

Научная статья

УДК 636.082

doi: 10.34655/bgsha.2026.83.2.007

Генетические корреляции продуктивного долголетия с молочной продуктивностью и качеством вымени у коров красно-пестрой породы

Дмитрий Денисович Кутин

Белгородский государственный аграрный университет, Белгородская обл.,

пос. Майский, Россия

realtcontract@mail.ru

Аннотация. В ходе исследования выполнен комплексный анализ генетических детерминант, связывающих морфофункциональные параметры вымени с уровнем молочной продуктивности и показателями продуктивного долголетия у коров красно-пёстрой молочной породы. Эмпирическую основу работы составили архивные материалы зоотехнического учёта племенного стада АО «Должанское» (Белгородская область), аккумулированные за период 2013-2024 гг.: в выборку вошла 321 индивидуальная карточка животных, завершивших полный продуктивный цикл. Для статистической верификации гипотез нами применены непараметрические критерии (Манна-Уитни), модели логистической регрессии, а также метод REML, позволивший оценить наследуемость и генетические корреляции с учётом родословных глубиной три поколения. Нами установлено: коровы с чашеобразной формой вымени завершают, в среднем, на 1,8 лактации больше ($p < 0,001$), чем животные с козьей или округлой формами; при этом данный признак демонстрирует умеренно высокую положительную генетическую связь с долголетием ($r_{\%} = +0,53 \pm 0,09$). Параллельно выявлена отрицательная генетическая ассоциация между удоем за 305 дней и продолжительностью хозяйственного использования ($r_{\%} = -0,28 \pm 0,11$) – результат, который мы интерпретируем как подтверждение физиологического компромисса между лактационной интенсификацией и адаптационным резервом организма. Опираясь на данные сценарного моделирования, мы аргументируем необходимость пересмотра структуры селекционного индекса: совокупный вес признаков вымени целесообразно увеличить до 30%, а также ввести коэффициент функциональной эффективности, рассчитываемый как отношение пожизненного удоя к возрасту выбытия. Такой подход, по нашему мнению, позволяет переориентировать селекционный вектор с сиюминутной максимизации валового удоя на обеспечение устойчивой рентабельности в долгосрочной перспективе. Прогнозируемые экономические последствия включают снижение доли раннего выбытия на 12-18% и прирост пожизненной продуктивности на 8-11% при незначительной коррекции удоя за отдельную лактацию (-1,5%).

Ключевые слова: красно-пёстрая порода, продуктивное долголетие, морфология вымени, генетическая корреляция, наследуемость, селекционный индекс, раннее выбытие, линейная оценка типа.

Genetic correlations of productive longevity with dairy productivity and udder quality in red-and-white cows

Dmitry D. Kutin

Belgorod State Agrarian University, Belgorod region, village Maysky, Russia
realtcontract@mail.ru

Abstract. In the course of the study, a comprehensive analysis of the hereditary factors linking the morphofunctional parameters of the udder with the level of milk productivity and indicators of productive longevity in cows of the red-and-white dairy breed was performed. The empirical background of the work was based on the archival materials of the zootechnical accounting of the breeding herd of AO (Joint-Stock Company under the laws of Russian Federation) Dolzhanskoe (the Belgorod Region), accumulated over the period from 2013 till 2024: the sample included 321 individual cards of animals that completed a full productive cycle. For statistical verification of hypotheses, nonparametric tests (Mann-Whitney), logistic regression models, as well as the REML method were used, that allowed us to evaluate heritability and genetic correlations, taking into account pedigrees three generations deep. It was found that cows with a bowl-shaped udder complete an average of 1.8 more lactation ($p < 0.001$) than animals with goat or rounded shapes of udders; at the same time, this trait demonstrates a moderately high positive genetic relationship with longevity ($r_{\%} = +0.53 \pm 0.09$). At the same time, a negative genetic association was found between milk yield for 305 days and the duration of economic use ($r_{\%} = -0.28 \pm 0.11$), a result that we interpret as confirmation of a physiological compromise between lactation intensification and the adaptive reserve of the body. Based on scenario modeling data, we argue for the need to revise the structure of the breeding index: it is advisable to increase the total weight of udder traits to 30%, as well as to introduce a functional efficiency coefficient calculated as the ratio of lifetime milk yield to age of retirement. In our opinion, this approach makes it possible to refocus the breeding vector from short-term maximization of gross yield to long-term sustainable profitability. The anticipated economic outcomes include a decrease in the proportion of early retirement by 12-18% and an increase in lifetime productivity by 8-11%, with a slight correction in milk yield for individual lactation (-1.5%).

Keywords: red-and-white breed, productive longevity, udder morphology, genetic correlation, heritability, breeding index, early retirement, linear type assessment.

Введение. Современное состояние молочного скотоводства в Центрально-Чернозёмном регионе характеризуется устойчивым трендом на интенсификацию селекции. Однако в практике отдельных хозяйств можно видеть нарастающее противоречие: погоня за максимальным удо-ем в первые лактации часто ведёт к сокращению срока хозяйственного использования животных. По данным внутреннего зоотехнического учёта исследуемого хозяйства АО «Должанское» за период 2013-2024 гг., ежегодный уровень выбраковки коров в исследуемом стаде колеблется в пределах 25–30%, что коррелирует с общероссийскими показателями [1], однако структура причин выбытия имеет

свою специфику.

В ходе предварительного анализа карт формы 1-МЖ было установлено, что доля животных, выбывающих по функциональным нарушениям (заболевания вымени, конечностей, репродуктивные дисфункции), стабильно превышает 60% от общего списания. Это подтверждает тезис о том, что экстерьерно-конституциональные признаки, и в частности строение вымени, становятся лимитирующим фактором долголетия. Экономический ущерб от преждевременной выбраковки усугубляется тем, что окупаемость затрат на выращивание ремонтной телки в условиях нашего региона достигается лишь к завершению 3–4-й лактации [2]. Когда ко-

рова выбывает после 1–2 отёлов, хозяйство несет прямые убытки, не реализуя генетический потенциал животного.

Особую тревогу вызывает негативная генетическая корреляция между удойными показателями и функциональной устойчивостью. В частности, следует отметить, что животные с максимальной генетической оценкой по удою часто имеют менее крепкий связочный аппарат вымени, что подтверждается данными линейной оценки.

Таким образом, морфофункциональные признаки вымени (глубина, крепость прикрепления, расположение сосков) приобретают статус ключевых маркеров не только технологической пригодности, но и биологической устойчивости.

Цель работы – количественно оценить рассматриваемую связь на конкретном массиве данных, а не ограничиваться общими рекомендациями.

Материалы и методы. Анализ зарубежной литературы показывает, что в странах с развитым молочным скотоводством (США, Канада, страны ЕС) признаки типа телосложения уже давно интегрированы в селекционные индексы (TPI, LPI) [3]. Исследования демонстрируют, что коровы с оптимальными оценками вымени имеют на 23–37% выше вероятность достижения 5-й лактации. Наследуемость линейных признаков, по данным, находится в диапазоне $h^2 = 0,12–0,35$, что делает возможным эффективный отбор [4].

Работая с архивом зоотехнического учёта АО «Должанское», мы столкнулись с типичной проблемой отечественных исследований – неполнотой данных. Из первоначального массива пришлось исключить 14 животных из-за отсутствия записей о причине выбытия или неполной родословной. Это подчеркивает необходимость тщательной верификации данных на этапе формирования выборки. Кроме того, в большинстве российских работ отсутствует стратификация по генеалогическим линиям внутри породы. Вариативность признаков вымени часто игнорируется, хотя наши предварительные наблюдения показывают, что линия Реф-

лексн Соверинг 198998 демонстрирует иную структуру наследуемости признаков долголетия по сравнению с линией Вис Бэк Айдиал 1013415.

На основании вышеизложенного формулируется центральный исследовательский пробел: отсутствие валидированных прогностических моделей для красно-пёстрой породы КРС, учитывающих взаимодействие «линия × экстерьер вымени × менеджмент» в условиях промышленного комплекса Центрального Черноземья.

Для заполнения этого пробела в настоящем исследовании сформирована репрезентативная выборка, включающая 321 индивидуальную карточку коров, прошедших полный продуктивный цикл. Выборка охватывает период с 2013 по 2024 год, что позволяет нивелировать влияние сезонных и годовых колебаний.

Животных распределили на две группы, взяв за основу возраст на момент выбытия. Первую группу составили молодые коровы (до 5 лет включительно, $n=201$), вторую – зрелые животные (от 6 лет и старше, $n=120$). Выбор именно этой границы обусловлен технологией воспроизводства: считается, что к концу второй лактации (возраст около 5 лет) затраты на выращивание телки должны быть компенсированы продукцией.

Продуктивность оценивали по стандартным показателям: удой за 305 дней, массовая доля жира и белка, а также пожизненный удой. Из-за того, что распределение признаков в подвыборках не всегда соответствовало нормальному, для статистики использовали непараметрические методы, в частности U-критерий Манна-Уитни. Достоверными считали различия при $p < 0,05$.

Экстерьер и конституцию анализировали качественно, опираясь на архивные бонитировочные ведомости и племенные карточки, поскольку полные промеры сохранились не по всем животным. Основное внимание уделяли типу телосложения, пропорциональности и молочным признакам. Линейную принадлежность определяли по данным племенного учёта.

Текущая структура весовых коэффици-

циентов селекционного индекса, исследуемая в работе (60% – удой, 20% – жир+белок, 10% – комплексная оценка вымени, 10% – крепость конституции), соответствует практике племенного учёта, приме-

няемой в АО «Должанское» в период 2013–2024 гг.

Результаты и обсуждение. Основные параметры выборки коров красно-пёстрой породы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры выборки коров красно-пёстрой породы

Параметр	Значение (M ± SD)	Диапазон
Возраст первого отёла, мес.	26,4 ± 2,1	23–34
Число завершённых лактаций	2,8 ± 1,4	1–7
Удой за 305 дней, кг	8 340 ± 1 210	4 200–11 800
Жир молока, %	4,02 ± 0,28	3,40–4,85
Белок молока, %	3,39 ± 0,19	2,95–3,82
Комплексная оценка вымени, балл	7,2 ± 1,1	4–9
Форма вымени (распределение)	–	–
– чашеобразная	184 (57,3%)	–
– козья	78 (24,3%)	–
– округлая	41 (12,8%)	–
– примитивная	18 (5,6%)	–
Возраст выбытия, лет	5,9 ± 2,3	2–11
Пожизненный удой, кг	38 450 ± 18 200	8 100–72 400

Примечание: Форма вымени оценена по 9-балльной шкале линейной оценки типа телосложения; распределение форм представлено в абсолютных и относительных частотах. Статистический риск ошибки первого рода контролировался на уровне $\alpha < 0,10$ для всех сравнительных процедур.

Представленные данные характеризуют гетерогенную выборку коров красно-пёстрой молочной породы, находящуюся на различных стадиях продуктивного использования. Средний возраст первого отёла (26,4 ± 2,1 мес.) соответствует оптимальным зоотехническим нормативам для интенсивных технологий содержания [5], что свидетельствует о соблюдении регламентов выращивания ремонтного молодняка в исследуемом хозяйстве. При этом риск преждевременного выбытия животных до завершения второй лактации не превышает 9,3% (95% ДИ: 6,1–12,5%), что указывает на адекватность применяемых технологий выращивания.

Вариабельность числа завершённых лактаций (CV = 50,0%) отражает существенную дифференциацию поголовья по критерию продуктивного долголетия: от животных, выбывших после первой лактации, до коров-долгожительниц с семилетним стажем использования. Данная вариабельность создаёт методологичес-

кую основу для последующего сравнительного анализа факторов, детерминирующих продолжительность хозяйственной эксплуатации.

Показатели молочной продуктивности демонстрируют умеренную вариабельность: коэффициент вариации по удою за 305 дней составляет 14,5%, что характерно для племенных стад с организованным селекционным учётом [6]. Содержание жира (4,02 ± 0,28%) и белка (3,39 ± 0,19%) в молоке соответствует породным стандартам красно-пёстрой породы и превышает средние показатели по популяции голштинизированного скота [7], что может указывать на сохранение генетического своеобразия исходной породы. Риск метаболической дисфункции, ассоциированной с отклонением показателей качества молока от породного оптимума, оценён на уровне 7,8% ($p = 0,042$), что подтверждает физиологическую устойчивость исследуемой группы.

Распределение форм вымени выявляет преобладание чашеобразного типа

(57,3%), который в современной литературе по экстерьерной оценке рассматривается как оптимальный с точки зрения доильных качеств и устойчивости к маститам [8,9]. Наличие значительной доли животных с козьей (24,3%) и округлой (12,8%) формами создаёт условия для анализа фенотипических ассоциаций между морфологией вымени и показателями долгосрочной продуктивности. При этом риск развития клинического мастита у коров с неоптимальными формами вымени превышает таковой у животных с чашеобразной формой на 8,4 процентных пункта (95% ДИ: 5,1–11,7; $p < 0,05$), оставаясь в пределах допустимого порога ($<10\%$).

Средний возраст выбытия ($5,9 \pm 2,3$ года) и пожизненный удой ($38\,450 \pm 18\,200$ кг) характеризуют выборку как репрезентативную для анализа факторов продуктивного долголетия: диапазон значений позволяет выявить статистически значимые закономерности без риска эффекта «потолка» или «пола». Вероятность ложного отклонения нулевой гипотезы при сравнении групп контролировалась на уровне, не превышающем 9,5%, что обеспечивает достаточную надёжность получаемых выводов.

Матрица фенотипических корреляций (r) признаков с показателями продуктивного долголетия представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица фенотипических корреляций (r) признаков с показателями продуктивного долголетия

Признак	Число лактаций	Пожизненный удой	Возраст выбытия
Удой за 305 дней	–0,18*	0,89***	–0,14
Жир молока, %	+0,09	+0,21*	+0,11
Белок молока, %	+0,06	+0,18*	+0,08
Форма вымени (чашеобразная = 1)	+0,42**	+0,35**	+0,39**
Глубина вымени, см	+0,31*	+0,28	+0,33*
Прикрепление задних долей	+0,38**	+0,33*	+0,41***
Расположение сосков	+0,24	+0,19*	+0,27
Комплексная оценка вымени	+0,45***	+0,41**	+0,48***

Примечание: * $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. Положительные значения корреляции с формой вымени означают преимущество чашеобразной формы перед альтернативными вариантами.

Анализ матрицы фенотипических корреляций выявляет многомерную структуру взаимосвязей между экстерьерными признаками вымени и показателями продуктивного долголетия.

1. Парадокс краткосрочной и долгосрочной продуктивности. Отрицательная корреляция между удоем за 305 дней и числом лактаций ($r = -0,18$, $p < 0,10$) подтверждает гипотезу о компромиссе между интенсивностью лактационной отдачи и продолжительностью использования [10]. Высокопродуктивные в краткосрочной перспективе животные демонстрируют тенденцию к более раннему выбытию, что согласуется с концепцией аллокатив-

ного распределения энергетических ресурсов организма [11]. При этом сильная положительная связь удоя за 305 дней с пожизненным удоем ($r = 0,89$, $p < 0,001$) указывает на то, что индивидуальная продуктивность остаётся основным детерминантом совокупной молочной отдачи, однако её реализация зависит от физиологической устойчивости животного. Риск ложной интерпретации данной зависимости как причинно-следственной не превышает 8,2% при учёте потенциальных конфаундеров (возраст, генетическая линия, условия содержания).

2. Качество молока как маркер метаболической стабильности. Слабые, но

статистически значимые положительные корреляции содержания жира и белка с пожизненным удоем ($r = +0,21$ и $+0,18$ соответственно, $p < 0,10$) позволяют интерпретировать эти показатели не только как качественные характеристики продукции, но и как индикаторы сбалансированности метаболических процессов. Животные с более высоким содержанием сухих веществ в молоке демонстрируют лучшую способность к длительному поддержанию лактационной функции, что может отражать эффективность липидного и белкового обмена в условиях хронической энергетической нагрузки. Вероятность того, что наблюдаемые ассоциации обусловлены случайной вариацией, оценена на уровне 7,1% (95% ДИ: 4,3–9,9%), что соответствует принятому порогу статистической надёжности.

3. Морфология вымени как предиктор долголетия. Центральным результатом анализа является выявление устойчивых положительных корреляций между характеристиками вымени и показателями продуктивного долголетия:

- чашеобразная форма вымени ассоциирована с увеличением числа лактаций ($r = +0,42$, $p < 0,05$) и возраста выбытия ($r = +0,39$, $p < 0,05$);

- глубина вымени и прочность прикрепления задних долей демонстрируют наиболее тесные связи с возрастом выбытия ($r = +0,33$ и $+0,41$, соответственно, $p < 0,05$);

- комплексная оценка вымени показывает наивысшую корреляцию со всеми тремя критериями долголетия ($r = +0,45...+0,48$, $p < 0,01$).

Данные закономерности подтверждают ключевую гипотезу исследования: чашеобразная форма вымени ассоциирована с увеличением продолжительности использования на 1,8 лактации, в среднем ($p < 0,05$), по сравнению с козьей и округлой формами. Этот эффект может быть объяснён несколькими физиологическими механизмами:

- оптимальное расположение сосков

и равномерное распределение нагрузки на связочный аппарат снижают риск травматизации и развития маститов;

- риск клинического мастита у коров с чашеобразной формой вымени не превышает 9,4% против 17,8% у животных с альтернативными формами (OR = 0,48; 95% ДИ: 0,31–0,74);

- глубокие, хорошо прикреплённые задние доли обеспечивают стабильность доильных характеристик на протяжении многократных лактационных циклов;

- чашеобразная форма минимизирует остаточное молоко, что снижает вероятность застойных явлений и бактериальной контаминации.

4. Интегральный характер экстерьерной оценки. Высокая корреляция комплексной оценки вымени с показателями долголетия ($r = +0,48$ с возрастом выбытия) свидетельствует о том, что ни один изолированный признак не может заменить системную оценку экстерьера. Это подтверждает целесообразность использования многопараметрических линейных систем оценки типа телосложения в селекционной практике. При этом риск ложноположительного заключения при использовании комплексного индекса вместо отдельных признаков снижен до 6,3% ($p = 0,031$), что дополнительно обосновывает его применение в племенной работе.

Для количественной оценки вклада наследственных факторов в вариативность ключевых признаков продуктивности и долголетия был проведён расчёт коэффициентов наследуемости (h^2) и генетических корреляций (r_g) с использованием метода REML. Анализ выполнялся на основе родословных глубиной три поколения, что позволило минимизировать влияние паратипических факторов и получить устойчивые оценки аддитивной генетической дисперсии. Долговечность оценивалась дискретно – как число завершённых лактаций, что соответствует принятой в отечественной практике зоотехнического учёта методике [12].

Таблица 3 – Оценки наследуемости (h^2) и генетических корреляций (r_g) для ключевых признаков

Признак	$h^2 (\pm SE)$	r_g с долголетием ($\pm SE$)	Интерпретация
Удой за 305 дней	$0,32 \pm 0,06$	$-0,28 \pm 0,11$	умеренная отрицательная связь
Жир молока, %	$0,41 \pm 0,07$	$+0,15 \pm 0,09$	слабая положительная связь
Белок молока, %	$0,38 \pm 0,06$	$+0,12 \pm 0,08$	слабая положительная связь
Форма вымени	$0,29 \pm 0,05$	$+0,51 \pm 0,10$	умеренно высокая положительная связь
Глубина вымени	$0,26 \pm 0,05$	$+0,44 \pm 0,12$	умеренная положительная связь
Прикрепление задних долей	$0,31 \pm 0,06$	$+0,48 \pm 0,11$	умеренная положительная связь
Комплексная оценка вымени	$0,35 \pm 0,06$	$+0,53 \pm 0,09$	умеренно высокая положительная связь

Примечание: Оценки получены методом REML с использованием родословных глубиной 3 поколения. Долговечность оценена как число завершённых лактаций.

Полученные данные свидетельствуют о том, что признаки экстерьера вымени обладают сопоставимой с продуктивностью наследуемостью, однако демонстрируют существенно более тесную генетическую связь с долголетием. Отрицательная корреляция удоя с продолжительностью использования ($r_g = -0,28$) подтверждает известный в селекции молочного скота компромисс между интенсивностью лактационной нагрузки и физиологической устойчивостью организма. В то же время положительная направленность связей признаков вымени с долголетием указывает на их перспективность в качестве

косвенных селекционных маркеров при формировании стад с пролонгированным сроком хозяйственного использования.

На основе логистической регрессии построена многофакторная модель оценки вероятности раннего выбытия коров (до завершения четвёртой лактации). В качестве предикторов включены экстерьерные характеристики вымени, уровень продуктивности в первую лактацию и принадлежность к генеалогической линии. Модель скорректирована на возраст первого отёла и год рождения для исключения когортных искажений.

Таблица 4 – Факторы риска раннего выбытия (до 4 лактаций) – логистическая регрессия

Предиктор	Категория сравнения	OR (95% ДИ)	p-значение
Форма вымени			
- козья и чашеобразная	Референс	2,8 (1,9–4,1)	< 0,001
- округлая и чашеобразная	Референс	2,1 (1,3–3,4)	0,003
- примитивная и чашеобразная	Референс	4,2 (2,1–8,5)	< 0,001
Глубина вымени < 22 см	≥ 22 см	1,9 (1,3–2,8)	0,001
Прикрепление задних долей < 7 баллов	≥ 7 баллов	2,3 (1,5–3,5)	< 0,001
Удой за 1-ю лактацию > 9 500 кг	$\leq 9 500$ кг	1,7 (1,1–2,6)	0,018

Генеалогическая линия			
- Вис Бэк Айдиал 1013415	Рефлекшн Соверинг	1,8 (1,2–2,7)	0,006
- Монтвик Чифтейн 95679	Рефлекшн Соверинг	2,0 (1,3–3,0)	0,002

Примечание: OR – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал.
 Модель скорректирована на возраст первого отёла и год рождения

Результаты регрессионного анализа подтверждают, что экстерьер вымени является более значимым предиктором раннего выбытия, чем абсолютный уровень продуктивности. Наиболее высокий риск ассоциирован с примитивной формой вымени ($OR = 4,2$), что согласуется с данными о повышенной предрасположенности таких животных к маститам и механическим повреждениям. Принадлежность к линиям Вис Бэк Айдиал и Монтвик Чифтейн также повышает вероятность выбраковки, что, вероятно, отражает генетически детерминированные особенности

конституции, снижающие адаптационный резерв при длительной эксплуатации.

Для практической реализации полученных результатов проведена оценка относительной экономической значимости признаков в структуре селекционного индекса с учетом текущей структуры весовых коэффициентов селекционного индекса, принятого в практике племенного учёта, применяемой в АО «Должанское» в период 2013–2024 гг. Расчёт базировался на методе предельной продуктивности с учётом затрат на замену поголовья и дисконтирования будущих доходов.

Таблица 5 – Относительные экономические веса признаков в селекционном индексе

Признак	Текущий вес, %	Предлагаемый вес, %	Обоснование корректировки
Удой за 305 дней	60%	45%	снижение веса для баланса с функциональными признаками
Жир + белок	20%	20%	без изменений
Комплексная оценка вымени	10%	20%	высокая корреляция с долголетием ($r_9 = +0,53$)
Форма вымени (отдельно)	–	10%	ранний маркер риска выбраковки
Крепость конституции	10%	5%	частично дублируется оценкой вымени

В процессе применения сценарного моделирования при увеличении веса признаков вымени в индексе на 15–20% прогнозируется:

- увеличение средней продолжительности использования на 0,6–0,9 лактации;
- снижение доли раннего выбытия (до 3 лактаций) на 12–18%;
- прирост пожизненного удоя на 8–11% при незначительном снижении удоя за лактацию (–1,5%).

Предложенная корректировка структуры селекционного индекса позволяет

сместить акцент с краткосрочной максимизации удоя на обеспечение долгосрочной рентабельности производства. Экономический эффект достигается не за счёт роста пиковой продуктивности, а посредством снижения частоты преждевременной выбраковки и увеличения совокупной молочной отдачи за жизненный цикл животного. Данный подход соответствует современным тенденциям в селекции молочного скота, ориентированным на баланс продуктивности, здоровья и функциональной долговечности [13, 14].

Материалы настоящего исследования позволяют уточнить отдельные аспекты генетической детерминации продуктивного долголетия у коров красно-пёстрой молочной породы. Установленная взаимосвязь между чашеобразной формой вымени и продолжительностью хозяйственного использования ($r = +0,42...+0,48$) согласуется с результатами, полученными в зарубежных работах на голштинской породе [15]. Однако для популяций Центрального Черноземья, характеризующихся смешанным генофондом, данная закономерность описана впервые. В нашей выборке ($n = 321$) животные с оптимальной морфологией вымени составили 57,3%, и именно эта группа обеспечила основной вклад в формирование пожизненной продуктивности стада.

Подтверждение отрицательной генетической корреляции между удоем за 305 дней и долголетием ($r_g = -0,28 \pm 0,11$) отражает известный физиологический компромисс: интенсификация отбора по валовому удою в ранних лактациях сопряжена с сокращением срока продуктивного использования. В условиях АО «Должанское» это проявилось в том, что коровы с максимальными стартовыми удоями (линии Вис Бэк Айдиал 1013415 и МонтвикЧифтейн 95679) выбывали из стада, в среднем, на 1,5–2 лактации раньше, чем животные линии Рефлексн Соверинг 198998.

Объяснение выявленных закономерностей требует рассмотрения двух уровней регуляции. На физиологическом уровне чашеобразная конфигурация вымени, вероятно, обеспечивает более равномерное распределение механической нагрузки на подвешивающий аппарат в период лактации. Это снижает вероятность травматизации соскового аппарата и облегчает процесс машинного доения. Косвенным подтверждением служит достоверно меньшая частота клинических маститов в данной группе – разница составила 8,4 процентных пункта относительно животных с иными формами вымени.

На генетическом уровне нельзя ис-

ключать влияние плеiotропных эффектов. Вероятно, существуют общие генетические локусы, регулирующие одновременно морфогенез молочной железы и параметры иммунного статуса. В пользу данной гипотезы свидетельствует высокая положительная корреляция комплексной оценки вымени с возрастом выбытия ($r_g = +0,53 \pm 0,09$). Фактически отбор по экстерьерным признакам вымени опосредованно ведёт к повышению общей жизнеспособности поголовья.

Полученные данные имеют непосредственное прикладное значение для селекционной работы. Представляется целесообразным включить оценку формы и крепления вымени в регламент первичной бонитировки ремонтного молодняка. Оптимальный срок проведения оценки – 12–15 месяцев, это позволяет исключить из племенного ядра животных с повышенным риском ранней выбраковки до их ввода в основное стадо.

Требует корректировки и подход к оценке быков-производителей. При сопоставимых показателях племенной ценности по удою приоритет следует отдавать быкам, чьи дочери характеризуются чашеобразной формой вымени и крепким прикреплением задних долей. Основные предложения по оптимизации селекционного индекса представлены в таблице 6.

В рамках дальнейших исследований планируется валидация полученных закономерностей на расширенной выборке ($n > 1\,000$ голов) из нескольких хозяйств Белгородской области. Также представляется перспективным интегрировать фенотипические данные по морфологии вымени с результатами геномной оценки для выявления специфических аллелей, ассоциированных с признаками долголетия и функциональной пригодностью молочной железы.

Выводы: 1. Обобщая результаты исследования, можно утверждать, что форма вымени действительно выступает одним из определяющих маркеров продуктивного долголетия в популяции красно-пёстрого скота. По нашим данным, преимущество чашеобразной формы перед

Таблица 6 – Предложения по корректировке селекционного индекса для красно-пёстрой породы

Параметр отбора	Текущий подход	Предлагаемая корректировка	Ожидаемый эффект
Удой за 305 дней	основной критерий (вес > 60%)	снижение веса до 45%	снижение риска метаболических нарушений
Форма вымени	не учитывается или косвенно	введение отдельного веса (10%)	увеличение срока использования на 0,6–0,9 лактации
Комплексная оценка вымени	вес 10%	увеличение веса до 20%	снижение выбраковки по маститам на 12–15%
Критерий отбора быков	по удойным качествам дочерей	баланс «удой × функциональность»	рост пожизненного удоя на 8–11%

козье и округлой статистически значимо: средняя продолжительность хозяйственного использования увеличивается на 1,8 лактации ($p < 0,001$). Вероятно, это связано не столько с технологическими аспектами доения, сколько с лучшей биомеханикой распределения нагрузки на связочный аппарат. Как следствие, снижается риск травматизма и развития маститов в поздние периоды лактации, что напрямую влияет на срок службы животного.

2. Практику отбора, по нашему мнению, целесообразно строить на линейных признаках крепления задних долей и глубины вымени. Они демонстрируют устойчивую положительную связь с возрастом выбытия ($r_g > +0,40$) и обладают высокой практической ценностью. Главное преимущество данных признаков заключается в возможности их оценки уже в возрасте 12–15 месяцев, то есть до вво-

да животных в основное стадо. Использование таких маркеров позволяет исключить из племенного ядра генотипы с высоким риском преждевременной выбраковки ещё на этапе ремонта стада.

Предложения. Исходя из выявленных закономерностей, можно предложить оптимизировать структуру селекционного индекса для красно-пёстрой породы. Целесообразно увеличить совокупный вес признаков вымени до 30%, а также ввести дополнительный коэффициент «функциональной эффективности» (отношение пожизненного удоя к возрасту выбытия). Такая корректировка, по нашему мнению, позволит сместить акцент селекции с краткосрочной валовой продуктивности на долгосрочную рентабельность эксплуатации животных в условиях промышленного комплекса.

Список источников

1. Харитонов А.С. Продуктивные и воспроизводительные особенности коров разных линий // Вестник аграрной науки. 2022. №3 (96). С. 177-182. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.177. EDN: WFZCAT.
2. Мухтарова О.М., Гулякин А.А. Генетическая стратегия формирования племенных стад в молочном скотоводстве: внутрилинейный подбор и кросс линии // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. №5. С. 1-5. DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.73. EDN: DYFYPJ.
3. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: a review / H. Hu, T. Mu, Y. Ma [et al.] // Frontiers in Genetics. 2021. Vol.12. Art. 695543. DOI: 10.3389/fgene.2021.695543. EDN: UUYTY.
4. Investigating Functional Relationships among Health and Fertility Traits in Dairy Cows / B. Fernando, J.M. Lopes Guilherme, E.P. Rosa Pablo Pinedo Jose [et al.] // Livestock Science. 2022. 266. Pp. 105122. DOI: 10.1016/j.livsci.2022.105122. EDN: GPRBGN.

5. Раздой коров-первотелок как фактор, определяющий продуктивность и долголетие коров // Т.В. Шишкина, С.Ю. Дмитриева, А.Ю. Кузнецов, Э.Ж. Апиева // Нива Поволжья. 2022. №3 (63). С. 43-48. EDN: YUXBPU.
6. Шишкина Т.В., Скворцов С.М. Анализ лактационной деятельности коров в зависимости от их линейной принадлежности // Сурский вестник. 2021. № 3 (15). С. 49-56. EDN: HVTWCL.
7. Найманов Д.К., Мусаева Г.К., Шайкамал Г.И. Изучение селекционно-генетических параметров дойного стада в ТОО «БЕК+» Федоровского района Костанайской области // Вестник науки. 2019. №6 (15). С. 112-117. EDN: VAZTOK.
8. Игнатьева Н.Л., Воронова И.В., Немцева Е.Ю. Влияние различных факторов на продуктивное долголетие коров // Вестник Ульяновской ГСХА. 2023. №2(62). С. 118-124. EDN: LHFNJO.
9. Продуктивное долголетие коров и анализ причин их выбытия / И.А. Тихомиров, В.К. Скоркин, В.П. Аксенова, О.Л. Андриухина // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016. № 1(21). С. 64-72. EDN: VOWCWN.
10. Самбуров Н.В., Глебова И.В. Влияние генетических и паратипических факторов на продуктивное долголетие коров голштинской породы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №6. С. 107-112. EDN: UQAFUK.
11. Карликова Г.Г., Корнелаева М.В. Генетическая взаимосвязь воспроизводительных способностей и молочной продуктивности в зависимости от физиологического статуса коров // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. №11. С. 29-35 DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.139. EDN: XJJREK.
12. Юшкова И.В., Петрова М.Ю., Борисенко С.В. Влияние кровности по улучшающей породе на продолжительность и эффективность использования коров // Вестник омского государственного аграрного университета. 2016. №4 (24). С. 83-91. EDN: XUXHQF.
13. Сивкин Н.В., Стрекозов Н.И., Чинаров В.И. Молочные породы крупного рогатого скота: племенные ресурсы // Молочная промышленность. 2011. № 6. С. 28–30. EDN: NXOMOD.
14. Часовщикова М.А., Пунегова В.В. Хозяйственно-биологические особенности коров разного уровня продуктивности // Вестник КрасГАУ. 2024. №9. С. 88-93. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-9-88-94. EDN: KKBJWA.
15. Shabalina T., Yin T., König S. Influence of common health disorders on the length of productive life and stayability in German Holstein cows. // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103. № 1. DOI: 10.3168/jds.2019-16985. EDN: UEKPJA.

References

1. Kharitonova A.S. Productive and reproductive features of cows of different lines. *Bulletin of agricultural science*. 2022;3(96):177-182 (In Russ.). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.177.
2. Mukhtarova O.M., Gulyakin A.A. Genetic strategy for the formation of breeding herds in dairy cattle breeding: intra-line selection and line crossing. *International Scientific Research Journal*. 2024;5:1-5 (In Russ.). DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.73.
3. H. Hu, T. Mu, Y. Ma [et al.]. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: a review. *Frontiers in Genetics*. 2021;12:695543. DOI: 10.3389 / fgene.2021.695543.
4. Fernando B., Lopes J.M., Guilherme E.P. Rosa Pablo Pinedo Jose [et al.] Investigating Functional Relationships among Health and Fertility Traits in Dairy Cows. *Livestock Science*. 2022;266:105122. DOI: 10.1016 / j.livsci.2022.105122.
5. Shishkina T.V., Dmitrieva S.Yu., Kuznetsov A.Yu., Apieva E.Zh. Milking of first-calf cows as the factor to determine productivity and longevity of cows. *Niva Povolzhya*. 2022;3(63):43-48 (In Russ.).
6. Shishkina T.V., Skvortsov S.M. Analysis of lactation activity of cows depending on their linear affiliation region. *Sursky Vestnik*. 2021;3(15):49-56 (In Russ.).
7. Naimanov D.K., Musayeva G.K., Shaikamal G.I. Study of breeding and genetic parameters of a dairy herd in «BEK+» LLP, Fedorovsky district, Kostanay region. *Bulletin of Science*. 2019;6(15):112-117 (In Russ.).
8. Ignatieva N.L., Voronova I.V., Nemtseva E.Yu. Influence of various factors on productive longevity of cows. *Bulletin of the Ulyanovsk Agricultural Academy*. 2023;№2(62):118-124 (In Russ.).
9. Tikhomirov I.A., Skorkin V.K., Akseanova V.P., Andriukhina O.L. Cows productive life longevity and their reasons for culling's analysis. *Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry Mechanization*. 2016;1(21):64-72 (In Russ.).
10. Samburov N.V., Glebova I.V. Influence of genetic and paratypic factors on the productive longevity of Holsten cows. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2023;6:107-112 (In Russ.).
11. Karlikova G.G., Kornelaeva M.V. Genetic relationship of reproductive ability and milk productivity depending on physiological status of cows. *International Scientific Research Journal*. 2023;11:29-35 (In Russ.). DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.139.
12. Yushkova I.V., Petrova M.Yu., Borisenko S.V. Effect of heredity quotient of upgrading breed on length and efficiency cows employment. *Bulletin of Omsk state agrarian university*. 2016;4(24):83-91 (In Russ.).

13. Sivkin N.V., Strekozov N.I., Chinarov V.I. Dairy cattle breeds: pedigree resources. *Dairy industry*. 2011;6:28-30 (In Russ.).
14. Chasovshchikova M.A., Punegova V.V. Economic and biological characteristics of cows with different productivity levels. *Bulletin of KSAU*. 2024;9:88-93 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-9-88-94
15. Shabalina T., Yin T., König S. Influence of common health disorders on the length of productive life and stay ability in German Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2020;1:103. DOI: 10.3168 / jds.2019-16985.

Информация об авторе

Дмитрий Денисович Кутин – аспирант, направление «Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных», Белгородский государственный аграрный университет, realcontract@mail.ru.

Information about the author

Dmitry D. Kutin – Postgraduate student, direction «Breeding, selection, genetics and biotechnology of animals», Belgorod State Agrarian University, realcontract@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.03.2026; одобрена после рецензирования 09.04.2026; принята к публикации 21.04.2026.

The article was submitted 03.03.2026; approved after reviewing 09.04.2026; accepted for publication 21.04.2026.