во II и 11009,4 кг в III. По продолжительности лактации группы не различались (342-346 дней), что указывает на обусловленность различий именно интенсивностью раздоя, а не длительностью лактационного периода. По массовой доле жира достоверных различий не выявлено (4,10-4,17 %). По массовой доле белка обнаружены значимые различия ($p < 0,001$): животные III группы характеризовались достоверно более низким содержанием белка. Наиболее высокий КПЛ отмечен в III группе - 111,8 %, что достоверно выше, чем в I (105,1 %; $p \leq 0,05$) и II группах (104,4 %; $p \leq 0,05$).

Таким образом, интенсивный раздой обеспечивает существенное повышение количественных показателей продуктивности, но сопровождается достоверным снижением массовой доли белка. Массовая доля жира при этом остаётся стабильной.

Для сравнения двух методов оценки интенсивности раздоя на одной выборке был проведён анализ 117 коров с подтверждённой генеалогией, сгруппированных двумя способами: по удою за 100 дней (I группа - < 3007 кг, $n = 39$; II - 3007-3350 кг, $n = 38$;

III - > 3350 кг, n = 40) и по удою за 305 дней (I группа - < 9315 кг, n = 39; II - 9315-10278 кг, n = 38; III - > 10278 кг, n = 40).

При делении по удою за 100 дней группы достоверно различались по удою за 100, 200 и 305 дней ($p \leq 0,001$). По массовой доле белка животные III группы достоверно уступали I и II группам. Коэффициент постоянства лактации при этом снижался с ростом интенсивности раздоя: 113,7 → 106,5 → 102,7 %.

При делении по удою за 305 дней группы также закономерно различались по удою за 305 дней ($p \leq 0,001$), а также по удою за 100 и 200 дней. Однако КПЛ, напротив, повышался: 105,6 → 105,6 → 111,6 %.

Перекрёстный анализ двух группировок показал, что общий процент совпадений составил 62 % (таблица 3). Наилучшее совпадение отмечено у крайних групп (69-70 %), тогда как средняя группа показала наименьшую согласованность - лишь 46 % коров сохранили свою принадлежность. Это означает, что группировка по 100 дням и по 305 дням даёт неодинаковые результаты, и выбор метода влияет на оценку устойчивости лактации.

Таблица 3 - Перекрестная таблица группировок

Группы по 100 дней	I (305 дней)	II (305 дней)	III (305 дней)	Всего
I (низкий)	27 (69%)	11 (28%)	1 (3%)	39
II (средний)	10 (26%)	17 (46%)	11 (28%)	38
III (интенсивный)	2 (5%)	10 (25%)	28 (70%)	40
Всего	39	39	40	117

Тренд коэффициента постоянства лактации при двух методах группировки разнонаправлен (таблица 4).

При делении по удою за 100 дней КПЛ снижается с ростом интенсивности раздоя, что соответствует классическим представлениям о менее устойчивой лактации при интенсивном раздое. При делении по 305 дням КПЛ растёт, что связано с попаданием в III группу животных с наиболее высокой итоговой продуктивностью и выровненной лактационной кривой. Следовательно, для оценки влияния интенсивности раздоя на устойчивость лактации предпочтительнее использовать классический зоотехнический подход - деление по удою за 100 дней.

Таблица 4 - Коэффициент постоянства лактации при разных методах группировки

Метод	I группа	II группа	III группа	Направленность
По 100 дням	113,8	106,5	102,7	Снижается
По 305 дням	105,6	105,6	111,6	Повышается

3.1.6 Влияние продолжительности сервис-периода на продуктивные показатели

Для оценки влияния данного фактора животные (n = 166) были разделены на три группы: I группа - укороченный сервис-период (< 80 дней, n = 64); II группа - оптимальный (80-120 дней, n = 45); III группа - удлинённый (> 120 дней, n = 57). Результаты - в таблице 5.

Установлено, что продолжительность дойного периода закономерно увеличивается с удлинением сервис-периода: 305,5 дня в I группе, 332,1 дня во II и 404,8 дня в III ($p \leq 0,001$). При этом коэффициент вариации дойных дней в III группе достигает 15,1 %, что существенно выше, чем в I (3,19 %) и II (3,61 %) группах, что свидетельствует о высокой неоднородности животных с затяжным сервис-периодом.

По удою за весь период лактации выявлены значимые различия ($p \leq 0,001$) только между III группой и остальными: животные III группы превосходили I на 2830,3 кг и II - на 2163,7 кг. Различия между I и II группами были недостоверными.

При анализе удоя за стандартные 305 дней лактации статистически значимых межгрупповых различий не установлено.

Массовая доля жира и белка за весь период лактации не имели достоверных различий. Коэффициенты вариации во всех группах находились в пределах 3,93-4,51, что указывает на высокую стабильность качественных показателей молока и отсутствие их связи с продолжительностью сервис-периода.

По выходу молочного жира и белка за весь период лактации установлены значимые различия между III группой и двумя другими ($p \leq 0,001$): животные с удлинённым сервис-периодом превосходили коров I группы по выходу жира на 121,0 кг, по выходу белка - на 106,0 кг; превосходство над II группой составило 92,7 кг и 79,6 кг соответственно. При оценке данных показателей за 305 дней лактации достоверных различий не обнаружено.

Таблица 5 - Влияние продолжительности сервис-периода на продуктивные показатели коров-первотелок

Показатель	<80 дней (n=64)	80-120 дней (n=45)	>120 дней (n=57)
	M±m	M±m	M±m
Дойные дни, дней	305,5±1,2	332,1±1,7	404,8±8,1
Удой за всю лактацию, кг	9590,0±177,9	10256,3±205,7	12420,1±291,1
МДЖ за всю лактацию, %	4,12±0,02	4,13±0,02	4,16±0,02
Выход молочного жира за всю лактации, кг	395,1±7,5	423,4±8,3	516,1±11,6
МДБ за всю лактацию, %	3,48±0,02	3,52±0,02	3,54±0,02
Выход молочного белка за всю лактацию, кг	332,6±5,5	359,0±5,6	438,6±9,8
Удой за 305 дней лактации, кг	9520,7±177,2	9760,6±185,2	9638,4±153,7
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,12±0,02	4,13±0,02	4,13±0,02
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	392,2±7,4	402,6±7,6	397,8±6,1
МДБ за 305 дней лактации, %	3,48±0,02	3,51±0,02	3,50±0,02
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	330,1±5,5	341,5±5,2	336,4±4,6
Живая масса, кг	567,3±3,1	563,9±3,6	560,2±3,0

Таким образом, удлинённый сервис-период ассоциирован с достоверным увеличением дойных дней, валового удоя и выхода молочного жира и белка за весь период лактации. Однако при стандартизации лактации за 305 дней все межгрупповые различия нивелируются, что доказывает определяющую роль продолжительности лактации, а не генетических факторов, в формировании более высокой продуктивности коров с затяжным сервис-периодом. Качественные показатели молока не зависят от продолжительности сервис-периода и характеризуются низкой внутригрупповой изменчивостью.

3.1.7. Влияние сезона отела на продуктивные показатели

Все поголовье коров (n = 166) было разделено по сезонам отела: весна (март-май, n = 8), лето (июнь-август, n = 67), осень (сентябрь-ноябрь, n = 74) и зима (декабрь-февраль, n = 17). Распределение животных по сезонам было неравномерным.

Анализ показал, что удой за стандартные 305 дней лактации не имел статистически значимых различий между сезонами отела. Наиболее высокий удой отмечен у коров весеннего отела (9764,9 кг), наименьший - у животных зимнего отела (9414,5 кг). Однако из-за малочисленности группы весеннего отела (n = 8) эти различия не достигли уровня статистической значимости.

Для решения проблемы малочисленности групп было принято решение объединить сезоны отела в два укрупнённых периода на основе биологических и технологических принципов: Теплый период (весенне-летний): весна + лето, n = 76. Характеризуется активной вегетацией кормов, наличием зелёных кормов и возможностью выпасного содержания; Холодный период (осенне-зимний): осень + зима, n = 90.

Результаты сравнения двух периодов представлены в таблице 6.

Животные теплого периода отела достоверно превосходили коров холодного периода по продолжительности дойного периода (31,3 дня; $p \leq 0,001$), удою за всю лактацию (914,5 кг; $p \leq 0,05$), выходу молочного жира (40,9 кг; $p \leq 0,01$) и выходу молочного белка (33,7 кг; $p \leq 0,05$). При этом по удою за 305 дней лактации, а также по массовой доле жира и белка статистически значимых различий не установлено. Данный факт подтверждает, что более высокие показатели продуктивности в теплый период обусловлены продолжительностью лактации, а не высокой интенсивностью молокообразования.

Животные холодного периода отела имели достоверно большую живую массу (на 12,1 кг; $p \leq 0,001$), что может быть связано с сезонными особенностями выращивания ремонтного молодняка и подготовкой нетелей к первому отелу.

Таблица 6 - Влияние периода отела на продуктивные показатели коров-первотелок

Показатель	Теплый период (n=76)		Холодный период (n=90)		Теплый ± Холодный
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	
Дойные дни, дней	361,1±7,7	18,6	329,8±4,6	13,2	31,3***
Удой за 305 дней лактации, кг	9654,0±147,0	13,3	9605,0±136	13,5	49,0
Удой за полную лактацию, кг	11238,9±282,0	21,9	10323,0±176	16,3	915,9*
МДЖ за полную лактацию%	4,16±0,02	4,3	4,12±0,02	4,0	0,04
Выход молочного жира за полную лактацию, кг	466,5±11,0	20,8	425,6±7,5	17,6	40,9**
МДБ за полную лактацию, %	3,52±0,02	4,4	3,50±0,01	3,9	0,02
Выход молочного белка за полную лактацию, кг	394,5±9,5	20,8	360,8±6,0	15,5	33,7*
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,1±0,0	4,5	4,1±0,0	4,1	0
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	399,8±5,9	12,8	394,7±5,8	14,0	5,1
МДБ за 305 дней лактации, %	3,5±0,0	4,6	3,5±0,0	3,9	0
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	336,5±4,4	11,4	334,6±4,2	11,9	1,9
Живая масса, кг	557,4±3,6	4,6	569,5±3,5	5,4	-12,1***

3.1.8. Влияние кормления на продуктивные показатели коров-первотелок

Рацион дойных коров состоит из смеси, в состав которой входит силос кукурузный, сенаж из ячменя и премиксы. Коровам сухостойного периода скармливают силос травяной из сорго, дробину сухую, соевую шелуху и зерно кукурузы.

Анализ питательности рационов показывает, что рацион коров на раздое характеризуется более высоким содержанием обменной энергии (11,08 МДж/кг), сырого протеина (17,56 %) и жира (3,9 % от СВ), что соответствует повышенным потребностям высокопродуктивных животных в период раздоя. Рацион для сухостойных коров имеет более низкую энергетическую и протеиновую ценность (ОЭ - 9,18 МДж/кг, СП - 13,30 %), повышенное содержание клетчатки и сахара (10,20 % от СВ), что способствует нормальному течению рубцового пищеварения и подготовке к следующей лактации.

Система кормления коров на комплексе характеризуется дифференцированным подходом к составлению рационов в зависимости от физиологического состояния и уровня продуктивности. Использование кормовой программы «Корм Оптима» позволяет балансировать рационы с учётом потребностей животных и экономической эффективности

кормления. Применение полнорационных кормосмесей и современных кормовых добавок создаёт основу для достижения высокой молочной продуктивности.

3.2. Анализ влияния генетических факторов на молочную продуктивность коров-первотелок голштинской породы

3.2.1. Анализ продуктивных показателей коров-первотелок голштинской породы различных генеалогических линий

Доминирующее положение в структуре стада занимает линия Рефлекшн Соверинг 198998 (90 голов, 54,2 %). Линия Вис Бэк Айдиал 1013415 представлена 27 животными (16,3 %). Значительная часть выборки (49 голов, 29,5 %) отнесена к прочим линиям.

Для оценки реализации генетического потенциала молочной продуктивности коров с первой законченной лактацией в зависимости от генеалогической принадлежности был проведён сравнительный анализ основных хозяйственно-полезных признаков (таблица 7).

Таблица 7 - Продуктивные показатели коров-первотелок различных генеалогических линий за первую лактацию

Показатели	Группа I (n=90)	Группа II (n=27)	Группа III (n=49)
	M±m	M±m	M±m
Продолжительность лактации, дней	345,7±5,8	343,9±10,0	341,2±9,2
Удой за полную лактацию, кг	10935,3±199,1	11216,6±317,8	10147,8±371,1
МДЖ за полную лактацию, %	4,15±0,02	4,09±0,02	4,15±0,03
Выход молочного жира за полную лактацию, кг	453,7±8,4	458,4±13,1	420,1±15,1
МДБ за полную лактацию, %	3,51±0,01	3,48±0,03	3,54±0,03
Выход молочного белка за полную лактацию, кг	382,7±6,7	389,7±10,9	357,7±12,6
Удой за 305 дней лактации, кг	9790,1±127,0	10098,3±207,7	9088,0±196,9
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,14±0,02	4,07±0,02	4,13±0,03
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	405,1±5,3	411,3±8,7	375,1±15,0
МДБ за 305 дней лактации, %	3,49±0,01	3,47±0,03	3,52±0,03
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	340,9±3,8	349,1±5,5	318,8±13,6
Живая масса, кг	566,0±2,4	560,1±3,1	562,5±3,9
Возраст первого отела, мес	22,9±0,1	22,9±0,2	22,8±0,1

Наибольшей молочной продуктивностью характеризовались коровы линии Вис Бэк Айдиал 1013415, превосходящие сверстниц из группы «Прочие линии» по удою за 305 дней лактации на 1010,3 кг ($p \leq 0,01$). Коровы линии Рефлекшн Соверинг 198998 также достоверно превосходили животных III группы по данному показателю на 702,1 кг ($p \leq 0,05$). При сравнении двух генеалогических линий между собой статистически значимых различий по удою не установлено, однако отмечена тенденция к превосходству линии Вис Бэк Айдиал 1013415.

По выходу молочного жира за 305 дней лактации выявлены достоверные различия между животными I и III групп ($p \leq 0,01$), а также II и III групп ($p \leq 0,05$). Разница по данному показателю между I и III группами составила 29,9 кг ($p \leq 0,01$), между II и III группами - 36,1 кг ($p \leq 0,05$). Аналогичная тенденция отмечена по выходу белка за 305 дней лактации: животные III группы достоверно уступали I и II на 22,1 и 30,3 кг соответственно ($p \leq 0,01$).

Показатели массовой доли жира и белка, продолжительность лактации, возраст первого отела и живая масса не имели статистически значимых межгрупповых отличий.

Коэффициент вариации по большинству показателей находился в пределах 10-20 %, что указывает на среднюю изменчивость признаков. Исключение составили показатели удоев и выхода молочного жира и белка в III группе (15-25 %), что может свидетельствовать о неоднородности по продуктивным качествам.

Для более детальной оценки характера молокообразования на протяжении первой лактации был проведён анализ динамики помесячных удоев. Результаты представлены в таблице 8 и на рисунке 2.

Таблица 8 - Сводные показатели лактационной деятельности

Показатель	Рефлекшн Соверинг 198998	Вис Бэк Айдиал 1013415	Прочие линии
Пик лактации, кг (месяц)	1021,8 (5)	1057,4 (6)	969,9 (5)
Среднемесячный удой за лактацию, кг	949,0	985,0	882,0
Коэффициент устойчивости лактации, %	91,4	90,7	84,5

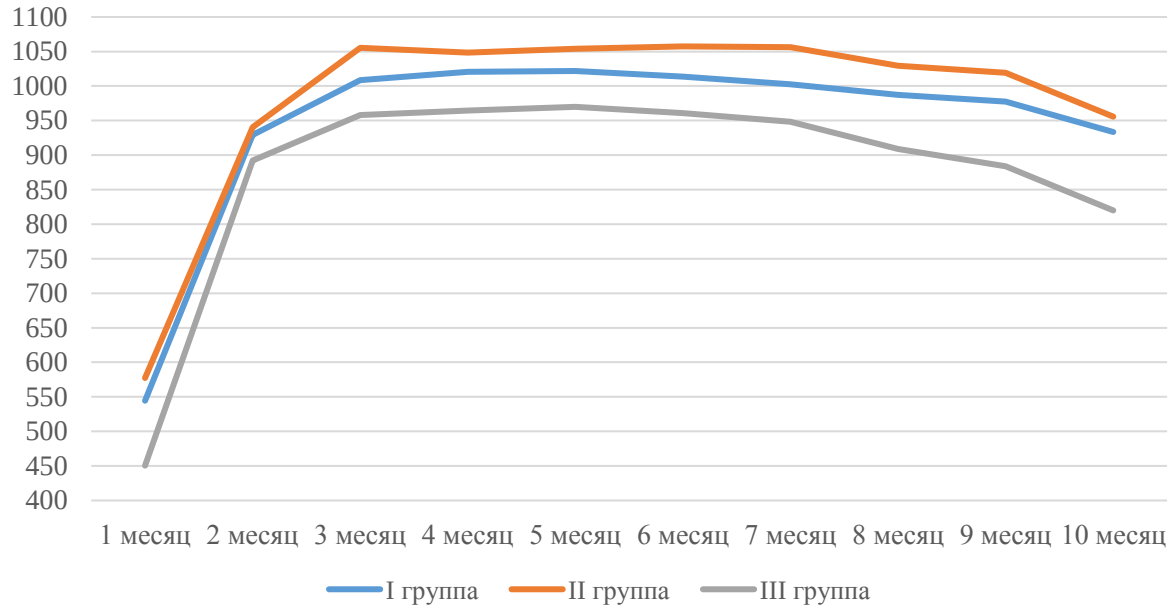


Рисунок 2 - Лактационные кривые коров-первотелок голштинской породы в срезе генеалогических линий

Лактационные кривые всех исследуемых групп имеют классическую форму с плавным подъёмом на 5-6 месяцы лактации. Лактационная кривая линии Вис Бэк Айдиал 1013415 характеризовалась наиболее высокими показателями удоев на протяжении всей лактации. Пик пришёлся на шестой месяц (1057,4 кг), коэффициент устойчивости лактации составил 90,7 %.

Наиболее низкие показатели на протяжении всей лактации отмечены у животных III группы. Пик лактации у них приходился на пятый месяц (969,9 кг), однако абсолютные значения были ниже на 50-100 кг по сравнению с животными других групп. Коэффициент устойчивости лактации составил 84,5 %, что является наименьшим среди всех групп и свидетельствует о более быстром спаде лактационной кривой после пика.

Таким образом, полученные данные подтверждают влияние генеалогической принадлежности на реализацию молочного потенциала и указывают на целесообразность дальнейшей селекционной работы с использованием животных линии Вис Бэк Айдиал 1013415.

3.2.2. Стратификация коров-первотелок голштинской породы по различным вариантам генотипа каппа-казеина и оценка их продуктивных показателей

Для оценки влияния генетических факторов на молочную продуктивность было проведено разделение животных по генотипу каппа-казеина (CSN3). У крупного рогатого скота наиболее распространены два аллеля - А и В, которые формируют три варианта: АА, АВ и ВВ.

Анализ структуры стада показал, что наиболее распространённым является гетерозиготный генотип АВ (47,6 %). Доля гомозигот составила 34,9 % (АА) и 17,5 % (ВВ). Частота аллеля А - 0,587, аллеля В - 0,413.

Сравнительный анализ продуктивных показателей коров с разными генотипами CSN3 представлен в таблице 9.

Таблица 9 - Сравнительный анализ продуктивных показателей коров-первотелок по различным генотипам каппа-казеина

Показатели	АА (n=58)	АВ (n=79)	ВВ (n=29)
	M±m	M±m	M±m
Продолжительность лактации, дней	351,5±9,0	342,6±5,9	333,2±8,2
Удой за полную лактацию, кг	11137,3±332,0	10656,8±207,2	10220,9±375,9
МДЖ за полную лактацию, %	4,13±0,02	4,12±0,02	4,18±0,02
Выход молочного жира за полную лактацию, кг	459,3±12,9	440,2±9,0	426,7±15,4
МДБ за полную лактацию, %	3,49±0,01	3,51±0,01	3,53±0,03
Выход молочного белка за полную лактацию, кг	388,5±11,02	373,9±7,1	359,5±12,38
Удой за 305 дней лактации, кг	9760,4±135,0	9605,8±152,6	9452,5±289,2
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,11±0,02	4,11±0,02	4,18±0,02
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	401,4±5,4	395,1±6,4	394,9±12,1
МДБ за 305 дней лактации, %	3,47±0,01	3,5±0,01	3,5±0,03
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	338,2±4,1	335,2±4,6	332,0±8,7
Живая масса, кг	562,9±3,0	563,0±2,8	568,9±4,3
Возраст первого отела, мес	22,8±0,1	23,0±0,1	22,4±0,19

Анализ продуктивных показателей позволил выявить ожидаемые биологические тенденции: аллель А ассоциирован с более высоким удоем, аллель В - с лучшим качеством молока. Животные с генотипом АА имели наиболее высокий удой за 305 дней (9760,4 кг), тогда как носители генотипа ВВ - наибольшую массовую долю жира (4,18 %). Однако в условиях данного исследования эти различия не достигают уровня статистической значимости.

3.2.3. Стратификация коров-первотелок голштинской породы по удою за 305 дней лактации

На основании стратификации коров-первотелок по показателю «Удой за 305 дней лактации» на три страты - нижнюю, среднюю и верхнюю - выявлены чёткие и статистически достоверные различия в комплексе продуктивных признаков. Разница в удое между нижней и средней стратой составляет 1310,4 кг, между нижней и верхней - 2774,7 кг, между средней и верхней - 1464,2 кг ($p \leq 0,001$). Наиболее высокий выход молочного жира и белка характерен

для животных верхней страты: выход жира за 305 дней достоверно превышает показатели средней и нижней на 60,3 и 109,3 кг, выход белка - на 37,8 и 80,4 кг ($p \leq 0,001$). Содержание жира остаётся стабильным во всех стратах (4,10-4,16 %). Содержание белка, напротив, в верхней страте составляет 3,39 %, что на 0,17 % ниже, чем в нижней ($p \leq 0,001$), и на 0,13 % ниже, чем в средней ($p \leq 0,001$). Продолжительность лактации, живая масса и возраст первого отёла не показали достоверных различий между стратами. Таким образом, рост молочной продуктивности сопровождается пропорциональным увеличением выхода жира и белка, однако содержание жира остаётся стабильным, а содержание белка имеет тенденцию к снижению.

Для оценки продуктивных качеств коров-первотелок и степени влияния генетического фактора была дополнительно проведена стратификация животных в срезе различных вариантов генотипов каппа-казеина (таблица 10).

Таблица 10 - Сравнительный анализ продуктивных показателей коров-первотелок по генотипам каппа-казеина

Показатели	Целевой показатель «Удой за 305 дней лактации»		
	Нижняя страта	Средняя страта	Верхняя страта
	M±m	M±m	M±m
1	2	3	4
Генотип АА	n=16	n=21	n=21
Продолжительность лактации, дней	341,2±11,3	343,4±14,4	367,5±18,4
Удой за полную лактацию, кг	9563,5±371,6	10646,6±360,9	12827,0±598,1
МДЖ за полную лактацию, %	4,2±0,04	4,11±0,03	4,09±0,03
Выход молочного жира за полную лактацию, кг	401,9±15,37	438,6±16,2	523,9±23,8
МДБ за полную лактацию, %	3,5±0,03	3,51±0,02	3,41±0,02
Выход молочного белка за полную лактацию, кг	341,2±13,7	374,4±14,2	438,5±20,6
Удой за 305 дней лактации, кг	8573,2±141,9	9598,6±66,1	10826,8±125,4
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,19±0,04	4,1±0,03	4,06±0,03
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	359,5±7,2	394,4±4,7	440,2±5,6
МДБ за 305 дней лактации, %	3,55±0,03	3,49±0,03	3,39±0,02
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	304,5±6,2	335,1±2,9	367,0±4,5
Живая масса, кг	563,1±6,0	565,2±6,1	560,4±3,5
Возраст первого отела, мес	23,2±0,4	23,0±0,3	22,4±0,1
Генотип АВ	n=28	n=28	n=23
Продолжительность лактации, дней	348,5±12,3	345,2±9,9	332,3±6,8
Удой за полную лактацию, кг	9412,7±361,7	10683,0±255,9	12139,5±210,0
МДЖ за полную лактацию, %	4,15±0,04	4,12±0,03	4,1±0,03
Выход молочного жира за полную лактацию, кг	391,9±15,8	441,3±12,8	497,6±9,2
МДБ за всю лактацию, %	3,57±0,02	3,53±0,02	3,41±0,02
Выход молочного белка за полную лактацию, кг	336,3±13,0	378,1±9,7	414,5±7,7

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
Удой за 305 дней лактации, кг	8267,7±118,2	9552,1±51,1	11300,2±170,6
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,13±0,03	4,1±0,03	4,09±0,03
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	342,1±5,8	392,3±3,9	463,0±7,7
МДБ за 305 дней лактации, %	3,55±0,02	3,53±0,02	3,4±0,01
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	293,2±3,5	337,2±2,9	383,9±4,7
Живая масса, кг	561,2±3,7	559,8±4,4	568,9±6,6
Возраст первого отела, мес	23,0±0,2	22,6±0,1	23,6±0,4
Генотип ВВ	n=11	n=7	n=11
Продолжительность лактации, дней	329,1±11,7	352,0±25,6	325,2±8,8
Удой за полную лактацию, кг	8445,6±494,6	10902,3±695,2	11562,6±299,1
МДЖ за полную лактацию, %	4,2±0,03	4,1±0,04	4,2±0,05
Выход молочного жира за полную лактацию, кг	354,4±19,9	447,2±28,2	485,8±12,5
МДБ за полную лактацию, %	3,63±0,05	3,58±0,04	3,4±0,03
Выход молочного белка за полную лактацию, кг	305,9±17,4	390,4±25,3	393,5±10,9
Удой за 305 дней лактации, кг	7843,0±304,2	9652,1±112,6	10935,0±196,6
МДЖ за 305 дней лактации, %	4,19±0,03	4,09±0,04	4,21±0,05
Выход молочного жира за 305 дней лактации, кг	328,7±11,5	395,7±6,9	460,6±7,7
МДБ за 305 дней лактации, %	3,63±0,05	3,57±0,05	3,4±0,03
Выход молочного белка за 305 дней лактации, кг	284,1±10,2	344,6±5,7	371,9±6,5
Живая масса, кг	562,1±6,7	582,0±10,6	567,5±5,8
Возраст первого отела, мес	23,0±0,3	22,7±0,1	21,8±0,2

При анализе данных, представленных в таблице 10, отмечается, что общим для всех трёх генотипов является то, что рост удоя сопровождается пропорциональным увеличением валового выхода молочного жира и белка, а также устойчивым снижением массовой доли белка в молоке. При этом массовая доля жира либо остаётся стабильной, как у АА и ВВ, либо слабо положительно связана с продуктивностью, как у АВ. Различия между генотипами проявляются прежде всего в степени выраженности этих закономерностей и в характере связи жирномолочности с уровнем продуктивности.

У генотипа АА разница по удою за 305 дней между крайними стратами достигает 2253,0 кг ($p \leq 0,001$), по выходу молочного жира - 80,7 кг, молочного белка - 62,5 кг ($p \leq 0,001$). Массовая доля жира слабо снижается с ростом удоя (на 0,11-0,13 %; $p \leq 0,05$), а отрицательная зависимость для белка выражена наиболее сильно: в верхней страте его содержание ниже, чем в средней и нижней, на 0,10 % ($p \leq 0,01$) и 0,15 % ($p \leq 0,001$) соответственно. Высокий выход жира достигается преимущественно за счёт объёма молока, а не его жирности.

У генотипа АВ разница по удою за 305 дней между верхней и нижней стратами составляет 3032,5 кг, по выходу молочного жира - 120,8 кг, молочного белка - 90,7 кг. Массовая доля жира остаётся стабильной и статистически неразличимой между стратами (4,09-4,13 %), тогда как белковомолочность снижается с ростом удоя на 0,12-0,16 % в верхней страте относительно средней и нижней. Продолжительность лактации, живая масса и возраст первого отела достоверных различий не показали. Таким образом, генотип АВ сочетает стабильно высокую жирномолочность при любом уровне продуктивности с выраженной тенденцией к снижению белковомолочности по мере роста удоя.

У генотипа ВВ разница по удою за 305 дней между крайними стратами достигает 3092,0 кг ($p \leq 0,001$). Содержание жира стабильно высоко во всех группах (4,09-4,21 %), тогда

как белок чётко снижается с ростом продуктивности (3,40 % в верхней против 3,58 % и 3,63 % в средней и нижней; $p \leq 0,01$). Возраст первого отела в верхней страте ниже (21,8 мес.) и достоверно отличается от нижней (23,0 мес.), что может косвенно свидетельствовать о вкладе более раннего созревания в реализацию высокого молочного потенциала.

Ключевые различия между генотипами сводятся к следующему: у АА и ВВ высокий выход жира достигается преимущественно за счёт объёма молока, а не его жирности, тогда как у АВ - за счёт как удоя, так и повышения жирности. Наиболее выраженное снижение белковомолочности с ростом продуктивности характерно для АА и ВВ, наименее - для АВ. Генотип ВВ отличается наибольшей фенотипической изменчивостью по удою и наличием достоверной связи возраста первого отела с уровнем продуктивности.

Таким образом, стратификация подтвердила значительную фенотипическую изменчивость по количественным показателям продуктивности даже в пределах одного варианта каппа-казеина. Результаты свидетельствуют о необходимости комплексного подхода к отбору коров генотипа ВВ с учётом не только генотипа, но и сопутствующих факторов, влияющих на уровень удоя и белковый состав молока.

3.2.4. Стратификация коров-первотелок голштинской породы по выходу молочного жира за 305 дней лактации

Стратификация по выходу молочного жира в разрезе генотипов каппа-казеина выявила следующие закономерности.

У генотипа АА переход от нижней к верхней страте сопровождается ростом удоя за 305 дней на 2063,7 кг и выхода молочного жира на 89,1 кг ($p < 0,0001$) при снижении массовой доли белка на 0,12 % ($p \leq 0,01$).

У генотипа АВ коровы верхней страты превосходят среднюю и нижнюю по удою за 305 дней на 1507,7 и 2727,3 кг ($p \leq 0,001$). Выход молочного жира выше, чем в нижней страте, на 123,0 кг, молочного белка - на 85,7 кг ($p \leq 0,001$). Высокий выход молочного жира обеспечивается не только удоем, но и ростом жирности (4,06 → 4,18 %; $p \leq 0,05$). При этом массовая доля белка в верхней страте ниже, чем в нижней, на 0,09 % ($p \leq 0,05$).

У генотипа ВВ переход от нижней к верхней страте дает рост удоя за 305 дней на 3277,4 кг и выхода молочного жира на 140,5 кг ($p \leq 0,0001$). Массовая доля жира статистически неизменна (4,19-4,22 %; $p > 0,05$). Массовая доля белка за всю лактацию снижается на 0,22 % ($p \leq 0,01$). Возраст первого отела в верхней страте меньше - 21,8 мес. против 23,2 мес. ($p \leq 0,01$). Генотип ВВ отличается высокой однородностью высокопродуктивных животных, что указывает на генетическую устойчивость и предсказуемость продуктивных качеств.

Сопоставление всех трех генотипов в рамках верхней страты по выходу молочного жира позволило оценить их по составу молока, интегральным показателям эффективности и функциональным характеристикам (таблица 11, 12).

Соотношение жир/белок минимально у АА (1,20) и максимально у ВВ (1,24), что указывает на смещение метаболизма в сторону липогенеза у носителей аллеля В. Суммарный выход жира и белка минимален у АА (814,08 кг) и максимален у ВВ (838,3 кг); АВ (837,43 кг) практически не уступает ВВ (разница 0,87 кг) и существенно превосходит АА на 23,35 кг.

Таким образом, генотипы АВ и ВВ при максимальной реализации продуктивности обеспечивают сопоставимый и наиболее высокий суммарный выход компонентов молока. Расчет FCM усиливает преимущество ВВ: разница с АА возрастает до 430,8 кг против 187,4 кг по фактическому удою; АВ превосходит АА на 252,0 кг, уступая ВВ на 178,8 кг. Это подтверждает более высокую энергетическую продуктивность животных генотипа ВВ.

Генотип ВВ обеспечивает максимальную скорректированную продуктивность (FCM 11238,6 кг) и лучшие воспроизводительные качества (сервис-период 101,6 дня), но сопровождается метаболическим компромиссом в виде повышенного соотношения жир/белок (1,24) и снижения белковомолочности. Генотип АВ характеризуется наиболее сбалансированным профилем и наивысшей технологической эффективностью: скорость молокоотдачи 2,33 кг/мин при стабильности признака (Cv = 6,84 %), продуктивность за час доения 139,8 кг/ч, минимальное общее время доения 78,6 ч (на 2,3 ч меньше, чем у АА, и на 1,6 ч меньше, чем у ВВ). При этом АВ не лидер по абсолютному удою - максимум

зафиксирован у ВВ (11026,9 кг), но за счет наивысшей скорости молокоотдачи АВ завершает доение быстрее. Генотип АА уступает по большинству признаков: минимальная скорость молокоотдачи (2,23 кг/мин), %), наименьшая продуктивность за час доения (133,8 кг/ч) и наибольшая вариабельность сервис-периода (Cv = 55,2 %). Полученные данные обосновывают дифференцированный селекционный подход и позволяют рекомендовать генотип АВ как предпочтительный для селекции на сбалансированную продуктивность и технологичность в стадах, ориентированных на производство высококачественного молока.

Таблица 11 - Интегральные показатели молочной продуктивности различных генотипов CSN3 в верхней страте

Показатели	Генотип АА	Генотип АВ	Генотип ВВ
Соотношение жир/белок	1,20	1,21	1,24
Суммарный выход жира и белка за 305 дней, кг	814,0	837,4	838,3
Удой, скорректированный по 4% жирности (FCM), кг	10807,8	11059,8	11238,6

Таблица 12 - Функциональные и технологические показатели коров-первотелок различных генотипов CSN3 в верхней страте

Показатели	Генотип АА (n=20)		Генотип АВ (n=27)		Генотип ВВ (n=10)	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
Скорость молокоотдачи, кг/мин	2,23±0,03	7,6	2,33±0,03	6,84	2,29±0,03	4,3
Суточный удой, кг	36,4±0,9	11,2	39,0±0,9	12,3	38,9±1,1	9,1
Сервис-период, дней	135,4±16,7	55,2	113,7±7,8	35,7	101,6±11,1	34,7
Коэффициент устойчивости лактации, %	110,2±2,6	10,8	111,7±2,2	10,2	110,8±3,8	10,9
Расчетные показатели						
Общее время доения за лактацию, ч	81,0		78,6		80,2	
Продуктивность за час доения, кг/ч	133,8		139,8		137,4	

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

Экономическая эффективность молочного производства по каждой из подопытных групп определялась на основе показателей молочной продуктивности, содержания жира и белка в молоке, зафиксированных в рамках научно-хозяйственного опыта. Расчётная база формировалась с опорой на материалы годового бухгалтерского отчёта хозяйства за 2025 год, в том числе сведения из отчёта о производстве, затратах, себестоимости и реализации продукции животноводства (форма № 13-АПК). Результаты представлены в таблице 13.

Анализ данных таблицы 13 показывает, что в верхней страте коровы с генотипом АА продемонстрировали самый высокий абсолютный удой за лактацию (12579,0 кг) и лучший показатель молока в зачетном весе (16499,3 кг на 1 голову), что при одинаковой для всех групп цене реализации обеспечило максимальную стоимость произведенного молока - 517088,0 руб. на 1 корову. Это на 4,4 % выше, чем во II группе, и на 6,6 % выше, чем в III группе. Несмотря на то, что у генотипа ВВ в верхней страте наблюдалась несколько более высокая массовая доля жира, низкий выход зачетного молока из-за меньшего удоя и более низкого содержания белка привели к отставанию по выручке. По уровню рентабельности генотип АА превзошел генотип АВ на 6,5 % и генотип ВВ на 10,0 %.

В средней страте также доминирует группа с генотипом АА. Стоимость продукции составила 462434,2 руб. Группа ВВ за счет повышенного содержания белка частично компенсировала более низкий удой: разрыв по зачетному молоку между АА и ВВ составил всего 1,0 %, а по прибыли - 3,8 %, что является минимальным расхождением среди всех страт.

У генотипа АВ отмечались самые низкие ключевые показатели: прибыль на 17,1 % ниже, чем у генотипа АА, а уровень рентабельности - 27,7 %, что на 10,8 % меньше, чем в группе АА, и на 4,5 % меньше, чем в группе ВВ.

В нижней страте преимущество генотипа АА сохраняется. Удой за полную лактацию составил 9838,2 кг, зачетного молока - 13157,0 кг, что обеспечило выручку в 412340,3 руб. Разница между генотипом АА и ВВ в данной страте максимальная: по удою - 14,6 %, по зачетному молоку - 10,0 %, по уровню рентабельности - 12,7 %. Столь значительное отставание генотипа ВВ связано с низким удоем, который не компенсируется преимуществом по содержанию жира (4,20 %) и белка (3,60 %). Генотип АВ занимает промежуточное положение, но также уступает АА по всем экономическим показателям.

Таблица 13 - Экономическая эффективность производства молока от коров-первотелок голштинской породы по генотипам каппа-казеина в верхней страте

Показатель	I группа (АА)	II группа (АВ)	III группа (ВВ)
Верхняя страта			
Удой за полную лактацию, кг	12579,0±572,2	11835,6±221,6	11712,3±286,3
Массовая доля жира, %	4,13±0,03	4,17±0,03	4,2±0,06
Массовая доля белка, %	3,43±0,02	3,45±0,02	3,38±0,03
Производство молока в расчете на 1 корову (в зачете), кг	16499,3	15766,0	15395,1
Цена реализации 1 кг молока, руб.	31,34	31,34	31,34
Стоимость произведенного молока, руб.	517088,0	494106,4	482482,4
Прибыль, руб	170813,0	147831,4	136207,4
Уровень рентабельности, %	49,3	42,7	39,3
Средняя страта			
Удой за полную лактацию, кг	10918,7±508,4	10545,5±307,3	10584,44±579,6
Массовая доля жира, %	4,17±0,04	4,12±0,03	4,13±0,03
Массовая доля белка, %	3,5±0,03	3,51±0,02	3,61±0,04
Производство молока в расчете на 1 корову (в зачете), кг	14755,4	14120,4	14611,7
Цена реализации 1 кг молока, руб.	31,34	31,34	31,34
Стоимость произведенного молока, руб.	462434,2	442533,3	457930,6
Прибыль, руб	116159,2	96258,3	111655,6
Уровень рентабельности, %	33,5	27,7	32,2
Нижняя страта			
Удой за полную лактацию, кг	9838,2±402,6	9544,0±389,8	8402,4±544,7
Массовая доля жира, %	4,08±0,03	4,08±0,03	4,2±0,03
Массовая доля белка, %	3,54±0,02	3,56±0,02	3,6±0,05
Производство молока в расчете на 1 корову (в зачете), кг	13157,0	12835,6	11763,4
Цена реализации 1 кг молока, руб.	31,34	31,34	31,34
Стоимость произведенного молока, руб.	412340,3	402248,9	368664,9
Прибыль, руб	66065,3	55973,9	22389,9
Уровень рентабельности, %	19,1	16,1	6,4

Таким образом, независимо от уровня продуктивности, генотип АА каппа-казеина обеспечивает наибольшую экономическую эффективность за счет более высокого выхода зачетного молока. Вместе с тем анализ внутри страт показывает, что экономическая целесообразность генотипа ВВ зависит от уровня продуктивности стада: в средней страте он

практически не уступает АА (разница по рентабельности составляет 1,3 %) благодаря компенсирующему влиянию повышенного содержания белка, тогда как в верхней страте его использование экономически не оправдано. Генотип АВ во всех стратах занимает промежуточное положение и не превосходит АА ни по одному из экономических показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования, целью которых являлась оценка влияния паратипических и генетических факторов на формирование высокопродуктивного стада голштинской породы в условиях интенсивного производства молока на базе племенного завода ООО «Дон» Хохольского района Воронежской области, позволили сделать следующие обобщающие выводы:

1. В условиях высокопродуктивного стада голштинской породы такие паратипические факторы, как возраст первого отела и живая масса не являются лимитирующими и не оказывают статистически значимого влияния на молочную продуктивность. Интенсивный раздой (удой за 100 дней более 3350 кг) достоверно повышает количественные показатели, но сопровождается значимым снижением массовой доли белка и коэффициента постоянства лактации;

2. Удлинение сервис-периода свыше 120 дней увеличивает валовый выход молока только за счет удлинения лактации, тогда как при стандартизации за 305 дней различия не достигают уровня статистической значимости;

3. Животные теплого периода отела (весна-лето) превосходят коров холодного периода по валовому удою и выходу жира и белка, однако данное преимущество реализуется за счет высокопродуктивных животных и не связано с интенсивностью молокообразования;

4. Молекулярно-генетический анализ показал, что в исследуемой выборке наиболее распространен гетерозиготный генотип каппа-казеина АВ (47,6%), частота аллеля А составила 0,58, аллеля В - 0,41. При прямом сравнении генотипов без учета уровня продуктивности статистически значимых различий по удою, выходу жира и белка не установлено. Наблюдались тенденции в отношении более высоких удоев у аллеля А как за полную лактацию (11137, 3 кг (АА), 10656,8 кг (АВ), 10220,9 кг (ВВ), так и за стандартизированную (9760,48 кг (АА), 9605,8 кг (АВ), 9452,52 кг (ВВ) и повышенное содержание жира и белка у аллеля В;

5. Применение метода процентильной стратификации позволило снизить коэффициент вариации внутри групп и выявить метаболические компромиссы для всех генотипов - при повышении уровня молочной продуктивности наблюдалось достоверное снижение массовой доли белка в молоке. В верхней страте продуктивности по выходу молочного жира за 305 дней лактации генотип ВВ характеризуется высокой энергетической продуктивностью и лучшими воспроизводительными качествами, но с наиболее выраженным снижением белка; гетерозиготный генотип АВ обладает наиболее сбалансированным профилем и оптимальными технологическими свойствами, максимальным суммарным выходом жира и белка; генотип АА уступает по интегральным показателям и демонстрирует наибольшую вариабельность сервис-периода;

6. Экономическая оценка показала, что независимо от уровня продуктивности, генотип АА каппа-казеина обеспечивает наибольшую экономическую эффективность за счет более высокого выхода зачетного молока и максимальной стоимости произведенного молока. Генотип ВВ, несмотря на тенденцию к повышению жирности молока, уступает по стоимости продукции из-за более низкого удоя, генотип АВ занимает промежуточное положение. При этом степень экономического превосходства генотипа АА зависит от уровня продуктивности стада. Максимальный разрыв по уровню рентабельности между генотипами отмечен в нижней страте, минимальный - в средней, где генотип ВВ за счет повышенного содержания белка в молоке почти достигает показателей генотипа АА. Генотип АВ во всех стратах не превосходит генотип АА ни по одному из экономических показателей.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В целях повышения эффективности селекционно-племенной работы в хозяйствах, разводящих голштинскую породу в условиях интенсивной технологии производства молока, рекомендовать:

- выбор приоритетного генотипа при внедрении генотипирования ремонтных телок по локусу каппа-казеина (CSN3) в зависимости от стратегических задач сельхозпредприятия:

• использование носителей аллеля B (генотип AB или BB), позволяющего повысить жирномолочность и суммарный выход компонентов молока в стадах, ориентированных на сыроделие и маслоделие;

• использование носителей аллеля A (генотип AA), ассоциированного с повышенной молочной продуктивностью для стад, ориентированных на производство цельного молока и кисломолочной продукции;

- с целью снижения влияния паратипических факторов и ускорения процесса селекции рекомендуем применять метод процентильной стратификации с использованием 33-го и 66-го процентилей.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Дальнейшие исследования в рамках изучения генетической и паратипической обусловленности формирования высокопродуктивного скота целесообразно развивать по следующим направлениям:

• Расширение панели генетических маркеров, влияющих на качественные и количественные показатели молока коров, а также генов, связанных с продуктивным долголетием и устойчивостью к метаболическим заболеваниям;

• Проведение исследований по изучению взаимодействия «генотип х среда». В частности, представляет интерес оценка влияния генотипов CSN3 на молочную продуктивность при разных типах кормления (силосно-концентратном, травяном, с использованием защищённых жиров) и в разных климатических зонах, в том числе в условиях теплового стресса.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

1. Алтухова, В. В. Влияние генотипа каппа-казеина на взаимосвязь между выходом жира и синтезом белка в молоке у высокопродуктивных коров-первотелок голштинской породы / В. В. Алтухова, А. В. Востроилов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. - 2026. - Т. 18, № 1. - С. 5-11.

2. Алтухова, В. В. Влияние генотипа каппа-казеина на компонентный состав молока у высокопродуктивных коров-первотелок голштинской породы / В. В. Алтухова, А. В. Востроилов, В. А. Сафонов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2026. - Т. 56, № 3(328). - С. 90-99.

3. Алтухова, В. В. Генотип-специфические особенности молочной продуктивности у коров-первотелок голштинской породы с максимальным выходом молочного жира / В. В. Алтухова, А. В. Востроилов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2026. - № 2(85). - С. 159-164.

4. Паттерны изменчивости продуктивности коров с различными генотипами каппа-казеина / А. В. Востроилов, В. В. Алтухова, В. А. Степанов, В. А. Сафонов // Ветеринария и кормление. - 2026. - № 2. - С. 20-23.

Публикации в материалах конференций и сборниках научных трудов

5. Алтухова, В. В. Генетическая и паратипическая обусловленность формирования высокопродуктивного стада крупного рогатого скота при промышленной технологии производства молока / В. В. Алтухова, А. В. Востроилов // Агроген Воронежского государственного аграрного университета. - 2023. - № 1(1). - С. 59-64.

6. Алтухова, В. В. Актуальные проблемы продуктивного долголетия коров голштинской породы / В. В. Алтухова, А. В. Востроилов // Современные проблемы и достижения ветеринарной морфологии и патологии в сохранении здоровья животных. - Воронеж, 2024. - С. 67-69.

7. Алтухова, В. В. Геномная оценка потенциала молочной продуктивности крупного рогатого скота голштинской породы / В. В. Алтухова, А. В. Востроилов // Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции. - Воронеж, 2024. - С. 160-163.

8. Алтухова, В. В. Современные методы оценки генетического потенциала крупного рогатого скота / В. В. Алтухова, А. В. Востроилов // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке. - Майский, 2024. - С. 11-12.

9. Алтухова, В. В. Причины выбраковки коров голштинской породы, ассоциированные с геном соматотропина и его полиморфных вариантов / В. В. Алтухова // Теория и практика инновационных технологий в АПК. - Воронеж, 2025. - С. 271-273.

10. Алтухова, В. В. Влияние быков-производителей различных генотипов и стран на продуктивное долголетие коров голштинской породы / В. В. Алтухова // Теория и практика инновационных технологий в АПК. - Воронеж, 2025. - С. 269-271.

11. Алтухова, В. В. Селекционно-генетическая оценка коров голштинской породы разных генеалогических линий в условиях ООО «Дон» Хохольского района Воронежской области / В. В. Алтухова, А. В. Востроилов // Животноводство как драйвер устойчивого развития - гарантия продовольственной безопасности. - Воронеж, 2026. - С. 19-23.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026617932 Российская Федерация. Программный комплекс биометрической обработки данных животноводства : заявл. 23.03.2026 : опубл. 23.03.2026 / А. В. Востроилов, В. В. Алтухова, Е. И. Рыжков ; заявитель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Подписано в печать 14.10.2026 г. Формат 60x84 1/16. Бумага кн.-журн.
П.л. 1,0. Гарнитура Таймс. Тираж 100 экз. Заказ № 29125.
Типография ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1.