

ПЛЕМЕННАЯ ЦЕННОСТЬ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО КОМПЛЕКСУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ИХ ДОЧЕРЕЙ

С.Н. ХАРИТОНОВ¹, Е.Е. МЕЛЬНИКОВА¹, Н.С. АЛТУХОВА²,
А.П. ПЫЖОВ³, И.А. ЛАШНЕВА¹, О.Ю. ОСАДЧАЯ¹, А.А. СЕРМЯГИН¹

(¹ ФГБОУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»;
² ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;
³ ФГБОУ ДПО «Российская академия менеджмента в животноводстве»)

Настоящая статья посвящена совершенствованию системы прогноза племенной ценности быков-производителей по комплексу показателей молочной продуктивности их дочерей. Исследования были проведены с использованием данных о первотелках черно-пестрой популяции Московской области за период 2011–2015 годы. В качестве исходного уравнения смешанной модели BLUP для оценки генетических особенностей производителей по отдельным показателям молочной продуктивности дочерей была использована ранее оптимизированная авторами структура, в наибольшей степени учитывающая и устраняющая влияние паратипических эффектов на изменчивость изучаемых показателей. Для построения селекционного индекса в анализируемой популяции были рассчитаны коэффициенты наследуемости признаков, фенотипические и генетические варианты между ними. В результате была определена и формализована форма и весовые коэффициенты отдельных признаков в селекционном индексе. Для определения эффективности использования разработанного индекса было проведено моделирование селекционного процесса в популяции при формировании селекционных групп животных на основе разной интенсивности их отбора. Полученные результаты убедительно доказывают преимущество селекционного индекса при оценке генетических значений особей по совокупности анализируемых признаков и при их отборе в селекционные группы отцов быков и коров в популяции. Преимущество отбора животных по селекционному индексу составило 3–10% по сравнению с селекцией по удою, выходу молочного жира и белка и 1,7–30,9% по содержанию жира и белка в молоке. Таким образом, результаты проведенных исследований убедительно доказывают принципиальную необходимость использования селекционного индекса при бонитировке животных (комплексной оценке племенных и продуктивных качеств особей) и оптимизации селекционных программ генетического совершенствования пород и популяций молочного скота.

Ключевые слова: селекционный индекс, племенная ценность, метод BLUP, быки-производители, селекционные группы животных, коэффициент наследуемости, генетические и фенотипические варианты и ковариансы, селекционно-генетические параметры, интенсивность отбора.

Введение

В современных социально-экономических условиях основной задачей селекционно-племенной работы с популяциями животных и, в частности, в молочном скотоводстве является формирование оптимальной структуры селекционных групп, в которых отобранные особи обладают лучшими генетическими особенностями по целому комплексу селекционных показателей [6]. С этой целью на каждом этапе селекционной программы осуществляется выбор наиболее ценных животных, генетический материал которых позволяет максимизировать темпы генетического прогресса целой популяции молочного скота из поколения в поколение [4, 7].

В настоящее время в Российской Федерации оценка племенных качеств животных проводится на основе двух нормативных документов:

1. «Инструкция по проверке и оценке быков молочных и молочно-мясных пород по качеству потомства» [3].

2. «Инструкция по бонитировке крупного рогатого скота молочных и молочно-мясных пород» [2].

Оба этих норматива были разработаны еще более пятидесяти лет тому назад, по своей сути давно морально устарели и не отвечают современным воззрениям, как с научной, так и производственной точек зрения. В качестве альтернативы L. Hazel [8] разработал еще в середине прошлого века основные концептуальные положения построения селекционного индекса, который с успехом применяется в зарубежных селекционных программах с популяциями сельскохозяйственных животных [4, 5].

В соответствии с этим, целью настоящей работы являлась адаптация теории построения селекционного индекса для оценки и отбора быков-производителей по комплексу показателей молочной продуктивности их дочерей.

Материал и методика

В качестве исходной информации была использована региональная база данных племенного молочного скота Московской области, представленная для исследований региональным информационно-селекционным центром «Мосплемиформ». Общий объем информации насчитывал 63533 записи о показателях продуктивности первотелок голштинизированного молочного скота, лактировавших в период с 2011 по 2015 годы. Из представленного массива данных на основе специально разработанной компьютерной программы логического контроля были исключены 974 записи (1,5%), не удовлетворявшие по качеству исходной информации (97,9% исключенных записей не соответствовали требованиям по возрасту первого отела или продолжительности лактации, а остальные 2,1% – по количеству надоенного за лактацию молока или по значениям его качественных характеристик). В итоге в обработку была включена информация о продуктивности 62559 первотелок – дочерей 292 производителей. В качестве базового уровня оценки племенных качеств быков-производителей по отдельным показателям молочной продуктивности дочерей (удой, содержание жира и белка в молоке, количество молочного жира и молочного белка) была использована модель BLUP (наилучшего линейного несмещенного прогноза), эффективность применения которой была доказана нами ранее [1].

$$y = \mu + HYS + b_1 AFC + b_2 LP + S + e,$$

где y – вектор оцениваемых показателей молочной продуктивности коров; μ – популяционная константа; AFC – возраст 1-го отела в месяцах; b_1 – коэффициент линейной регрессии показателя « y » на возраст 1-го отела; LP – продолжительность лактации в днях; b_2 – коэффициент квадратичной регрессии показателя « y » на продолжительность лактации; HYS – фиксированный эффект «стадо-год-сезон» на изменчивость показателя « y »; S – рандомизированный эффект «отец-производитель» на изменчивость показателя « y » ($0, \delta_s$); e – рандомизированный эффект остаточных факторов, не формализованных и не включенных в уравнение модели ($0, \delta_e$).

Общая характеристика исходного массива, сформированного для анализа приведена в таблице 1.

На основе исходного массива информации были определены его селекционно-генетические параметры (коэффициенты наследуемости, фенотипические и генетические варианты и ковариансы, значения фенотипических и генетических

корреляций между исследуемыми показателями молочной продуктивности коров). При оценке были исследованы общепринятые в популяционной генетике методики и приемы расчета искомых параметров [6].

Таблица 1

Фенотипические характеристики исходного набора данных в исследовании

Показатель	Среднее значение	Стандартное отклонение	Экстремальные значения	
			Min	Max
Удой, кг	6612,1	1416,97	1025	12109
Содержание жира в молоке, %	4,05	0,41	2,32	7,10
Выход молочного жира, кг	267,64	62,90	49,70	315,1
Содержание белка в молоке, %	3,25	0,19	2,33	4,56
Выход молочного белка, кг	216,3	46,9	39,9	294,7
Возраст 1-го отела, мес.	27,07	3,67	20,0	40,0
Продолжительность лактации, дн.	326,0	15,9	240,0	380,0

Селекционный индекс был построен на основе методологии максимизации коэффициента корреляции истинной ценности животных и их оценкой по селекционному индексу [8], уравнение которого определяется в виде:

$$SI = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5,$$

где SI – значение селекционного индекса; $b_1 \dots, b_5$ – весовые значения коэффициентов признаков; x_1, \dots, x_5 – оценка племенных качеств быков по селекционным признакам, установленные по уравнению модели BLUP, приведенному выше.

Результаты и обсуждения

На первом этапе исследований были определены оценки племенных качеств быков-производителей по выбранным показателям молочной продуктивности их дочерей. Спектр полученных оценок был достаточно широк практически по всем выбранным селекционным признакам: по удою – от +1336 кг до –2734 кг, по содержанию жира в молоке – от +0,64% до –0,48%, по количеству молочного жира – от +81,78 кг до – 136,41кг, по содержанию белка в молоке – от +0,28% до –0,22%, по количеству молочного белка – от +34,10 кг до –90,28 кг. При этом, следует отметить, что быки с достаточно высокими индексами племенной ценности по одному признаку имели неоднозначные оценки по другим признакам, что фактически отрицает возможность сформировать оптимальные группы отцов быков и отцов коров за счет особей, характеризующихся лучшими показателями по отдельным признакам дочерей. В подтверждение этого факта были рассчитаны величины коэффициентов наследуемости признаков в популяции, а также значения генетической и фенотипической корреляции между рассматриваемыми признаками молочной продуктивности коров (табл. 2).

Полученные результаты полностью подтвердили выше обозначенную рабочую гипотезу: высокие значения фенотипических и генетических корреляций были определены только в парах «удой – количество молочного жира» (+0,882 и +0,895), «удой – количество молочного белка» (+0,948 и +0,955) и «количество молочного жира – количество молочного белка» (+0,850 и +0,770 соответственно). В остальных рассматриваемых парах признаков найдены умеренные и низкие значения взаимосвязей, причем как положительные, так и отрицательные. Это означает, что близкие к нулю значения коэффициентов корреляции характеризуют признаки как практически независимые (например, «количество молочного жира – содержание белка в молоке», «количество молочного белка – содержание белка в молоке» и ряд других). Таким образом, для отбора быков-производителей черно-пестрой популяции молочного скота Московской области по совокупности показателей их племенной ценности по молочной продуктивности дочерей представляется необходимым построение селекционного индекса животных на этом этапе секционно-племенной программы.

Таблица 2

Значения коэффициентов наследуемости, генетической и фенотипической корреляции*

Признаки	Удой, кг	Содержание жира в молоке, %	Количество молочного жира, кг	Содержание белка в молоке, %	Количество молочного белка, кг
Удой, кг	0,184	-0,198	+0,882	-0,335	+0,948
Содержание жира в молоке, %	-0,151	0,248	+0,291	0	-0,110
Количество молочного жира, кг	+0,895	+0,291	0,182	-0,101	+0,850
Содержание белка в молоке, %	-0,164	0	-0,093	0,216	
Количество молочного белка, кг	+0,955	-0,011	+0,770	+0,127	0,160

*Генетические корреляции – выше диагонали;
Фенотипические корреляции – ниже диагонали;
Коэффициенты наследуемости – по диагонали.

Согласно общей идеологии построения селекционного индекса, адаптированной для решения этой задачи, были определены в исследуемой популяции животных значения фенотипических и генетических вариантов и коварианс признаков (табл. 3).

На основе полученных результатов оценки селекционно-генетических параметров молочной продуктивности признаков в популяции рассчитали весовые коэффициенты пяти субиндексов:

- для удоя:

$$I_1 = 0,2071x_1 - 52,5706x_2 + 0,1371x_3 - 207,4062x_4 - 1,1313x_5;$$

- для содержания жира в молоке:

$$I_2 = 0x_1 + 0,2994x_2 - 0,0008x_3 - 0,0185x_4 + 0,0005x_5;$$

- для количества молочного жира:

$$I_3 = -0,0063x_1 - 6,7152x_2 + 0,3014x_3 - 8,1554x_4 + 0,0396x_5;$$

- для содержания белка в молоке:

$$I_4 = 0x_1 - 0,1511x_2 + 0,0023x_3 + 0,4508x_4 + 0,0001x_5;$$

- для количества молочного белка:

$$I_5 = -0,0034x_1 - 0,9239x_2 + 0,0116x_3 - 12,5628x_4 + 0,2549x_5.$$

Таблица 3

Фенотипические и генетические варианты и ковариансы признаков молочной продуктивности дочерей оцениваемых быков-производителей*

Признаки	Удой, кг	Содержание жира в молоке, %	Количество молочного жира, кг	Содержание белка в молоке, %	Количество молочного белка, кг
Удой, кг	1033269,46	-43,00	+38842,46	-24,42	-323909,93
	190121,58				
Содержание жира в молоке, %	-11,47	0,08	+3,48	0,00	-1,03
		0,02			
Количество молочного жира, кг	+7006,09	+0,74	1826,04	-0,61	+1090,20
			331,99		
Содержание белка в молоке, %	-9,98	0,00	-0,17	0,02	+0,61
				0,01	
Количество молочного белка, кг	+5527,10	-0,15	+205,61	-0,02	1098,22
					176,24

*На диагонали – фенотипические (вверху) и генетические (внизу) варианты признаков; Выше диагонали – фенотипические ковариансы; Ниже диагонали – генетические ковариансы.

Как и предполагалось при анализе значений вариантов и ковариансов, полученных в исследуемой популяции, структуры субиндексов отдельных показателей молочной продуктивности коров существенно различаются, поскольку как генетические, так и фенотипические взаимосвязи разных признаков имеют различную направленность и отличаются между собой по величинам абсолютных значений.

Для объединения полученных субиндексов в единый селекционный индекс племенной ценности быков по совокупности показателей молочной продуктивности их дочерей на основе экспертной оценки были приняты следующие экономические веса для:

- удоя – 2;
- содержания жира в молоке – 7;

- количества молочного жира – 4;
- содержания белка в молоке – 10,5;
- количества молочного белка – 6.

Эти значения были получены на базе анализа существующих в Московской области экономических взаимоотношений между производителями молока и основными предприятиями его переработки и представляют собой соотносительную экономическую значимость каждого отдельного селекционного признака в комплексной оценке племенных животных.

В результате было рассчитано уравнение селекционного индекса оценки племенных качеств быков-производителей по молочной продуктивности дочерей в черно-пестрой популяции молочного скота Московской области:

$$I = 0,9899x_1 + 213,9958x_2 + 20,5107x_3 + 0,5814x_4 + 3458,8706x_5,$$

где x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 – значения оценок племенной ценности быков-производителей по удою, содержанию жира в молоке, выходу молочного жира, содержанию белка в молоке и выходу молочного жира у дочерей, соответственно, при их оценке по потомству.

Для сопоставления эффективности формирования селекционных групп производителей на основе показателей их оценки по отдельным признакам молочной продуктивности дочерей и отбором по селекционному индексу смоделировали процесс выбора лучших генотипов с разной интенсивностью селекции (табл. 4).

Таблица 4

Эффективность отбора быков-производителей на основе их оценки по отдельным показателям молочной продуктивности дочерей и селекционному индексу

Показатель	Интенсивность отбора							
	10%		25%		50%		75%	
	Селекционный индекс	%	Селекционный индекс	%	Селекционный индекс	%	Селекционный индекс	%
Удой, кг	+1032,0	90,2	+717,5	89,3	+463,8	91,1	+252,7	87,9
Содержание жира в молоке, %	+91,3	8,3	+19,6	2,4	+95,1	18,7	+88,9	30,9
Количество молочного жира, кг	+1112,4	97,3	+758,8	94,5	+484,1	95,0	+279,1	97,1
Содержание белка в молоке, %	+19,9	1,7	+86,8	10,8	+76,9	15,1	+54,7	19,0
Количество молочного белка, кг	+1101,8	96,3	+752,9	93,7	+477,8	93,8	+266,8	92,8
Селекционный индекс	+1143,7	100	+803,2	100	+509,3	100	+287,5	100

Как показывают результаты, потери в эффективности отбора генотипов в селекционные группы наименее ощутимы при оценке особей по индексу удою

(на уровне 10%), индексу выхода молочного жира (на уровне 3–5%) и по индексу выхода молочного белка (на уровне 3–7%). Учитывая, что и количество молочного жира, и количество молочного белка сами по себе представляют композитные показатели, которые имеют высокую корреляционную связь с количеством надоев молока (0,97–0,98), следует заключить, что при отсутствии селекционного индекса молочной продуктивности животных в популяции наиболее значимым селекционным показателем в современных экономических условиях производства молока в Московской области является удой. Что касается качественных показателей молока (содержание жира и белка в молоке), эффективность отбора особей на основе их оценки крайне низка: по массовой доле жира в молоке – 2,4%–30,9%, а по массовой доле белка в молоке – 1,7%–19,0% от оптимума.

Более подробная характеристика смоделированного процесса формирования селекционных групп животных в зависимости от принципа и интенсивности отбора особей приведена в таблице 5.

Таблица 5

**Характеристика селекционных групп быков-производителей
в зависимости от принципа и интенсивности их отбора**

Интенсивность отбора	Показатели					
	удой, кг	кг жира	% жира	кг белка	% белка	Селекционный индекс
	Отбор по удою					
10%	+643.799	+24.329	-0.027	17.021	-0.031	+1031.978
25%	+463.946	+16.876	-0.029	12.656	-0.026	+717.497
50%	+299.748	+10.456	-0.027	8.569	-0.013	+463.768
75%	+168.532	+5.604	-0.019	4.686	-0.008	252.715
	Отбор по кг жира					
10%	+587.363	+26.862	+0.040	16.573	-0.011	+1112.419
25%	+409.638	+18.657	+0.030	11.691	-0.012	+758.792
50%	+253.729	+11.778	+0.022	7.553	-0.005	+484.068
75%	+150.286	+6.643	+0.008	4.433	-0.003	+279.119
	Отбор по % жира					
10%	-240.946	+6.279	+0.251	-5.235	+0.043	+91.306
25%	-174.208	+3.072	+0.156	-4.003	+0.028	+19.642
50%	-48.582	+3.628	+0.088	-0.804	+0.015	+95.052
75%	-4.315	+2.750	+0.046	0.400	+0.008	+88.891

Интенсивность отбора	Показатели					
	удой, кг	кг жира	% жира	кг белка	% белка	Селекционный индекс
	Отбор по кг белка					
10%	+582.166	+24.121	+0.007	19.571	+0.005	+1101.845
25%	+425.344	+15.886	-0.021	14.160	+0.001	+752.939
50%	+278.593	+9.966	-0.022	9.162	-0.001	+477.795
75%	+154.475	+5.564	-0.012	5.048	+0.000	+266.771
	Отбор по % белка					
10%	-273.425	-5.273	+0.102	-2.166	+0.109	+19.855
25%	-135.675	-2.432	+0.052	+0.471	+0.075	+86.845
50%	-70.630	-0.853	+0.033	+0.720	+0.045	+76.899
75%	-30.822	-0.210	+0.017	+0.676	+0.025	+54.653
	Отбор по селекционному индексу					
10%	+589.873	+25.931	+0.027	+17.654	+0.003	+1143.726
25%	+424.509	+17.752	+0.008	+13.080	+0.003	+803.206
50%	+267.985	+11.181	+0.004	+8.549	+0.003	+509.344
75%	+149.213	+6.302	+0.004	+4.700	+0.002	+287.463

Весьма показательно, что при отборе быков-производителей по отдельным селекционным признакам (фактически, вне зависимости от интенсивности отбора) в группу отобранных животных будут включены особи, не только генетически не улучшающие животных популяции по другим хозяйственно-полезным признакам, а способствующие даже их наследственному ухудшению. Например, если отбирать быков по индексу удою дочерей, то сформированные селекционные группы содержат животных с генетическими задатками, способствующими снижению показателей молока (содержание жира и содержание белка в молоке) у потомства. Аналогичная ситуация наблюдается и при формировании групп производителей по другим отдельным селекционным показателям. И лишь в случае отбора быков по разработанному селекционному индексу все селекционные группы включают особей с позитивными значениями племенной ценности по всем хозяйственно-полезным признакам.

Заключение

Полученные результаты моделирования селекционного процесса в популяции черно-пестрого скота Московской области убедительно доказывают необходимость построения селекционного индекса генетической ценности племенных животных,

на основе которого следует оптимизировать комплектование селекционных групп особей, способствующих генетическому совершенствованию популяции как по отдельным признакам молочной продуктивности, так и по их комплексу.

Исследования проведены при поддержке Минобрнауки России, регистрационный номер темы № АААА-А18-118021590134-3

Библиографический список

1. Харитонов С.Н. Эффективность использования уравнений модели BLUP для прогноза племенной ценности быков-производителей по молочной продуктивности дочерей / С.Н. Харитонов А.А. Сермягин Е.Е. Мельникова О.Ю. Осадчая И.Н. Янчуков А.Н. Ермилов // Молочное и мясное скотоводство. – 2018 г. – № 3 – С. 7–11.
2. Инструкция по бонитировке крупного рогатого скота молочных и молочно-мясных пород / МСХ СССР. М.: Колос. – 1975 – 30 с.
3. Инструкция по проверке и оценке быков молочных и молочно-мясных пород по качеству потомства / МСХ СССР. М.: Колос. – 1980 – 15 с.
4. Мельникова Е.Е. Селекционный индекс как экономическая составляющая основы племенной работы в молочном скотоводстве / Е.Е. Мельникова С.Н. Харитонов И.Н. Янчуков Л.В. Ионова А.Н. Ермилов А.А. Сермягин Н.А. Зиновьева // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий – 2018 – № 8 – С. 29–33
5. Мельникова Е.Е. Критерии отбора особей при формировании селекционной группы матерей-коров по признакам молочной продуктивности / Е.Е. Мельникова А.А. Сермягин С.Н. Харитонов И.Н. Янчуков А.Н. Ермилов Н.А. Зиновьева // Достижения науки и техники АПК – 2018 – № 5 – С. 59–62.
6. Caps M. Biostatistics for animal science / M. Caps W. Lamberson. CABI Head office, Oxfordshire, UK, 2-nd edition – 2015–504 p.p.
7. Mao I. Modeling and data analysis in animal breeding / I.L. Mao. Swedish University of Agricultural Sciences, Notes for Internordic post-graduate course, Uppsala, Sweden – 1982–420 p.p.
8. Hazel L. The genetic basis for constructing selection indexes / L. Hazel // J. Genetics – 1943 – № 28 – p. 476–490

ESTIMATING BREEDING VALUE OF BULL SIRES BASED ON COMPLEX INDICATORS OF THEIR DAUGHTERS' LACTATION PERFORMANCE

S.N. KHARITONOV¹, YE. YE. MELNIKOVA¹, N.S. ALTUKHOVA²,
A.P. PYZHOV³, I.A. LASHNEVA¹, O.YU. OSADCHAYA¹, A.A. SERMYAGIN¹

¹ L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry,

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

³ Russian Academy of Management in Animal Husbandry)

This paper is aimed at improving the system of assessing the breeding value of bulls by set complex indicators of their daughters' lactation performance. The authors carried out studies using a database for first-calving cows of black-motley population of the Moscow region for the period 2011–2015. The authors used a previously optimized structure as the initial equation of the BLUP mixed model for assessing the genetic features of bull sires for each indicator of their daughters' lactation performance. This model takes into account and eliminates the paratypic

effects on the variability of studied parameter to the greatest extent. To construct a selection index in the studied population, coefficients of heritability, as well as phenotypic and genetic variants (covariants) of traits were calculated. As a result, the form and weight coefficients for each trait in the selection index were determined and formalized. To determine the effectiveness of using the developed selection index, the breeding process in the population was simulated during the formation of animal breeding groups based on the different intensity of their selection. The results obtained convincingly prove the advantage of the selection index in assessing the genetic values of animals in terms of the totality of the analyzed traits and in their selection into breeding groups as the birth fathers of bulls and cows in the current population. The advantage of selecting animals according to the index was 3.0–10.0% as compared with the selection only for milk yield, milk fat and milk protein, and 1.7–30.9% for the fat and protein content. Thus, the study results convincingly prove the fundamental necessity to use a selection index when assessing animals (comprehensive assessment of breeding and productive features of individuals) and optimizing breeding programs for genetic improvement of dairy cattle breeds and populations in Russia.

Key words: selection index, breeding value, BLUP, bull-sires, selection groups of animals, heritability, genetic and phenotypical variances and covariances, population selection and genetic characteristics, intensity of animal selection.

References

1. Kharitonov S.N. Effektivnost' ispol'zovaniya uravneniy modeli BLUP dlya prognoza plemennoy tsennosti bykov-proizvoditeley po molochnoy produktivnosti docherey [Efficiency of using the BLUP model equations for predicting the breeding value of bull-sires by the dairy productivity of their daughters] / S.N. Kharitonov, A.A. Sermyagin, Ye.Ye. Mel'nikova, O.Yu. Osadchaya, I.N. Yanchukov, A.N. Yermilov // *Molochnoye i myasnoye skotovodstvo*. – 2018; no.3: 7–11. (In Rus.)
2. Instruktsiya po bonitirovke krupnogo rogatogo skota molochnykh i molochno-myasnykh porod [Instructions for the qualification of dairy and dairy-beef cattle] / MSKH SSSR. M.: Kolos. 1975: 30. (In Rus.)
3. Instruktsiya po proverke i otsenke bykov molochnykh i molochno-myasnykh porod po kachestvu potomstva [Instructions for testing and evaluating dairy and dairy-beef breed bulls by their progeny quality] / MSKH SSSR. M.: Kolos. 1980: 15. (In Rus.)
4. Mel'nikova Ye.Ye. Seleksionnyy indeks kak ekonomicheskaya sostavlyayushchaya osnovy plemennoy raboty v molochnom skotovodstve [Selection index as an economic component of the breeding work basis in dairy cattle breeding] / Ye.Ye. Mel'nikova, S.N. Kharitonov, I.N. Yanchukov, L.V. Ionov, A.N. Yermilov, A.A. Sermyagin, N.A. Zinov'yeva // *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy*. 2018; no.8: 29–33. (In Rus.)
5. Mel'nikova Ye.Ye. Kriterii otbora osobey pri formirovanii seleksionnoy gruppy materey-korov po priznakam molochnoy produktivnosti [Criteria for the selection of individual animals in the formation of a selection group of mothers-cows on the milk yield basis] / Ye.Ye. Mel'nikova, A.A. Sermyagin, S.N. Kharitonov, I.N. Yanchukov, A.N. Yermilov, N.A. Zinov'yeva // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018; no.5: 59–62. (In Rus.)
6. Kaps M. Biostatistics for animal science / M. Caps W. Lamberson. CABI Head office, Oxfordshire, UK, 2nd edition. 2015: 504. (In English)
7. Mao I. Modeling and data analysis in animal breeding / I.L. Mao. Swedish University of Agricultural Sciences, Notes for Internordic post-graduate course, Uppsala, Sweden. 1982: 420. (In English)
8. Hazel L. The genetic basis for constructing selection indexes / L. Hazel // *J. Genetics*. 1943; no.28: 476–490. (In English)

Харитонов Сергей Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская обл., Городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60; e-mail: kharitonovsn@vij.ru).

Мельникова Екатерина Евгеньевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская обл., Городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60; e-mail: melnikovae@vij.ru).

Алтухова Наталья Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и разведения животных; РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул.Тимирязевская,49; e-mail: n.nadeeva@yahoo.com).

Пыжов Анатолий Петрович – кандидат биологических наук, профессор, ректор ФГБОУ ДП Российская академия менеджмента в животноводстве; (142143 Московская область, Городской округ Подольск, поселок Быково, ул. Академическая, д. 9; e-mail: rector@ramj.ru)

Лашнева Ирина Алексеевна – аспирант ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская область, Городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60; e-mail: lashnevair@gmail.com)

Осадчая Ольга Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская обл., Городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60; e-mail: olgaosd@vij.ru).

Сермягин Александр Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории популяционной генетики и разведения животных; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская обл., Городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60; e-mail: popgen@vij.ru).

Sergey N. Kharitonov – DSc (Ag), Professor, Key Research Associate; L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (142132, Russia, Podolsk, Dubrovitsy, 60; e-mail: kharitonovsn@vij.ru).

Yekaterina Ye. Melnikova – PhD (Ag), Senior Research Associate; L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (142132, Russia, Podolsk, Dubrovitsy, 60; e-mail: melnikovae@vij.ru);

Nataliya S. Altukhova – PhD (Ag), Associate Professor, the Department of Animal Feeding and Breeding; Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; e-mail: n.nadeeva@yahoo.com).

Anatoliy P. Pyzhov – PhD (Bio), Professor, Rector, Russian Academy of Management in Animal Husbandry; (142143 Russia, Podolsk, Bykovo, Akademicheskaya Str., 9; e-mail: rector@ramj.ru)

Irina A. Lashneva – postgraduate student, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, (142132, Russia, Podolsk, Dubrovitsy, 60; e-mail: lashnevair@gmail.com);

Olga Yu. Osadchaya – PhD (Ag), Deputy Director, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, (142132, Russia, Podolsk, Dubrovitsy, 60; e-mail: olgaosd@vij.ru).

Aleksandr A. Sermyagin – PhD (Ag), Head of Population Genetics and Animal Breeding Laboratory; L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (142132, Russia, Podolsk, Dubrovitsy, 60; e-mail: popgen@vij.ru).