

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СЕЛЕКЦИОННОГО ИНДЕКСА ПЛЕМЕННЫХ КАЧЕСТВ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

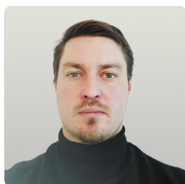
© Алтухова Н.С., Савинов А.В.,
Соловых А.Г., Мельникова Е.Е.



Наталья Сергеевна Алтухова

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева
Москва, Российская Федерация
e-mail: n.altukhova@rgau-msha.ru

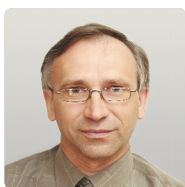
ORCID: 0000-0001-6169-3953



Антон Васильевич Савинов

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева
Москва, Российская Федерация
e-mail: a9296334115@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6770-1990



Алексей Геннадьевич Соловых

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева
Москва, Российская Федерация
e-mail: a.solovykh@rgau-msha.ru

ORCID: 0000-0001-7330-7044



Екатерина Евгеньевна Мельникова

ООО «Мираторг-Генетика»
Домодедово, Российская Федерация
e-mail: melnikovae_1982@inbox.ru

ORCID: 0000-0002-0885-8269

В Российской Федерации практически отсутствуют исследования по оптимизации структуры селекционного индекса для генетического улучшения молочных пород скота. В статье представлены результаты оптимизации уравнения селекционного индекса для оценки племенной ценности быков-производителей симментальской породы скота по признакам молочной продуктивности их дочерей. Описан подход комплексной оценки племенной ценности животных, основанный на включении пяти производственных признаков молочной продуктивности: удой (кг), массовая доля жира и белка в молоке (%), количество молочного жира и белка (кг). Рассчитаны значения комплексной племенной ценности быков-производителей с помощью генетических оценок, произведенных методом BLUP по выборке животных из пяти

регионов Российской Федерации (Белгородская, Курская, Воронежская, Орловская области и Алтайский край). Для генетического улучшения конкретного селекционного признака или комбинации признаков при формировании селекционных групп животных с последующим подбором их в пары предложено проводить дополнительное ранжирование производителей посредством построения оптимизированных селекционных индексов с модифицированными структурами уравнений, включающих в себя различные показатели молочной продуктивности и их комбинации. Путем расчета коэффициента ранговой корреляции определен уровень взаимосвязи между одними и теми же быками, получившими оценку по общему селекционному индексу и оптимизированным селекционным индексам (пределы варьирования составили от -0,504 до +0,924). Также проведено обобщение полученных данных с результатами ранее опубликованных исследований по оптимизации уравнений индекса комплексной племенной ценности в палево-пестрой популяции скота, красно-пестрой и черно-пестрой породах.

Оценка племенной ценности, оптимизированный селекционный индекс, признаки молочной продуктивности, быки-производители, симментальская порода.

Разведение сельскохозяйственных животных представляет собой сложный зоотехнический процесс как по целям, которые должны быть достигнуты, так и по надлежащей организации, связанной со сбором данных, необходимых для точной оценки племенной ценности (Ivanović et al., 2014). Существуют различные цели разведения сельскохозяйственных животных, определяемые на основе перспективных планов и программ развития животноводства. Разведение осуществляется путем оценки и отбора родительских пар, после спаривания которых получают генерацию потомков, обладающих более выраженными производственными признаками экономического характера по сравнению с исходной популяцией.

Подбор родительских пар обычно производится на основе племенной ценности индивидуумов. Племенная ценность представляет собой суммарный эффект генов, часть из которых будет передана потомкам. Оценка племенной ценности – сложный процесс, включающий большое количество факторов различной природы. На сегодняшний день разработан и используется ряд методов оценки племенной

ценности сельскохозяйственных животных, такие как селекционный индекс, метод BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), метод BLUP AM (Best Linear Unbiased Prediction Animal Model) и др. Преимущества селекционного индекса как метода оценки племенной ценности заключаются в его относительно простом использовании после определения структуры уравнения селекционного индекса.

Основной подход в реализации методологии комплексной оценки племенной ценности заключается в объединении различных показателей продуктивности в единое значение селекционного индекса и ранжировании животных посредством максимизации совокупной стоимости дифференцированных генетических характеристик. С момента разработки Л. Хэйзелом (Hazel, 1943) доработанная и адаптированная американским ученым Р. Хэндерсоном (Henderson, 1963) методология успешно применяется в странах с развитым животноводством. В то же время гибкость методологии позволила включить в состав индекса наряду с продуктивными показателями характеристики здоровья, фертильности, экстерьера и другие, влияющие

на доход от использования животного (Лукьянов, Федяев, 2016). Объединение значений производственных показателей с учетом их селекционной и экономической значимости составляет основной подход к расчету комплексной племенной ценности животных. Оценка генетической ценности, произведенная на основе построения уравнения селекционного индекса, позволяет наиболее объективно формировать селекционные группы животных и проводить ранжирование как самцов, так и самок по совокупности их генетических характеристик (Мельникова и др., 2017).

Индексная селекция в молочном скотоводстве Российской Федерации официально не систематизирована и осуществляется в основном только в рамках научных исследований. Большинство научных работ, посвященных комплексной оценке племенных животных, базируются только на признаках молочной продуктивности, включающей показатели удоя, содержания жира и белка, а также количества жира и белка в молоке (Харитонов и др., 2020а; Харитонов и др., 2020b). Van Raden в ходе исследования по анализу селекционных индексов, используемых для оценки племенной ценности молочного скота, пришел к выводу, что в шести странах (Германия, Франция, Великобритания, Израиль, Австралия и Новая Зеландия) в селекционные индексы включены только признаки молочной продуктивности, в трех странах (США, Канада и Италия) около трети общего значения селекционного индекса относится к характеристикам молочного типа скота и продолжительности жизни, в то время как в некоторых государствах, таких как Дания, помимо указанных признаков вводятся репродуктивные признаки, а также характеристики, относящиеся к состоянию здоровья животных (Van Raden, 2002). По исследованиям ряда

авторов, в последние годы растет интерес к таким функциональным признакам, как репродукция, здоровье, долголетие и др. (Зарипов и др., 2020; Мельникова и др., 2018; Харитонов и др., 2011; Maglior et al., 2005).

Выбор модели с оптимальным набором селекционных признаков является основой для сбалансированного совершенствования популяций животных. Используемые при этом экономические поправки (коэффициенты) определяют условия формирования селекционных групп таким образом, что прибыль, полученная от генетического прогресса исследуемой популяции, будет максимизирована в зависимости от конкретных экономических условий, а также от фенотипической и генетической изменчивости и уровня наследуемости признаков (Кузнецов, 2012; Мельникова и др., 2017; Gibson, 1989).

Однако при необходимости генетического улучшения определенного признака в конкретном стаде общий селекционный индекс не будет являться достаточно информативным ввиду отображения в едином значении комплексной племенной ценности совокупности показателей. В данном случае оптимизация уравнения селекционного индекса с включением в его структуру редуцированного набора признаков и их комбинации позволит производить отбор и подбор животных с учетом специфики развития производственных показателей в стаде (породе).

Применяемые в странах с развитым молочным скотоводством (Канада, Бельгия, Германия, Дания, Израиль, Новая Зеландия, Швейцария, Ирландия, Финляндия) структуры селекционных индексов для признаков молочной продуктивности подвергнуты оптимизации. В селекционные индексы продуктивности включены, как правило, два-три признака: удой (кг), выход молочного жира (кг) и выход мо-

лочного белка¹ (кг) (Gibson, 1989). Содержание жира в молоке (%) и содержание белка в молоке (%) редко используются по той причине, что отрицательно связаны с вышеупомянутыми показателями.

В отечественной практике исследования по оптимизации селекционного индекса проводились лишь на маточном поголовье черно-пестрого скота Московской области. Результаты показали высокую корреляцию между индексом племенной ценности по пяти признакам молочной продуктивности и оптимизированным индексом, включающим в себя только показатели количества молочного жира (кг) и количества молочного белка (кг) (Мельникова и др., 2018).

В связи с вышеизложенным целью нашего исследования являлось построение оптимизированного селекционного индекса с модифицированной структурой уравнения, содержащего редуцированный набор признаков молочной продуктивности.

В задачи исследования входит:

1) построение уравнений оптимизированных селекционных индексов с модифицированной структурой, включающих в себя редуцированный набор показателей молочной продуктивности в различных комбинациях;

2) оценка племенной ценности быков-производителей симментальской породы на основе общего и оптимизированного селекционного индекса;

3) определение взаимосвязи между племенной ценностью производителей, рассчитанной по общему индексу и при помощи оптимизированных селекционных индексов.

Новизна исследования заключается в том, что впервые в практике отечественного молочного скотоводства предпринята попытка повысить точность отбора и подбора производителей симментальской породы за счет включения дополнитель-

ных редуцированных индексов при формировании селекционных групп.

Теоретическая значимость работы состоит в методологии применения селекционных индексов, соответствующих сложившимся условиям производства и реализации продукции. Практическая значимость полученных результатов связана с возможностью при формировании группы быков из особей, получивших наивысшее значение племенной ценности по общему индексу, осуществлять отбор по редуцированным индексам в качестве дополнительных с целью генетического улучшения конкретных признаков в потомстве.

Материал и методы исследований

Исследование основывалось на расчете племенной ценности быков-производителей, которых использовали на маточном поголовье коров симментальской породы в период с 1994 по 2017 год. Для анализа применялась информация базы данных системы СЕЛЭКС пяти регионов России (Белгородской, Курской, Воронежской, Орловской областей и Алтайского края), собранная отделом популяционной генетики и генетических основ разведения ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Из исходного массива данных для оценки по комплексу показателей молочной продуктивности были выбраны быки-производители ($n = 217$ голов), достоверность (reliability) оценки которых превышала 0,6 (60%). В качестве селекционных признаков использовались данные о фенотипических показателях признаков молочной продуктивности дочерей (21078 лактаций), а именно: удой за 305 дней лактации (кг), содержание молочного жира (%), содержание молочного белка (%), количество молочного жира (кг), количество молочного белка (кг). Расчет племенной ценности быков осуществлялся на осно-

¹ Генетические ресурсы ОАО «Московское» по племенной работе (2015). Москва: ОАО «Московское» по племенной работе. 148 с.

Таблица 1. Селекционно-генетические параметры молочной продуктивности коров-первотелок

Показатель	Удой, кг	Массовая доля жира, %	Количество молочного жира, кг	Массовая доля белка, %	Количество молочного белка, кг
Удой, кг	145420,88	-0,04	5716,43	-2,47	4933,44
	860410,40				
Содержание жира, %	-8,75	0,01	0,50	0,003	0,35
		0,04			
Количество молочного жира, кг	33594,83	1,66	249,21	0,66	194,65
			1416,62		
Содержание белка, %	-3,16	0,02	0,83	0,001	-0,013
				0,011	
Количество молочного белка, кг	30325,23	2,32	1113,34	0,42	155,44
					988,16

Примечание: фенотипические и генетические варианты и ковариансы: генетические – выше диагонали, фенотипические – ниже диагонали.
 Источник: Харитонов С.Н., Сермягин А.А., Игнатъева Л.П. [и др.]. Методика оценки генетической ценности быков-производителей на региональном и федеральном уровнях управления племенными ресурсами. Дубровицы: Всерос. науч.-иссл. ин-т животноводства им. акад. Л.К. Эрнста, 2019. С. 39.

ве метода наилучшего линейного несмещенного прогноза на базе Регионального информационно-селекционного центра «Мосплеинформ» (АО «Московское» по племенной работе) по разработанным нами и представленным в ранее опубликованных работах алгоритмам (Харитонов и др., 2019; Харитонов и др., 2020).

На основании данных об оценках племенной ценности быков-производителей по продуктивности дочерей было построено уравнение селекционного индекса, включающее в себя пять признаков молочной продуктивности. В общем виде уравнение было представлено как:

$$I = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5, \quad (1)$$

где:

I – индекс племенной ценности по комплексу показателей продуктивности;

b_{1-5} – значения относительных весов признаков молочной продуктивности (удой, кг; количество молочного жира, кг; массовая доля жира, %; количество молочного белка, кг, массовая доля белка, %);

X_{1-5} – оценка племенной ценности произво-

дителя по отдельным показателям молочной продуктивности дочерей.

Весовые коэффициенты селекционных индексов рассчитывались на основании селекционно-генетических параметров симментальской породы (табл. 1) и коэффициентов экономической значимости исследуемых признаков продуктивности.

Расчет весовых коэффициентов производился в соответствии с методологией построения уравнения селекционного индекса на основе матриц фенотипической изменчивости и векторов генетических вариантов и коварианс, имеющих размерность, соответствующую количеству исследуемых производственных показателей.

Коэффициенты экономической значимости, включенные в индекс признаков, определяли через вычисление регрессионных коэффициентов получения дохода от повышения селекционного признака на единицу его измерения.

Результаты исследований

Для оптимизации уравнения селекционного индекса были определены 11 структур

Таблица 2. Структуры оптимизированных уравнений селекционных индексов

Структура индекса	Комбинации признаков
$I_{total} = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5$	(удой + % жира + кг жира + % белка + кг белка)
$I_1 = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$	(удой + % жира + кг жира)
$I_2 = b_4X_1 + b_5X_2$	(удой + % жира)
$I_3 = b_6X_1 + b_7X_3$	(удой + кг жира)
$I_4 = b_8X_1 + b_9X_4 + b_{10}X_5$	(удой + % белка + кг белка)
$I_5 = b_{11}X_1 + b_{12}X_4$	(удой + % белка)
$I_6 = b_{13}X_1 + b_{14}X_5$	(удой + кг белка)
$I_7 = b_{15}X_1 + b_{16}(X_3 + X_5)$	(удой + (кг жира + кг белка) – объединенный)
$I_8 = b_{17}(X_3 + X_5)$	((кг жира + кг белка) – объединенный)
$I_9 = b_{18}X_1 + b_{19}X_2 + b_{20}X_4$	(удой + % жира + % белка)
$I_{10} = b_{21}X_1 + b_{22}X_3 + b_{23}X_5$	(удой + кг жира + кг белка)
$I_{11} = b_{24}X_3 + b_{25}X_5$	(кг жира + кг белка)

Источник: расчеты авторов.

Таблица 3. Значения весовых коэффициентов оптимизированных уравнений селекционных индексов

Индекс	Весовые коэффициенты признаков					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$(X_3 + X_5)$
I_1	+0,54	+1020,33	-8,80	-	-	-
I_2	+0,16	+537,16	-	-	-	-
I_3	+0,15	-	+1,07	-	-	-
I_4	+0,17	-	-	+359,38	+0,15	-
I_5	+0,15	+364,90	-	-	-	-
I_6	+0,08	-	-	-	+3,29	-
I_7	-2,18	-	-	-	-	+26,73
I_8	-	-	-	-	-	+1,04
I_9	+0,18	+5819,07	-	-9663,38	-	-
I_{10}	+4,07	-	+2,25	-	+1,58	-
I_{11}	-	-	+0,91	-	+0,06	-

Источник: расчеты авторов.

модифицированных уравнений, включающие различные показатели молочной продуктивности и их комбинации (табл. 2). Далее на основе селекционно-генетических параметров признаков молочной продуктивности коров-первотелок симментальской породы рассчитаны весовые коэффициенты (табл. 3).

Для всех производителей (n = 217) были вычислены значения оценок комплексной племенной ценности по общему индексу (с пятью признаками) и с использованием оптимизированных селекционных индек-

сов (11 структур). Полученные значения оптимизированных индексов племенной ценности сопоставлялись со значением общего селекционного индекса посредством расчета ранговой корреляции (табл. 4).

Как видно из результатов табл. 4, большинство значений коэффициентов ранговой корреляции оптимизированных индексов, рассчитанных на основании селекционно-генетических параметров симментальской породы (кроме индексов № 7 и 9), характеризовались высокими положи-

Таблица 4. Ранговые корреляции между общим селекционным индексом (с пятью признаками продуктивности) и селекционными индексами разной структуры (11 вариантов)

Индексы	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁
I _{total}	+0,903	+0,924	+0,857	+0,765	+0,776	+0,782	-0,506	+0,848	+0,514	+0,859	+0,904

Источник: расчеты авторов.

тельными коэффициентами взаимосвязи с селекционным индексом по пяти показателям. Наивысший уровень сопряженности наблюдался с индексом № 2 ($r = +0,924$), включающим показатели удоя и массовой доли молочного жира в молоке. Индекс № 7 содержал объединенный показатель количества молочного жира и молочного белка, представленный как суммарное значение количественных признаков со своей генетической и фенотипической изменчивостью ($r = -0,506$).

Выдвигается предположение о том, что ранжирование быков внутри селекционной группы путем оценки по дополнительно сконструированным индексам с модифицированной структурой будет эффективным для генетического улучшения конкретного признака или комбинации признаков при осуществлении подбора пар с женскими особями. Таким образом, отобранные в селекционную группу быки-производители, имеющие с заданной точностью высокую племенную ценность по комплексу признаков и при условии тесной связи с модифицированными индексами, могут дополнительно характеризоваться оценками оптимизированных индексов, включающих различные признаки молочной продуктивности.

Опубликованные ранее результаты исследований по оптимизации селекционного индекса на основании селекционно-генетических параметров красно-пестрой породы характеризовались средним положительным уровнем взаимосвязи оптимизированных индексов с комплексной оценкой по пяти показателям продуктивности. Наибольшее значение коэффициента корреляции с общим индексом было выявлено

у индекса № 5 ($r = +0,638$), в то время как наименьшим уровнем взаимосвязи характеризовался, аналогично полученным нами результатам, индекс № 7 ($r = -0,286$). Остальные индексы с модифицированными структурами уравнений имели значения коэффициентов ранговой корреляции с общим индексом в диапазоне от $+0,367$ до $+0,630$ (Савинов, 2022).

В то же время анализ сопряженности оптимизированных индексов комплексной племенной ценности на уровне управления палево-пестрой популяцией, включающей совокупные данные о симментальской и красно-пестрой породах, демонстрировал сильную положительную взаимосвязь абсолютно всех индексов, рассчитанных на основании модифицированных уравнений, с комплексной оценкой по пяти показателям продуктивности. Максимальное значение коэффициента корреляции с общим индексом наблюдалось у индекса № 3 ($r = +0,996$), включающего в себя показатели удоя (кг) и количества молочного жира (кг), в то время как минимальное значение ($r = +0,928$) имел индекс № 4, основанный на показателях удоя (кг), содержания молочного белка (%) и количества молочного белка (кг) (Савинов, Алтухова, 2022).

Исследования, проведенные по оптимизации селекционного индекса (Мельникова и др., 2017) для коров черно-пестрой породы, предусматривали построение редуцированного индекса только по двум признакам (выход молочного жира (кг) и выход молочного белка (кг) $I = 0,8796X_1 + 1,004X_2$ (аналог структуры I₁₁ в наших исследованиях). Автором была выявлена достоверная положительная связь данной структуры с общим селекционным индексом ($r = +0,99$).

Заключение

Формирование селекционных групп животных (отцы быков, матери быков, отцы матерей) осуществляется на основании наивысших оценок по общему селекционному индексу, который обеспечивает реализацию цели селекции с породой с учетом экономической ситуации на рынке.

Редуцированные индексы являются дополнением к основному селекционному индексу и могут быть использованы при планировании подбора родительских пар с целью получения потомков (например,

бычка для комплектования станции по искусственному осеменению или телочки для ремонта стада) с улучшенным развитием селекционных признаков, входящих в редуцированный индекс.

В популяции симментальского скота удои за лактацию и массовая доля жира являются определяющими признаками в эффективности производства молока, что обусловлено их высокой экономической значимостью, отраженной в весовых коэффициентах, и наличием отрицательной генетической корреляции между удоем и массовой долей белка.

ЛИТЕРАТУРА

- Зарипов О.Г., Отраднов П.И., Янчуков И.Н. (2020). Использование показателя «возраст положительной рентабельности» для оценки эффективности продуктивной жизни коров // Достижения науки и техники АПК. Т. 34. № 8. С. 94–98. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10816
- Кузнецов В.М. (2012). Племенная оценка животных: прошлое, настоящее, будущее // Проблемы биологии продуктивных животных. № 4. С. 18–57.
- Лукьянов К.И., Федяев П.М. (2016). Современные тенденции в индексной оценке племенной ценности молочного скота // Генетика и разведение животных. № 4. С. 11–19.
- Мельникова Е.Е., Янчуков И.Н., Ермилов А.Н. [и др.] (2017). Селекционный индекс племенной ценности коров популяции черно-пестрого скота Московской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. № 1. С. 85–97.
- Мельникова Е.Е., Харитонов С.Н., Янчуков И.Н. [и др.] (2018). Селекционный индекс как экономическая составляющая основы племенной работы в молочном скотоводстве // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. № 8. С. 29–33.
- Романова Е.А., Тулинова О.В., Березина В.В., Крысова Е.В. (2021). Эффективность отбора первотелок с применением различных индексных оценок в стадах айрширской породы молочного скота // АгроЗооТехника. Т. 4. № 3.
- Савинов А.В. (2022). Анализ структуры селекционного индекса комплексной оценки быков-производителей красно-пестрой породы // Сб. трудов, приуроченных к 75-й Всерос. студенческой науч.-практ. конф., посв. 150-летию со дня рождения Е.А. Богданова. Москва: ООО «Мегаполис». С. 95–98.
- Савинов А.В., Алтухова Н.С. (2022). Оптимизация уравнения селекционного индекса для палево-пестрой популяции скота // Студенчество России: век XXI: мат-лы VIII Всерос. молодежной науч.-практ. конф. (Орел, 15 декабря 2021 г.). Орел: Орловский гос. аграрный ун-т им. Н.В. Парахина. С. 114–122.
- Харитонов С.Н., Алтухова Н.С., Мельникова Е.Е., Осадчая О.Ю., Сермягин А.А. (2020а). Оценка быков-производителей симментальской породы по молочной продуктивности дочерей на разных уровнях управления // Молочное и мясное скотоводство. № 6. С. 8–11.
- Харитонов С.Н., Сермягин А.А., Мельникова Е.Е. [и др.] (2020б). Теоретические основы генетического совершенствования популяций животных: руководство. Дубровицы: ВНИИЖ им. акад. Л.К. Эрнста. 151 с.

- Харитонов С.Н., Сермягин А.А., Игнатъева Л.П. [и др.] (2019). Методика оценки генетической ценности быков производителей на региональном и федеральном уровнях управления племенными ресурсами. Дубровицы: ВНИИЖ им. акад. Л.К. Эрнста. 78 с.
- Харитонов С.Н., Янчуков И.Н., Ермилов А.Н. (2011). Совершенствование системы оценки молочного скота по комплексу экстерьерных показателей // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. № 4. С. 103–113.
- Gibson J.P (1989). Economic weights and index selection of milk production traits when multiple production quotas apply. *Animal Production*, 49, 171–181.
- Hazel L.N., Lush J.L. (1942). The efficiency of three methods of selection. *Journal Heredity*, 33 (11), 393–399.
- Henderson C.R. (1963). Selection index and expected genetic advance. *Statistical Genetics and Plan Breeding*, 141–163.
- Ivanović S., Stanojević D., Nastić L., Jeločnik M. (2014). Determination of economic selection index coefficients for dairy cows. *Economics of Agriculture*, 4, 861–875.
- Miglior F., Muir B.L., Van Doormaal B.J. (2005). Selection indices in Holstein cattle of various countries. *Journal of Dairy Science*, 88, 255–263.
- National genetic evaluation forms provided by countries*. Available at: <https://interbull.org/ib/geforms>
- Van Raden P.M. (2002). Selection of dairy cattle for lifetime profit. *Proceedings, 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier*. France, 127–130.

Сведения об авторах

Наталья Сергеевна Алтухова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: n.altukhova@rgau-msha.ru)

Антон Васильевич Савинов – Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: a9296334115@gmail.com)

Алексей Геннадьевич Соловых – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: a.solovykh@rgau-msha.ru)

Екатерина Евгеньевна Мельникова – кандидат сельскохозяйственных наук, биостатистик отдела биоинформатики, ООО «Мираторг-Генетика» (Российская Федерация, 142000, Московская область, г. Домодедово, мкр-н Центральный, Трио-Инвест-Ям, стр. 1; e-mail: melnikovaee_1982@inbox.ru)

STRUCTURAL OPTIMIZATION OF SELECTION INDEX OF BREEDING QUALITIES OF BULLS-PRODUCERS OF THE SIMMENTAL BREED

Altukhova N.S., Savinov A.V., Solovykh A.G., Mel'nikova E.E.

In the Russian Federation, there are virtually no studies on the optimization of the breeding index structure for genetic improvement of dairy cattle breeds. The article presents the results of optimization of the breeding index equation for assessing the breeding value of bulls-producers of the Simmental cattle breed according to the characteristics of their daughters' milk productivity. We describe the approach of complex assessment of breeding value of animals based on inclusion of five production traits of dairy productivity: milk yield (kg), mass fraction of fat and protein in milk (%), amount of milk fat and protein (kg). We calculated values of the complex breeding value of bulls-producers using genetic evaluations performed by the BLUP method on a sample of animals from five Russia's regions (Belgorod, Kursk, Voronezh, Orel oblasts, and Altai Krai). For genetic improvement of a particular breeding trait or combination of traits in formation of breeding groups of animals with their subsequent selection in pairs, we propose to carry out additional ranking of producers by construction of optimized breeding indices with modified structures of equations including different indices of milk productivity and their combinations. By calculating the rank correlation coefficient, we determined the level of interrelations between the same bulls evaluated by the general breeding index and the optimized breeding indices (limits of variation were from -0.504 to +0.924). We also carried out generalization of the obtained data with the results of the previously published studies on the optimization of the equations of the index of complex breeding value in the paleo-pasture cattle population, red-pasture and black-pasture breeds.

Breeding value assessment, optimized breeding index, milk production traits, bulls-producers, Simmental breed.

REFERENCES

- Gibson J.P. (1989). Economic weights and index selection of milk production traits when multiple production quotas apply. *Animal Production*, 49, 171–181.
- Hazel L.N., Lush J.L. (1942). The efficiency of three methods of selection. *Journal Heredity*, 33(11), 393–399.
- Henderson C.R. (1963). Selection index and expected genetic advance. *Statistical Genetics and Plan Breeding*, 141–163.
- Ivanović S., Stanojević D., Nastić L., Jeločnik M. (2014). Determination of economic selection index coefficients for dairy cows. *Economics of Agriculture*, 4, 861–875.
- Kharitonov S.N., Altukhova N.S., Mel'nikova E.E. et al. (2020a). Breeding value estimation of sires on their daughter's milk production in various levels of management with simmental cattle. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo=Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*, 6, 8–11 (in Russian).
- Kharitonov S.N., Sermyagin A.A., Ignat'eva L.P. et al. (2019). *Metodika otsenki geneticheskoi tsennosti bykov proizvoditelei na regional'nom i federal'nom urovnyakh upravleniya plemennymi resursami* [Methodology for Assessing the Genetic Value of Bulls Breeders at the Regional and Federal Levels of Breeding Resources Management]. Dubrovitsy: VNIIZh im. akad. L.K. Ernsta.
- Kharitonov S.N., Sermyagin A.A., Mel'nikova E.E. et al. (2020b). *Teoreticheskie osnovy geneticheskogo sovershenstvovaniya populyatsii zivotnykh: rukovodstvo* [Theoretical Foundations of Genetic Improvement of Animal Populations: Manual]. Dubrovitsy: VNIIZh im. akad. L.K. Ernsta.
- Kharitonov S.N., Yanchukov I.N., Ermilov A.N. (2011). Improvement of the dairy cattle evaluation system based on a set of exterior indicators. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii=Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 4, 103–113 (in Russian).
- Kuznetsov V.M. (2012). Breeding evaluation of animals: Past, present, future. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh=Problems of Productive Animal Biology*, 4, 18–57 (in Russian).
- Luk'yanov K.I., Fedyaev P.M. (2016). Current trends in the index evaluation of breeding value of dairy cattle. *Genetika i razvedenie zivotnykh=Genetics and Breeding of Animals*, 4, 11–19 (in Russian).

- Mel'nikova E.E., Kharitonov S.N., Yanchukov I.N. et al. (2018). Breeding index as an economic component of the basis of breeding work in dairy cattle breeding. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii=Economy of Agricultural and Processing Enterprises*, 8, 29–33 (in Russian).
- Mel'nikova E.E., Yanchukov I.N., Ermilov A.N. et al. (2017). Breeding index of breeding value of cows of the Moscow Oblast black-motley cattle population. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii=Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 1, 85–97 (in Russian).
- Miglior F., Muir B.L., Van Doormaal B.J. (2005). Selection indices in Holstein cattle of various countries. *Journal of Dairy Science*, 88, 255–1263.
- National genetic evaluation forms provided by countries*. Available at: <https://interbull.org/ib/geforms>
- Romanova E.A., Tulinova O.V., Berezina V.V., Krysova E.V. (2021). Selection efficiency of first-calf heifers using various index scores in Ayrshire dairy cattle herds. *AgroZooTekhnika=Agricultural and Lifestock Technology*, 4(3) (in Russian).
- Savinov A.V. (2022). Analysis of the structure of the selection index of the complex evaluation of bulls-producers of red-motley breed. In: *Sb. trudov, priurochennykh k 75-i Vseros. studencheskoi nauch.-prakt. konf., posv. 150-letiyu so dnya rozhdeniya E.A. Bogdanova* [Proceedings, Timed to the 75th All-Russian Student Scientific and Practical Conference dedicated to the 150th Anniversary of E.A. Bogdanov]. Moscow: OOO "Megapolis" (in Russian).
- Savinov A.V., Altukhova N.S. (2022). Optimization of the breeding index equation for the paleowintered cattle population. In: *Studenchestvo Rossii: vek XXI: mat-ly VIII Vseros. molodezhnoi nauch.-prakt. konf. (Orel, 15 dekabrya 2021 g.)* [Studentship of Russia: Century 21st: Materials of the 8th All-Russian Youth Scientific and Practical Conference (Orel, December 15, 2021)]. Orel: Orlovskii gos. agrarnyi un-t im. N.V. Parakhina (in Russian).
- Van Raden P.M. (2002). Selection of dairy cattle for lifetime profit. In: *Proceedings, 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier*. France, 127–130.
- Zaripov O.G., Otradnov P.I., Yanchukov I.N. (2020). Using the indicator "age of positive profitability" to assess the effectiveness of the productive life of cows. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK=Achievements of Science and Technology of AICis*, 34(8), 94–98. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10816 (in Russian).

Information about the authors

Natal'ya S. Altukhova – Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Street, Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: n.altukhova@rgau-msha.ru)

Anton V. Savinov – Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Street, Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: a9296334115@gmail.com)

Aleksei G. Solovykh – Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Street, Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: a.solovykh@rgau-msha.ru)

Ekaterina E. Mel'nikova – Candidate of Sciences (Agriculture), Biostatistician of Bioinformatics Department, OOO "Miratorg-Genetika" (Building 1, Trio-Invest-Yam, Central microdistrict, Domodedovo, Moscow Oblast, 142000, Russian Federation; e-mail: melnikovaee_1982@inbox.ru)