

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 1. С. 27-42.  
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 1. P. 27-42.

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА

Научная статья  
УДК 636.082:636.2.034  
doi: 10.33284/2658-3135-109-1-27

**Разработка селекционных индексов для оценки племенной ценности быков-производителей по признакам экстерьера дочерей**

**Александр Федорович Контэ<sup>1</sup>, Игорь Сергеевич Недашковский<sup>2</sup>, Александр Александрович Сермягин<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», Санкт-Петербург, Тярлево, Россия

<sup>1</sup>alexandrconte@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4877-0883>

<sup>2</sup>nedashkovsky\_is@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0487-4576>

<sup>3</sup>alex\_sermyagin85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1799-6014>

**Аннотация.** Разработана комплексная система оценки племенной ценности быков-производителей черно-пестрой и голштинской пород по признакам и недостаткам экстерьера их дочерей-первотелок (n=110801). При помощи программы REMLF90 были получены цифровые значения генетических вариантов и коварианс исследуемых признаков животных, а оценку прогноза племенной ценности быков осуществляли с использованием итеративного метода Гаусса-Зейделя (порог точности (сходимости) уравнения модели –  $9 \times 10^{-11}$ ). Особое внимание следует обратить на высокую частоту встречаемости отдельных недостатков экстерьера: мягкие бабки (32,35 %), размет передних ног (7,39 %), высокий хвост (17,11 %), а также косое дно вымени (13,33 %), дополнительные соски (6,66 %) и атрофия долей вымени (4,09 %). Относительно анализа генетических корреляций между признаками экстерьера и их недостатками у коров, то здесь наиболее значимые корреляционные связи наблюдаются у недостатка «мягкие бабки», который демонстрирует сильную положительную корреляцию с высотой животного ( $r=0,48$ ) и глубиной туловища ( $r=0,26$ ), а также отрицательную связь с углом задних ног ( $r=-0,34$ ). Недостатки вымени, такие как «косое дно вымени» и «раздвоенные соски», обладают умеренными положительными связями с признаками, характеризующими вымя. Разработанная система селекционных индексов позволяет эффективно оценивать племенную ценность животных, учитывая, как признаки, так и недостатки экстерьера. Неоднородность популяции по показателям индекса создает хорошие предпосылки для совершенствования стада путем целенаправленного отбора. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости усиления селекционной работы по устранению наиболее часто встречаемых недостатков экстерьера при сохранении и относительном положительном развитии отдельных признаков телосложения.

**Ключевые слова:** быки-производители, черно-пестрая порода, голштинская порода, экстерьер, недостатки экстерьера, селекционный индекс, племенная ценность, EBV

**Благодарности:** работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2023-2026. гг. ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (№ 124020200029-4; FGGN-2024-0013).

**Для цитирования:** Контэ А.Ф., Недашковский И.С., Сермягин А.А. Разработка селекционных индексов для оценки племенной ценности быков-производителей по признакам экстерьера дочерей // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 1. С. 27-42. [Conte AF, Nedashkovsky IS, Sermyagin AA. Development of selection indices for assessing the breeding value of sires based on the exterior traits of their daughters. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(1):27-42. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-1-27>

BREEDING, SELECTION, GENETICS

Original article

**Development of selection indices for assessing the breeding value of sires based on the exterior traits of their daughters**

**Alexander F Conte<sup>1</sup>, Igor S Nedashkovsky<sup>2</sup>, Alexander A Sermyagin<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia

<sup>3</sup>Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the LK Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Tyarlevo, Russia

<sup>1</sup>alexandrconte@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4877-0883>

<sup>2</sup>nedashkovsky\_is@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0487-4576>

<sup>3</sup>alex\_sermyagin85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1799-6014>

**Abstract.** A comprehensive system for assessing the breeding value of Black-and-White and Holstein sires based on the conformation traits and defects of their first-calf daughters (n=110,801) was developed. The REMLF90 program was used to obtain digital values of the genetic variances and covariances of the studied animal traits, and the predicted breeding value of bulls was calculated using the iterative Gauss-Seidel method (the accuracy (convergence) threshold of the model equation was  $9 \times 10^{-11}$ ). Particular attention should be paid to the high incidence of certain conformation defects: soft pasterns (32.35%), front leg spacing (7.39%), high tail (17.11%), as well as oblique bottom of the udder (13.33%), additional nipples (6.66%), and udder lobe atrophy (4.09%). Regarding the analysis of genetic correlations between conformation traits and their deficiencies in cows, the most significant correlations are observed for the "soft pasterns" defect, which demonstrates a strong positive correlation with animal height ( $r = 0.48$ ) and body depth ( $r = 0.26$ ), as well as a negative correlation with hind leg angle ( $r = -0.34$ ). Udder deficiencies, such as "slanted udder bottom" and "forked nipples", exhibit moderate positive correlations with udder traits. The developed system of selection indices enables the effective assessment of the breeding value of animals, taking into account both conformation traits and deficiencies. Population heterogeneity in terms of index indicators creates favorable conditions for herd improvement through targeted selection. The obtained results indicate the need for intensified breeding efforts to eliminate the most common conformation deficiencies while maintaining and relatively positively developing individual conformation traits.

**Keywords:** sires, Black-and-White breed, Holstein breed, exterior, exterior defects, selection index, breeding value, EBV

**Acknowledgments:** the work was supported in accordance to the plan of research works for 2023-2026 L.K. Ernst Federal Research Center Directorate (No. 124020200029-4; FGGN-2024-0013).

**For citation:** Conte AF, Nedashkovsky IS, Sermyagin AA. Development of selection indices for assessing the breeding value of sires based on the exterior traits of their daughters. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(1):27-42. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-1-27>

**Введение.**

В современной зоотехнической практике программы селекции в различных странах мира пересматривают принципы отбора, смещая акцент на комплексные оценочные индексы. Такие индексы интегрируют как прямые, так и опосредованные экономически значимые показатели, в числе которых – конституциональные особенности животных, репродуктивная их способность и общее состояние здоровья (Cole JB et al., 2021).

В разных странах, таких как Австралия, Новая Зеландия и Нидерланды, косвенные показатели эффективности кормления включены в индексы отбора, включая живую или прогнозируемую живую массу, оценку телосложения, а в декабре 2020 года Канадская ассоциация голштинской породы по просьбе заводчиков начала регистрировать и генетические оценки (Brito LF et al., 2020; Fleming A and van Doormaal BJ, 2020).

Классификация молочных коров – это давно устоявшаяся практика, помогающая производителям принимать решения о спаривании и выбраковке. Она фокусируется на отборе более здоровых, продуктивных и фертильных животных для более длительного хозяйственного использования на основе их признаков телосложения (Alcantara LM et al., 2022). В рамках совершенствования системы оценки и отбора быков–производителей по качеству потомства осуществляется конструирование модели комплексного селекционного индекса, который интегрирует ключевые показатели, определяющие экономическую эффективность молочного скотоводства. Разрабатываются усовершенствованные алгоритмы расчета частных индексов, нацеленные на эффективность селекции молочного скота и соответствие его мировым стандартам, в частности, предусматривается корректировка показателей удоев молока с учетом возраста животных. Особое внимание уделено совершенствованию методики расчета индекса экстерьера дочерей (ИЭ), которая теперь базируется на 100-балльной оценке по трем группам признаков: общий вид и развитие, состояние конечностей и вымени. Кроме того, внедрен индекс продолжительности хозяйственного использования дочерей (ИПХИ), применение которого ограничено быками, имеющими не менее 50 дочерей в разных стадах, завершивших три и более лактации. При проведении всех расчетов обязательно учитывается сезон отела, дифференцированный на два периода: май–октябрь и ноябрь–апрель (Коронец И.Н. и др., 2015).

В ходе исследований по индексной селекции на базе племенного завода «Родина» (Агро–Волга, Вологодская область) с использованием селекционно–генетических параметров коров–первотелок были разработаны индексы желательного типа, отличительной чертой которых стало включение показателей воспроизводительной способности – коэффициента воспроизводства (КВ) и индекса плодовитости (Т) – в качестве параметра плодовитости. Апробация индексов показала, что отбор 70 % коров–первотелок, лучших по индексу желательного типа  $Y_g$ , приводит к достоверному увеличению молочной продуктивности (удой составил 4002 кг, что на 210 кг выше исходной группы при  $p \leq 0,01$ ) и улучшению качественных показателей молока (массовая доля жира возросла до 3,96 %, что на 0,06 % выше исходного показателя жирности при  $p \leq 0,001$ ). При этом коровы, отобранные по  $Y_g$ , продемонстрировали высокие показатели плодовитости (КВ=61,8 %, Т=47,6) при практически равном с другими группами возрасте первого отела (26,2 мес.). Аналогичные положительные результаты получены при отборе 70 % коров–первотелок в племенное ядро стада по индексу  $I_g$ : удой достиг 4070 кг (на 278 кг выше при  $P \leq 0,001$ ), а массовая доля жира составила 3,94 % (на 0,04 % выше исходной группы при  $P \leq 0,01$ ), что подтверждает эффективность применения данных индексов для комплексного улучшения продуктивных и воспроизводительных качеств молочного скота (Гавриленко В.П. 2018).

В результате анализа данных по молочной продуктивности и воспроизводительным качествам 65753 коров–первотелок (период лактации – 2002–2020 гг., включены данные 8 регионов РФ: Вологодская, Ленинградская, Кировская области, Республики Коми и Карелия, а также Центральный, Сибирский и Южный федеральные округа) установлено, что коровы группы  $SIA YR > 4000$  ( $n=14\ 619$ ) демонстрируют достоверно более высокие показатели по сравнению с группами  $0 \leq SIA YR \leq 4000$  ( $n=31\ 318$ ) и  $SIA YR < 0$  ( $n=19\ 816$ ): удой за 305 дней первой лактации составил 7324 кг, что превышает значения двух других групп на 773 кг и 960 кг соответственно ( $P \leq 0,001$ ); выход жира достиг 302,0 кг, белка – 242,5 кг, что выше на 32,2 кг и 26,5 кг по сравнению с группой  $0 \leq SIA YR \leq 4000$  и на 35,4 кг и 32,0 кг – в сравнении с группой  $SIA YR < 0$  при том же уровне значимости ( $P \leq 0,001$ ). Расчет проведен с использованием индекса  $SIA YR$  на основе стандартных процедур нормального распределения по указанным группам. Анализ абсолютной продуктивности при различном уровне селекционного давления показал: при отборе 70 % прогнозируемый селекционный эффект по удою за поколение составляет +124 кг. При повышении давления до 30 % эффект более чем удваивается и достигает +280 кг ( $P \leq 0,001$ ); при жестком отборе (10 %) в племенное ядро среднее значение удоя возрастает до  $7797 \pm 15,3$  кг, а селекционный эффект составляет +452 кг за поколение (или +90 кг в год) при той же значимости ( $P \leq 0,001$ ) (Романова Е.А. и Тулинова О.В., 2024).

Исследования, проведенные в Омской области на поголовье коров джерсейской породы, установили, что индекс генотипа у всех животных превышал 100 единиц, что свидетельствует о высокой племенной ценности родительского стада. При детализации показателей индекса продуктивности выявлено: 2,3 % коров первой лактации имели значение менее 80 единиц; 48,8 % животных получили оценку в диапазоне 100–119 единиц; максимальные значения (120 единиц и выше) зафиксированы у 22,8 % поголовья. Анализ показал, что коровы с племенной ценностью 120 единиц и более по комплексному селекционному индексу характеризовались максимальной обильномолочно-

стью за первую лактацию – их удой превышал показатель сверстниц с оценкой менее 80 единиц на 3847 кг (или на 104 %). Для большинства коров (с индексом 80-99 единиц) средний удой составил 5432 кг, что соответствует общему показателю по стаду. Селекционный дифференциал подтвердил преимущество коров селекционной группы по удою относительно среднего уровня по стаду – разница достигла 1805 кг, что демонстрирует эффективность отбора по комплексному индексу. Для формирования селекционной группы рекомендуется отбирать животных с выраженными молочными формами, правильным экстерьером и племенной ценностью не ниже 100 единиц по комплексному селекционному индексу; такой подход обеспечивает селекционный дифференциал по обильномолочности на уровне +1805 кг (или 33,2 %) (Иванова И.П. и Юрченко Е.Н., 2022).

В условиях племенного репродуктора АО «Тубинск» (Краснотуранский район, Красноярский край) осуществлен комплексный анализ применения продуктивно-технологического индекса на выборке из 501 коровы, дифференцированной в зависимости от лактаций: 380 животных – первой, 75 – второй и 46 – третьей. В рамках исследования разработана формула расчета указанного индекса, позволившая проследить динамику зоотехнических показателей. Установлено, что молочная продуктивность закономерно возрастала с 6340 до 7028 кг, при этом биохимический состав молока демонстрировал стабильность: массовая доля жира варьировала в диапазоне 4,15-4,20 %, белка – 3,14-3,16 %. Экстерьерные признаки первотелок (высота в холке – 135 см, глубина груди – 77,2 см, косая длина туловища – 147 см, обхват груди за лопатками – 192 см) соответствовали породным стандартам. Морфофункциональные изменения с возрастом проявлялись в увеличении глубины груди, что обусловило снижение индекса длинноности с 42,7 до 42,0 и одновременный рост индекса сбитости до 132 за счет прироста признака обхвата груди. Анализ выявил тенденцию к умеренному снижению продуктивно-технологического индекса с 4,71 до 4,52, что дает перспективы для прогнозирования племенной ценности животных. На основании полученных данных сформирована градация структурного деления стада: селекционная группа (индекс  $\geq 5,01$ ), первая производственная (4,01-5,00), вторая производственная (3,51-4,00) и группа выранных ( $\leq 3,50$ ). Статистический анализ распределения показал, что среди первотелок 37,6 % соответствовали селекционному стандарту, 38,2 % – критериям первой производственной группы, тогда как доля животных, подлежащих выранным, прогрессивно увеличилась к третьей лактации до 15,2 % (Алексеева Е.А., 2023).

Исследованиями на 574 первотелках айрширской породы – дочерями 21 быка ведущего племенного хозяйства Ленинградской области с использованием полифакторного селекционного индекса IAYR, включающего в себя признаки продуктивности, такие как удой, выход жира и белка, и интегрированные показатели экстерьера: индекс вымени UDC и индекс ног FLC установлена наибольшая фенотипическая взаимосвязь между удоем и выходом жира  $r=0,912$  при  $p<0,001$ , а наивысшая генетическая взаимосвязь между удоем и выходом белка  $r_g=0,960$  при  $p<0,001$ . В процессе исследования проведен расчет фенотипических и генетических корреляций, который выявил высокое значение коэффициента наследуемости по удою, который составил  $h^2=0,506$ , что связано с использованием для воспроизводства стада импортных производителей с высоким генетическим потенциалом. В ходе проведения селекционного моделирования при интенсивности отбора на уровне 10 % с применением расчетного уравнения продуктивно-экстерьерного индекса IAYR выявлено статистически достоверное превосходство отобранной группы животных по ключевым показателям молочной продуктивности: прирост удою составил 1899 кг в сравнении с остальными особями выборки, при этом наблюдался значимый прирост и по качественным характеристикам молока – выход молочного жира увеличился на 64,7 кг, а выход белка – на 51,7 кг, что подтверждает высокую прогностическую ценность используемого индекса для оптимизации селекционного процесса в молочном скотоводстве (Романова Е.А. и Тулинова О.В., 2021).

В ходе ранее проведенных нами исследований на популяции первотелок черно-пестрой породы из Московской области ( $n=10492$ ), характеризующейся средним удоем 7000 кг за первую лактацию при удовлетворительных показателях жирномолочности и белкомолочности, выявлена специфическая структура взаимосвязей между основными селекционными признаками: установлено, что массовые доли жира и белка, демонстрируя положительную корреляцию между собой, обнаруживают выраженную отрицательную зависимость от уровня удою (коэффициенты корреляции – от -0,4 до -0,5). Анализ варибельности селекционного индекса ETI показал, что его значения существенно изменяются в зависимости от распределения весовых коэффициентов признаков. В частности, при равнозначной весомости всех показателей наблюдается наибольшая разница между

экстремальными значениями индекса. Максимальная дифференциация животных по индексу зафиксирована в варианте, где удельный вес молочной продуктивности составляет 50 % от общего селекционного веса. Полученные данные свидетельствуют о том, что достижение оптимального селекционного эффекта возможно лишь при комплексном учете всей совокупности значимых признаков посредством селекционного индекса. Это позволяет утверждать следующее: рассматриваемые показатели при сбалансированном соотношении весовых коэффициентов играют ключевую роль в комплексной оценке племенной ценности животных, вследствие чего их необходимо приоритетно учитывать при планировании и реализации селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве (Контэ А.Ф. и др., 2023; Контэ А.Ф. и Недашковский И.С., 2024).

В рамках прошлых исследований на выборке из 170 оцененных быков-производителей были нами определены весовые коэффициенты ( $I_1=0,130$ ;  $I_2=0,286$ ;  $I_3=0,496$ ;  $I_4=0,088$ ), дифференцированные в соответствии с основными причинами выбытия животных. Анализ распределения по категориям относительной племенной ценности (RBV) выявил, что среди 16 быков с индексом свыше 120 единиц 14 отнесены к категории «++» и 16 – к категории «+». При этом подавляющее большинство животных (около 88 %) демонстрируют селекционный индекс в диапазоне 70-120 единиц, они характеризуются нейтральностью по 3-17 признакам, однако среди них выявлено 40 особей с высокой категорией «++». Статистический анализ корреляционных связей показал существенную зависимость ( $r=0,35-0,48$ ) между оценками ключевых экстерьерных признаков туловища (высота, глубина туловища, положение и ширина зада) и значимую взаимосвязь ( $r=0,38-0,56$ ) между признаками вымени (глубина вымени, расположение передних сосков, длина сосков). Полученные данные убедительно подтверждают возможность эффективного формирования селекционного ядра на основе комплексного анализа морфофункциональных признаков, что создаёт предпосылки для целенаправленного совершенствования типа телосложения молочного скота в рамках долгосрочной селекционной работы (Контэ А.Ф. и др., 2019).

#### **Цель исследования.**

Разработка комплексной системы оценки племенной ценности быков-производителей черно-пестрой и голштинской пород по признакам и недостаткам экстерьера их дочерей-первотелок.

#### **Материалы и методы исследований.**

**Объект исследования.** Быки-производители (2111 гол.) и первотелки (110747 гол.) черно-пестрой и голштинской пород.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

**Схема эксперимента.** Основной акцент исследований был сделан на комплексную оценку племенной ценности производителей через анализ признаков и недостатков экстерьера их потомства. Оценка экстерьера животных проводилась по методике НП «Мосплеинформ» с использованием 100-балльной системы, включающей оценку общего развития, конечностей и вымени. Линейная оценка проводилась по 17 признакам и недостаткам экстерьера.

Для математической обработки данных применялся программный комплекс REMLF90, позволяющий рассчитать генетические варианты и ковариансы признаков с использованием метода ограниченного максимального правдоподобия. Оценка племенной ценности быков проводилась итеративным методом Гаусса-Зейделя с высоким порогом точности ( $\epsilon=9 \times 10^{-11}$ ).

В ходе исследования проводился комплексный анализ, включающий: оценку фенотипических показателей; расчет генетических параметров; анализ корреляционных связей между признаками; построение селекционных индексов; определение весовых коэффициентов для различных групп признаков.

Особое внимание уделялось выявлению недостатков экстерьера и их взаимосвязи с основными признаками телосложения. Все измерения и оценки проводились в стандартных производственных условиях хозяйств с соблюдением общепринятых зоотехнических требований к проведению бонитировки животных.

**Статистическая обработка.** Математическая структура селекционного индекса представлена линейным уравнением:

$$I = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n, \quad (1)$$

где:  $x_n$  – количественная оценка племенной ценности  $j$ -го признака.

$a_i$  – весовой коэффициент  $j$ -го признака, отражающий его относительный вклад в общую племенную ценность и определяемый на основе статистического анализа;

Для оценки генетических вариантов и коварианс исследуемых признаков применялся вычислительный алгоритм REMLF90, реализующий метод ограниченного максимального правдоподобия. Расчет строился на скалярном представлении смешанной линейной модели:

$$y = \mu + Xb + Zu + e, \quad (2)$$

где:  $y$  – вектор наблюдаемых фенотипических значений изучаемого признака (каждый элемент соответствует индивидуальному измерению);

$\mu$  – популяционная средняя (константа);

$X$  – матрица, кодирующая фиксированные эффекты (систематические, контролируемые факторы среды);

$b$  – вектор оценок фиксированных эффектов;

$Z$  – матрица инцидентий, связывающая наблюдения со случайными эффектами;

$u$  – вектор случайных генетических эффектов (например, племенных значений);

$e$  – вектор остаточных ошибок (случайные отклонения, не объясненные моделью).

При расчете значений компонентов вариантов между признаками учитывалось число степеней свободы с учетом оценки фиксированных эффектов. Расчеты осуществляли в программе REMLF90. Для анализа генетических и фенотипических корреляций применена однопризнаковая модель (single traits model). В математическом виде представлена обратной ковариационной матрицей:

$$\left( \text{Var} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_t \end{bmatrix} \right)^{-1} = G_0^{-1} \otimes A^{-1} = \begin{bmatrix} g^{11}A^{-1} & \dots & g^{1t}A^{-1} \\ \dots & \vdots & \dots \\ g^{t1}A^{-1} & \dots & g^{tt}A^{-1} \end{bmatrix}, \text{ где } G_0^{-1} = \begin{bmatrix} g^{11} & \dots & g^{1t} \\ \dots & \vdots & \dots \\ g^{t1} & \dots & g^{tt} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где:  $a_{11}$ ,  $a_{12}$ ,  $a_{tt}$  – признаки 1, 2 или  $t$  признаков;

$G_0$  – ковариационная матрица между учитываемыми признаками;

$A$  – аддитивная матрица родства;

$g^{ii}$  – блок матрицы соответствующий признаку  $i$ ;

$g^{ij}$  – блоки матрицы описывающие взаимодействие признаков  $i$  и  $j$  (Junqueira VS et al., 2022).

Для получения наилучших линейных несмещенных оценок вариантов, коварианс и прогнозных значений племенной ценности быков использован итеративный метод Гаусса-Зейделя. Алгоритм сходится при достижении порога точности  $\varepsilon=9 \times 10^{-11}$ , что обеспечивает высокую надежность оценок. Итерационная схема имеет вид:

$$x_i^{(n+1)} = x_i^{(n)} + \frac{b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}x_j^{(n+1)} - \sum_{j=i+1}^m a_{ij}x_j^{(n)}}{a_{ii}}, \quad (4)$$

где:  $x_i$ ,  $x_j$  – искомые элементы системы уравнения (результаты), при условии  $\left\| x^{(n+1)} - x^{(n)} \right\| \leq \varepsilon$  где  $\varepsilon$  – величина сходимости,  $n$  – раунды итерации;

$b_i$  – наблюдаемая величина признака;

$a_{ij}$ ,  $a_{ii}$  – внедиагональные и диагональные элементы левой части уравнения смешанной модели (Xavier A and Habier D, 2022).

На основе полученных вариационных компонентов был произведен расчет параметров генетической изменчивости между признаками и наследуемости, а также оценка влияния паратипических факторов.

Коэффициент наследуемости рассчитывали по формуле (5):

$$h^2 = (4 \times \sigma_{ge}^2) / (\sigma_{gen}^2 + \sigma_{ph}^2), \quad (5)$$

где:  $\sigma_{ge}^2$  – генетическая вариация;

$\sigma_{ph}^2$  – фенотипическая вариация.

#### Результаты исследований.

Проведенный нами анализ экстерьерных признаков коров-первотелок черно-пестрой и голштинской пород позволил нам сделать комплексную оценку их телосложения (табл. 1).

Таблица 1. Признаки экстерьера коров-первотелок черно-пестрой и голштинской пород  
Table 1. Exterior characteristics of first-calf cows of the Black-and-White and Holstein breeds

Признаки / Traits	Среднее значение и стандартная ошибка, балл / Mean value and standard error, point	Стандартное отклонение / Standard deviation	Экссесс / Kurtosis	Асимметричность / Asymmetry
<b>Система «А» / System «A»</b>				
Молочный тип / Angularity	80,3±0,008	2,60	0,99	-0,23
Туловище / Body depth	80,3±0,008	2,59	0,56	-0,34
Конечности / Legs and feet	78,6±0,008	2,57	1,73	-0,61
Вымя / Mammary	80,1±0,008	2,52	2,54	-0,60
<b>Система «Б» / System «B»</b>				
Высота / Stature	5,4±0,004	1,42	0,27	0,54
Глубина туловища / Body depth	6,2±0,003	1,06	0,04	-0,20
Положение зада / Rump angle	4,9±0,004	1,37	-0,43	-0,09
Ширина зада / Rump width	5,4±0,003	1,10	-0,21	0,00
Угол задних ног сбоку / Rear legs set	4,9±0,004	1,20	-0,08	0,01
Высота пятки / Foot angle	4,9±0,004	1,40	-0,38	0,07
Постановка задних ног (вид сзади) / Rear legs rear view	5,2±0,004	1,31	-0,50	0,07
Прикрепление передних долей / Fore udder attachment	6,0±0,004	1,24	-0,17	-0,37
Высота задних долей / Rear udder height	6,5±0,003	1,05	0,14	-0,43
Центральная связка / Central ligament	5,8±0,004	1,24	-0,06	-0,36
Глубина вымени / Udder depth	6,3±0,004	1,17	0,97	-0,71
Расположение передних сосков / Front nipple placement	4,5±0,003	1,08	-0,04	0,09
Длина сосков / Nipple length	4,9±0,004	1,19	0,09	0,31
Крепость / Chest width	5,4±0,004	1,18	-0,44	-0,26
Молочный тип / Angularity	6,3±0,003	1,01	0,11	-0,46
Длина передних долей / Length udder attachment	5,3±0,003	1,15	-0,23	-0,14
Скакательный сустав (вид сзади) / Hock development	4,6±0,003	1,14	0,04	0,32

Средний балл по системе «А» для молочного типа составляет 80,3 балла, что может свидетельствовать о более выраженной типичности животных молочному направлению продуктивности. Такие признаки как туловище (80,3) и вымя (80,1) находятся практически на одинаковом уровне, что указывает на гармоничное развитие этих частей тела.

Что касается статистического анализа исследуемых данных, то здесь наблюдается умеренная вариабельность признаков. Стандартное отклонение для основных показателей колеблется в пределах 2,5-2,6 баллов, что говорит о достаточной однородности выборки. Значения эксцесса и асимметричности находятся в допустимых пределах, что подтверждает репрезентативность полученных данных.

Относительно признаков системы «Б» выявлены следующие особенности: вымя характеризуется отличным развитием задних долей, хорошим прикрепление передних долей и достаточной глубиной, а также хорошей выраженностью центральной связки. Туловище же животных обладает хорошей глубиной, достаточной шириной зада и оптимальной высотой.

В целом же по двум системам оценки можно увидеть следующее, что животные обладают ярко выраженным молочным типом, хорошо развитым выменем и гармоничным телосложением.

Проведенный анализ встречаемости недостатков экстерьера у коров-первотелок черно-пестрой и голштинской пород демонстрирует высокую частоту встречаемости некоторых недостатков экстерьера (табл. 2).

Таблица 2. Встречаемость недостатков экстерьера у коров-первотелок черно-пестрой и голштинской пород

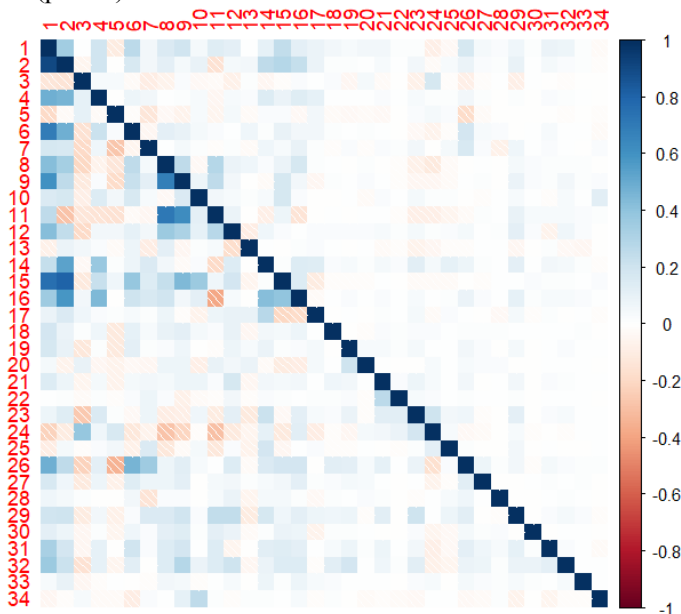
Table 2. Prevalence of exterior defects in first-calf cows of the Black-and-White and Holstein breeds

Недостатки / <i>Exterior defects</i>	Встречаемость / <i>Frequency, %</i>
Мягкая спина / <i>soft back</i>	1,45
Горбатая спина / <i>humped back</i>	1,37
Слабая поясница / <i>weak loin</i>	1,60
Крыловидные лопатки / <i>winged shoulders</i>	2,25
Перехват за лопатками / <i>narrowing behind the shoulders</i>	0,83
Крышеобразный зад / <i>roof-shaped hindquarters</i>	6,98
Высокий хвост / <i>high tail set</i>	17,11
Размет передних ног / <i>splay-footed front legs</i>	7,39
Мягкие бабки / <i>weak pasterns</i>	32,35
Большая межкопытная щель / <i>wide interdigital cleft</i>	0,74
Бочкообразная постановка задних ног / <i>barrel-shaped rear leg placement</i>	0,30
Косое дно вымени / <i>slanted udder floor</i>	13,33
Раздвоенные соски / <i>split nipples</i>	0,19
Сближенные задние соски / <i>close-set rear nipples</i>	2,89
Дополнительные соски / <i>supernumerary nipples</i>	6,66
Неправильная форма сосков / <i>abnormal teat conformation</i>	0,49
Атрофия долей вымени / <i>udder quarter atrophy</i>	4,09

Крайне высоким процентом встречаемости обладает недостаток мягкие бабки (32,35 %), что может напрямую влиять на продуктивное долголетие животных. Значительным процентом встречаемости отличается также размет передних ног и высокий хвост.

Особое внимание следует также обратить на недостатки, относящиеся к вымени: 13,33 % коров имеют косое дно вымени, 6,66 % – дополнительные соски, 4,09 % – атрофия долей вымени. Эти показатели негативно сказываются на приспособленности животных к машинному доению и могут отрицательно влиять на молочную продуктивность. Менее выражены, но также заслуживают внимания такие недостатки, как слабая поясница, крыловидные лопатки и крышеобразный зад.

Анализ корреляционных связей экстерьерных признаков коров показывает наличие как сильных, так и слабых взаимосвязей между различными признаками и недостатками экстерьера исследуемых животных (рис. 1).



Примечание: Выше диагонали фенотипические корреляции, ниже – генетические; (1 – высота; 2 – глубина туловища, 3 – положение зада; 4 – ширина зада; 5 – угол задних ног сбоку; 6 – высота пятки; 7 – постановка задних ног сзади; 8 – прикрепление передних долей вымени; 9 – высота задних долей вымени; 10 – центральная связка; 11 – глубина вымени; 12 – расположение передних сосков; 13 – длина передних сосков; 14 – крепость; 15 – молочный тип; 16 – длина передних долей вымени; 17 – скакательный сустав сзади; 18 – мягкая спина; 19 – горбатая спина; 20 – слабая поясница; 21 – крыловидные лопатки; 22 – перехват за лопатками; 23 – крышеобразный зад; 24 – высокий хвост; 25 – размет передних ног; 26 – мягкие бабки; 27 – большая межкопытная щель; 28 – бочкообразная постановка задних ног; 29 – косое дно вымени; 30 – раздвоенные соски; 31 – сближенные задние соски; 32 – дополнительные соски; 33 – неправильная форма сосков; 34 – атрофия долей вымени).

Note: Above the diagonal are phenotypic correlations, below are genetic ones; (1 – stature; 2 – body depth, 3 – rump angle; 4 – rump width; 5 – rear legs set; 6 – foot angle; 7 – rear legs rear view; 8 – fore udder attachment; 9 – rear udder height; 10 – central ligament; 11 – udder depth; 12 – front nipple placement; 13 – nipple length; 14 – chest width; 15 – angularity; 16 – length udder attachment; 17 – hock development; 18 – soft back; 19 – humped back; 20 – weak loin; 21 – winged shoulders; 22 – narrowing behind the shoulders; 23 – roof-shaped hindquarters; 24 – high tail set; 25 – splay-footed front legs; 26 – weak pasterns; 27 – wide interdigital cleft; 28 – barrel-shaped rear leg placement; 29 – slanted udder floor; 30 – split nipples; 31 – close-set rear nipples; 32 – supernumerary nipples; 33 – abnormal nipple conformation; 34 – udder quarter atrophy).

Рисунок 1. Тепловая карта корреляций признаков и недостатков экстерьера

Figure 1. Heat map of correlations between exterior features and defects

Наибольшие фенотипические корреляции наблюдаются между высотой и глубиной туловища ( $r=0,34$ ). Также существенная связь выявлена между высотой и шириной зада ( $r=0,20$ ), высотой и высотой пятки ( $r=0,26$ ). Молочный тип имеет умеренные положительные корреляции с высотой, глубиной туловища и высотой пятки. Глубина вымени положительно взаимосвязана с высотой

задних долей и прикреплением передних долей вымени. Установлены относительно слабые связи между признаками относящимися к конечностям. Примечательно, что большинство недостатков имеют слабые корреляционные связи с основными признаками телосложения, а также между собой.

Проведенный анализ генетических корреляций между признаками экстерьера коров указывает на сложную систему взаимосвязей, характеризующуюся различной степенью выраженности. Высокая положительная генетическая корреляция наблюдается между высотой и глубиной туловища, а молочный тип демонстрирует тесную связь с высотой и глубиной туловища, подтверждая комплексный характер взаимосвязи.

Что касается признаков вымени, то глубина вымени тесно коррелирует с прикреплением передних долей ( $r=0,71$ ) и высотой задних долей ( $r=0,63$ ). Интересные закономерности установлены и по следующим признакам, так ширина зада имеет умеренные связи с высотой ( $r=0,48$ ) и глубиной туловища ( $r=0,47$ ), а высота пятки демонстрирует достаточно сильную корреляцию с высотой животного ( $r=0,69$ ). Угол задних ног имеет отрицательную корреляцию с высотой ( $r=-0,20$ ) и с постановкой задних ног ( $r=-0,27$ ). Крепость телосложения показывает умеренные связи с глубиной туловища ( $r=0,54$ ) и шириной зада ( $r=0,38$ ).

Относительно анализа генетических корреляций между признаками экстерьера и их недостатками у коров, то здесь наиболее значимые корреляционные связи наблюдаются у недостатка «мягкие бабки», который демонстрирует сильную положительную корреляцию с высотой животного ( $r=0,48$ ) и глубиной туловища ( $r=0,26$ ), а также отрицательную связь с углом задних ног ( $r=-0,34$ ). Недостатки вымени, такие как «косое дно вымени» и «раздвоенные соски», обладают умеренными положительными связями с признаками, характеризующими вымя.

Методика оценки племенных животных по совокупности признаков базируется на принципах построения селекционных индексов. В рамках нашего исследования для каждого показателя традиционной 100-балльной системы оценки (включающей признаки вымени, конечностей, туловища и молочного типа) были разработаны субиндексы.

Данные субиндексы интегрируют комплекс показателей, измеряемых по линейной шкале, при этом весовые коэффициенты каждого параметра определяются с учетом их наследственной обусловленности, а также генетических и фенотипических взаимосвязей. Такой подход позволяет создать комплексную систему оценки, учитывающую не только отдельные признаки экстерьера, но и их взаимосвязь (табл. 3).

Исследование состава разработанных уравнений субиндексов позволило установить их неодинаковую значимость при формировании интегральных показателей, что наглядно демонстрируют весовые коэффициенты входящих в них переменных.

В ходе разработки селекционного индекса по экстерьерной оценке крупного рогатого скота установлено, что информационная значимость показателей, интегрируемых в субиндексы, обусловлена двумя закономерностями: высокой фенотипической изменчивостью экстерьерных признаков в популяции и неодинаковой силой корреляционных взаимосвязей между ними. С целью объективного определения весовых коэффициентов субиндексов для включения в обобщенную формулу селекционного индекса был осуществлён анализ распространённости недостатков телосложения в исследуемом поголовье, предусматривающий не только учет частоты встречаемости отдельных недостатков, но и оценку их взаимосвязи, что позволило получить более точное значение каждого субиндекса.

На основании полученных данных были установлены весовые коэффициенты пропорционально частоте встречаемости недостатков экстерьера, что позволило определить следующие значения:  $I_1=0,25$ ;  $I_2=0,37$ ;  $I_3=0,28$ ;  $I_4=0,10$ ;  $I_5=0,28$ ;  $I_6=0,37$ ;  $I_7=0,32$ .

Таблица 3. Уравнения селекционных субиндексов племенных качеств быков-производителей по экстерьеру дочерей

Table 3. Equations of selection subindices of breeding qualities of bulls based on the exterior of daughters

Показатель 100-балльной системы оценки экстерьера животных / The 100-point system for assessing animal exterior appearance	Уравнение субиндекса / Equations of selection subindices
Вымя / Mammary	$I_1 = 0,089x_8 + 0,066x_9 - 0,016x_{10} + 0,045x_{11} + 0,028x_{12} - 0,008x_{13} + 0,008x_{16} + 0,017x_{29} + 0,005x_{30} - 0,002x_{31} + 0,006x_{32} + 0,005x_{33} - 0,011x_{34}$
Конечности / Legs and feet	$I_2 = 0,006x_5 - 0,005x_6 + 0,021x_7 + 0,004x_{17} - 0,001x_{25} + 0,074x_{26} - 0,001x_{27} + 0,004x_{28}$
Туловище / Body depth	$I_3 = 0,140x_1 + 0,080x_2 - 0,020x_3 + 0,051x_4 + 0,009x_{14}$
Молочный тип / Angularity	$I_4 = 0,039x_{15}$
Недостатки вымени / Mammary defects	$I_5 = 0,017x_{29} + 0,005x_{30} - 0,002x_{31} + 0,006x_{32} + 0,005x_{33} - 0,011x_{34}$
Недостатки конечностей / Legs and feet defects	$I_6 = -0,001x_{25} + 0,074x_{26} - 0,001x_{27} + 0,004x_{28}$
Недостатки туловища / Body depth defects	$I_7 = 0,005x_{18} + 0,006x_{19} - 0,005x_{20} + 0,014x_{21} + 0,025x_{22} + 0,040x_{23} + 0,082x_{24}$

Примечание:  $x_1$  - высота;  $x_2$  - глубина туловища,  $x_3$  - положение зада;  $x_4$  - ширина зада;  $x_5$  - угол задних ног сбоку;  $x_6$  - высота пятки;  $x_7$  - постановка задних ног сзади;  $x_8$  - прикрепление передних долей вымени;  $x_9$  - высота задних долей вымени;  $x_{10}$  - центральная связка;  $x_{11}$  - глубина вымени;  $x_{12}$  - расположение передних сосков;  $x_{13}$  - длина передних сосков;  $x_{14}$  - крепость;  $x_{15}$  - молочный тип;  $x_{16}$  - длина передних долей вымени;  $x_{17}$  - скакательный сустав сзади;  $x_{18}$  - мягкая спина;  $x_{19}$  - горбатая спина;  $x_{20}$  - слабая поясница;  $x_{21}$  - крыловидные лопатки;  $x_{22}$  - перехват за лопатками;  $x_{23}$  - крышеобразный зад;  $x_{24}$  - высокий хвост;  $x_{25}$  - размет передних ног;  $x_{26}$  - мягкие бабки;  $x_{27}$  - большая межкопытная щель;  $x_{28}$  - бочкообразная постановка задних ног;  $x_{29}$  - косое дно вымени;  $x_{30}$  - раздвоенные соски;  $x_{31}$  - сближенные задние соски;  $x_{32}$  - дополнительные соски;  $x_{33}$  - неправильная форма сосков;  $x_{34}$  - атрофия долей вымени.

Note:  $x_1$  - stature;  $x_2$  - body depth;  $x_3$  - rump angle;  $x_4$  - rump width;  $x_5$  - rear legs set;  $x_6$  - foot angle;  $x_7$  - rear legs rear view;  $x_8$  - fore udder attachment;  $x_9$  - rear udder height;  $x_{10}$  - central ligament;  $x_{11}$  - udder depth;  $x_{12}$  - front nipple placement;  $x_{13}$  - nipple length;  $x_{14}$  - chest width;  $x_{15}$  - angularity;  $x_{16}$  - length udder attachment;  $x_{17}$  - hock development;  $x_{18}$  - soft back;  $x_{19}$  - humped back;  $x_{20}$  - weak loin;  $x_{21}$  - winged shoulders;  $x_{22}$  - narrowing behind the shoulders;  $x_{23}$  - roof-shaped hindquarters;  $x_{24}$  - high tail set;  $x_{25}$  - splay-footed front legs;  $x_{26}$  - weak pasterns;  $x_{27}$  - wide interdigital cleft;  $x_{28}$  - barrel-shaped rear leg placement;  $x_{29}$  - slanted udder floor;  $x_{30}$  - split nipples;  $x_{31}$  - close-set rear nipples;  $x_{32}$  - supernumerary nipples;  $x_{33}$  - abnormal nipple conformation;  $x_{34}$  - udder quarter atrophy.

Эти значения представили структуру общего селекционного индекса:  $I_{\text{Тот.экс.}} = 0,25 I_1 + 0,37 I_2 + 0,28 I_3 + 0,10 I_4 + 0,28 I_5 + 0,37 I_6 + 0,32 I_7 = 0,089x_8 + 0,066x_9 - 0,016x_{10} + 0,045x_{11} + 0,028x_{12} - 0,008x_{13} + 0,008x_{16} + 0,006x_5 - 0,005x_6 + 0,021x_7 + 0,004x_{17} + 0,140x_1 + 0,080x_2 - 0,020x_3 + 0,051x_4 + 0,009x_{14} + 0,039x_{15} + 0,017x_{29} + 0,005x_{30} - 0,002x_{31} + 0,006x_{32} + 0,005x_{33} - 0,011x_{34} - 0,001x_{25} + 0,074x_{26} - 0,001x_{27} + 0,004x_{28} + 0,005x_{18} + 0,006x_{19} - 0,005x_{20} + 0,014x_{21} + 0,025x_{22} + 0,040x_{23} + 0,082x_{24}$ .

Данные селекционного индекса (ЕТИ) по признакам и недостаткам экстерьера дочерей быков-производителей представлены в таблице 4.

Таблица 4. Десять лучших и худших быков-производителей в зависимости от селекционного индекса (ETI) по признакам и недостаткам экстерьера

Table 4. The ten best and worst sires according to the breeding index (ETI) for exterior traits and defects

Индивидуальный номер быка / <i>Individual bull number</i>	ETI
<i>Лучшие / Best</i>	
1054	116,12
640	113,13
1947	112,74
859	112,37
36	112,23
1257	112,06
1258	111,67
756	111,66
463	110,90
1230	110,75
<i>Худшие / Worst</i>	
1163	87,35
71	86,41
1270	86,29
91	85,79
143	85,74
367	85,45
591	84,82
1311	84,45
1201	81,57
499	75,30

Примечательно, что разница между максимальным и минимальным значением индекса составляет 40,82 пункта, что указывает на существенную неоднородность популяции по изучаемым признакам. Наибольший разрыв наблюдается между быком 499 (минимальное значение – 75,30) и быком 1054.

#### Обсуждение полученных результатов.

Полученные результаты демонстрируют высокую информативность разработанной системы селекционных индексов для оценки племенной ценности быков-производителей. Выявленная неоднородность популяции по показателям селекционного индекса (размах – 40,82 пункта) подтверждает эффективность предложенного подхода к оценке племенной ценности (Контэ А.Ф. и др., 2019; Хайнацкий В.Ю., 2021; Контэ А.Ф. и др., 2023).

Механизм формирования племенной ценности быков базируется на комплексной оценке как положительных признаков, так и недостатков экстерьера дочерей. Особенно значимым представляется обнаружение высокой положительной корреляции между высотой и глубиной туловища ( $r=0,34$ ), что согласуется с данными литературы о комплексной природе этих показателей (Alcantara LM et al., 2022). Примечательно, что большинство недостатков экстерьера имеют слабые корреляционные связи с основными признаками телосложения, что указывает на возможность их независимого наследования и селекционного устранения.

Высокая частота встречаемости отдельных недостатков экстерьера, особенно мягких бабок (32,35 %) и высокого хвоста (17,11 %), требует корректировки селекционной работы. Это согласу-

ется с другими исследованиями (Иванова И.П. и Юрченко Е.Н., 2022; Контэ А.Ф. и др., 2024), где также отмечается необходимость усиления контроля за этими признаками при селекции. Разработанная система весовых коэффициентов субиндексов отражает реальную значимость различных групп признаков в формировании общего селекционного индекса, что соответствует современным представлениям о комплексной оценке племенной ценности (Гавриленко В.П. и др., 2018; Коронец И.Н., и др., 2015; Габидулин В.М. и Алимова С.А., 2023).

Сравнительный анализ с данными других исследователей (Алексеева Е.А., 2023; Романова Е.А. и Тулинова О.В., 2021; Романова Е.А. и Тулинова О.В., 2024) показывает схожесть в подходах к оценке экстерьерных признаков и подтверждает эффективность использования комплексных селекционных индексов. При этом разработанная нами методика имеет ряд преимуществ, включая учет как признаков, так и недостатков экстерьера, что позволяет более точно оценивать племенную ценность животных.

Полученные нами результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования селекционной работы с учетом выявленных закономерностей. Особое внимание следует уделить в будущем разработке методов контроля качества потомства быков–производителей по признакам, связанным с продуктивным долголетием животных (Cole JB et al., 2021).

#### **Заключение.**

Таким образом исследование показало, что животные характеризуются хорошими показателями по основным признакам экстерьера, что говорит о выраженной типичности животных молочного направления продуктивности и гармоничном телосложении поголовья. Однако особое внимание следует обратить на высокую частоту встречаемости отдельных недостатков экстерьера: мягкие бабки (32,35 %), размет передних ног (7,39 %), высокий хвост (17,11 %), а также косое дно вымени (13,33 %), дополнительные соски (6,66 %), и атрофия долей вымени (4,09 %). Разработанная система селекционных индексов позволяет эффективно оценивать племенную ценность животных, учитывая, как признаки, так и недостатки экстерьера. Неоднородность популяции по показателям индекса создает хорошие предпосылки для совершенствования стада путем целенаправленного отбора. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости усиления селекционной работы по устранению наиболее часто встречаемых недостатков экстерьера при сохранении и относительном положительном развитии отдельных признаков телосложения.

#### **Список источников**

1. Алексеева Е.А. Конструирование индекса для комплексной оценки коров молочного направления // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2(191). С. 172-179. [Alekseeva EA. Index construction to comprehensively assess dairy cows. Bulletin of KrasSAU. 2023;2(191):172-179. (*In Russ.*)]. doi: 10.36718/1819-4036-2023-2-172-179
2. Габидулин В.М., Алимова С.А. Влияние типа телосложения быков-производителей абердин-ангусской породы на оценку их племенной ценности // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 91-100. [Gabidulin VM, Alimova SV. Influence of conformation type of Angus sires on the assessment of their breeding value. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):91-100. (*In Russ.*)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-91>
3. Гавриленко В.П., Катмаков П.С., Бушов А.В. Индексная селекция симментальских коров-первотелок // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2(42). С. 119-124. [Gavrilenko VP, Katmakov PS, Bushov AV. Index selection of Simmental first-calf heifers. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018;2(42):119-124. (*In Russ.*)]. doi: 10.18286/1816-4501-2018-2-119-124
4. Иванова И.П., Юрченко Е.Н. Формирование селекционной группы коров на основе комплексного селекционного индекса // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2022. № 4(48). С. 124-131. [Ivanova IP, Yurchenko EN. Formation of a breeding

group of cows based on a complex breeding index. Vestnik of Omsk SAU. 2022;4(48):124-131. (*In Russ.*). doi: 10.48136/2222-0364\_2022\_4\_124

5. Контэ А.Ф., Недашковский И.С. Селекционный индекс в племенной работе с крупным рогатым скотом черно-пестрой породы // Пермский аграрный вестник. 2024. № 4(48). С. 82-90. [Konte AF, Nedashkovsky IS. Selection index in the breeding work with black-and-white cattle. Perm Agrarian Journal. 2024;4(48):82-90. (*In Russ.*). doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_48\_82

6. Контэ А.Ф., Недашковский И.С., Сермягин А.А. Селекционный индекс быков-производителей черно-пестрой породы популяции Московского региона по признакам молочной продуктивности, воспроизводства и экстерьера дочерей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4(72). С. 278-291. [Conte AF, Nedashkovsky IS, Sermyagin AA. Selection index of black-and-white breed sires of population in Moscow region on the traits of dairy productivity, reproduction and exterior of daughters. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2023;4(72):278-291. (*In Russ.*). doi: 10.32786/2071-9485-2023-04-29

7. Новые методические подходы к оценке племенной ценности быков-производителей молочных пород по качеству потомства / И.Н. Коронец, Н.В. Климец, О.В. Саянова, Т.В. Павлова, Л.Ф. Цивлин, Т.В. Сергиеня, Н.В. Казаровец, Р.В. Березовик, К.А. Моисеев // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2015. № 18-2. С. 176-184. [Koronets IN, Klimets NV, Sayanova OV, Pavlova TV, Tzivlin LF, Sergienya TV, Kazarovets NV, Berезovik RV, Moiseev KA. Novye metodicheskie podkhody k otsenke plemennoi tsennosti bykov-proizvoditelei molochnykh porod po kachestvu potomstva. Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. 2015;18(2):176-184. (*In Russ.*).

8. Оценка племенной ценности быков-производителей популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения дочерей / А.Ф. Контэ, А.Н. Ермилов, Н.Г. Бычкунова, А.А. Сермягин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 275-283. [Conte AF, Ermilov AN, Bychkunova NG, Sermyagin AA. Evaluation of a tribal value of bulls-producers of the population of black-milled cattle of Moscow region by type of bodies of cow's daughters. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2019;3(55):275-283. (*In Russ.*). doi: 10.32786/2071-9485-2019-03-35

9. Романова Е.А., Тулинова О.В. Моделирование селекционного индекса для айрширской породы молочного скота с использованием экстерьерных показателей // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 150-155. [Romanova EA, Tulinova OV. Breeding index modeling for Ayrshire dairy cattle with application of exterior parametres. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021;1(53):150-155. (*In Russ.*). doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-150-155

10. Романова Е.А., Тулинова О.В. Поиск желательных генотипов отцов и матерей коров айрширской породы с использованием селекционного индекса // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 3(75). С. 283-291. [Romanova EA, Tulinova OV. Searching for desirable genotypes of fathers and mothers of ayrshire cows using the breeding index. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2024;3(75):283-291. (*In Russ.*). doi: 10.32786/2071-9485-2024-03-33

11. Хайнацкий В.Ю. Метод племенной оценки быков-производителей мясных пород на основе BLUP // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 1. С. 20-31. [Haynatsky VYu. BLUP Method of breeding assessment of beef sires. Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(1):20-31. (*In Russ.*). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-1-20>

12. Alcantara LM, Baes CF, de Oliveira Junior GA, Schenkel FS. Conformation traits of Holstein cows and their association with a Canadian economic selection index. Can J Anim Sci. 2022;102(3):490-500. doi: 10.1139/CJAS-2022-0013

13. Brito LF, Oliveira HR, Houllahan K, Fonseca PAS, Lam S, Butty AM, Seymour DJ, Vargas G, Chud TCS, Silva FF, Baes CF, Cánovas F, Miglior F, Schenkel FS. Genetic mechanisms underlying feed utilization and implementation of genomic selection for improved feed efficiency in dairy cattle. Can J Anim Sci. 2020;100(4):587-604. doi: 10.1139/cjas-2019-0193

14. Cole JB, Dürr JW, Nicolazzi EL. Invited review: the future of selection decisions and breeding programs: What are we breeding for, and who decides? *J Dairy Sci.* 2021;104(5):5111-5124. doi: 10.3168/jds.2020-19777
15. Fleming A, van Doormaal BJ. New Genetic Evaluations Coming in December 2020. [Internet] 2020. Available from <https://www.cdn.ca/document.php?id=544>.
16. Junqueira VS, Lourenco D, Masuda Y, Cardoso FF, Lopes PS, Silva FF, Misztal I. Is single-step genomic REML with the algorithm for proven and young more computationally efficient when less generations of data are present? *Journal of Animal Science.* 2022;100(5):skac082. doi: 10.1093/jas/skac082
17. Xavier A, Habier D. A new approach fits multivariate genomic prediction models efficiently. *Genet Sel Evol.* 2022;54:45. doi: 10.1186/s12711-022-00730-w

### References

1. Alekseeva EA. Index construction to comprehensively assess dairy cows. *Bulletin of KrasSAU.* 2023;2(191):172-179. doi: 10.36718/1819-4036-2023-2-172-179
2. Gabidulin VM, Alimova SV. Influence of conformation type of Angus sires on the assessment of their breeding value. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2023;106(1):91-100. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-91>
3. Gavrilenko VP, Katmakov PS, Bushov AV. Index selection of Simmental first-calf heifers. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2018;2(42):119-124. (*In Russ.*). doi: 10.18286/1816-4501-2018-2-119-124
4. Ivanova IP, Yurchenko EN. Formation of a breeding group of cows based on a complex breeding index. *Vestnik of Omsk SAU.* 2022;4(48):124-131. doi: 10.48136/2222-0364\_2022\_4\_124
5. Konte AF, Nedashkovsky IS. Selection index in the breeding work with black-and-white cattle. *Perm Agrarian Journal.* 2024;4(48):82-90. doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_48\_82
6. Conte AF, Nedashkovsky IS, Sermyagin AA. Selection index of black-and-white breed sires of population in Moscow region on the traits of dairy productivity, reproduction and exterior of daughters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023;4(72):278-291. doi: 10.32786/2071-9485-2023-04-29
7. Koronets IN, Klimets NV, Sayanova OV, Pavlova TV, Tsvilin LF, Sergienya TV, Kazarovets NV, Berezovik RV, Moiseev KA. New methodological approaches to assessing the breeding value of dairy bulls based on the quality of their offspring. *Current Issues of Intensive Development of Animal Husbandry.* 2015;18(2):176-184.
8. Conte AF, Ermilov AN, Bychkunova NG, Sermyagin AA. Evaluation of a tribal value of bulls-producers of the population of black-milled cattle of Moscow region by type of bodies of cow's daughters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019;3(55):275-283. doi: 10.32786/2071-9485-2019-03-35
9. Romanova EA, Tulinova OV. Breeding index modeling for Ayrshire dairy cattle with application of exterior parameters. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2021;1(53):150-155. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-150-155
10. Romanova EA, Tulinova OV. Searching for desirable genotypes of fathers and mothers of ayrshire cows using the breeding index. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024;3(75):283-291. doi: 10.32786/2071-9485-2024-03-33
11. Haynatsky VYu. BLUP Method of breeding assessment of beef sires. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2021;104(1):20-31. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-1-20>
12. Alcantara LM, Baes CF, de Oliveira Junior GA, Schenkel FS. Conformation traits of Holstein cows and their association with a Canadian economic selection index. *Can J Anim Sci.* 2022;102(3):490-500. doi: 10.1139/CJAS-2022-0013
13. Brito LF, Oliveira HR, Houlahan K, Fonseca PAS, Lam S, Butty AM, Seymour DJ, Vargas G, Chud TCS, Silva FF, Baes CF, Cánovas F, Miglior F, Schenkel FS. Genetic mechanisms underlying

ing feed utilization and implementation of genomic selection for improved feed efficiency in dairy cattle. *Can J Anim Sci.* 2020;100(4):587-604. doi: 10.1139/cjas-2019-0193

14. Cole JB, Dürr JW, Nicolazzi EL. Invited review: the future of selection decisions and breeding programs: What are we breeding for, and who decides? *J Dairy Sci.* 2021;104(5):5111-5124. doi: 10.3168/jds.2020-19777

15. Fleming A, van Doormaal BJ. New Genetic Evaluations Coming in December 2020. [Internet] 2020. Available from: <https://www.cdn.ca/document.php?id=544>

16. Junqueira VS, Lourenco D, Masuda Y, Cardoso FF, Lopes PS, Silva FF, Misztal I. Is single-step genomic REML with the algorithm for proven and young more computationally efficient when less generations of data are present? *Journal of Animal Science.* 2022;100(5):skac082. doi: 10.1093/jas/skac082

17. Xavier A, Habier D. A new approach fits multivariate genomic prediction models efficiently. *Genet Sel Evol.* 2022;54:45. doi: 10.1186/s12711-022-00730-w

#### **Информация об авторах:**

**Александр Федорович Контэ**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, мобильный телефон: 896478942890.

**Игорь Сергеевич Недашковский**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела национального каталога Национального центра генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, мобильный телефон: 89679889925.

**Александр Александрович Сермягин**, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 196625, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а, мобильный телефон: 89032065193.

#### **Information about the authors:**

**Alexander F Conte**, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher at the population genetics and animal breeding department, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 896478942890.

**Igor S Nedashkovsky**, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the National Catalog Department of the National Center for Genetic Resources of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: 89679889925.

**Alexander A Sermyagin**, Cand. Sci. (Agriculture), director Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the LK Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Tyarlevo, Moscow highway, 55a, 196625, 196601, tel.: 89032065193.

Статья поступила в редакцию 28.01.2026; одобрена после рецензирования 04.03.2026; принята к публикации 16.03.2026.

The article was submitted 28.01.2026; approved after reviewing 04.03.2026; accepted for publication 16.03.2026.