

DOI: 10.37925/0039-713X-2024-3-9-13

УДК 636.4.033/636.02/637.661

Оценка племенной ценности свиней крупной белой породы

на основе применения уравнения смешанной модели



А.Ф. КОНТЭ, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: alexandrconte@yandex.ru, А.А. БЕЛОУС, кандидат биолог. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: belousa663@gmail.com, В.В. ВОЛКОВА, кандидат биолог. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: moonlit_elf@mail.ru, П.И. ОТРАДНОВ, мл. научный сотрудник, e-mail: deriteronard@gmail.com, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста

Свиноводство – одна из ведущих отраслей животноводства, в которой постоянно внедряются прогрессивные технологии и современные методы селекции. При интенсивной технологии производства свинины повышаются требования к селекции свиней по воспроизводительной, откормочной и мясной продуктивности. Племенная работа в свиноводческих хозяйствах сосредоточена в основном на совершенствовании откормочных, продуктивных и воспроизводительных качеств свиней. В связи с чем целью работы являлось создание комплексной системы оценки племенной ценности продуктивных и воспроизводительных признаков крупной белой породы свиней с использованием селекционного индекса.

Ключевые слова: крупная белая порода свиней, наследуемость, корреляции, селекционный индекс, продуктивность, воспроизводство.

Estimation of breeding value of Large White pigs based on the application of a mixed model

A.F. KONTE, candidate of agricultural sciences, senior researcher, e-mail: alexandrconte@ya.ru, A.A. BELOUS, candidate of biological sciences, senior researcher, e-mail: belousa663@gmail.com, V.V. VOLKOVA, candidate of biological sciences, senior researcher, e-mail: moonlit_elf@mail.ru, P.I. OTRADNOV, junior researcher, e-mail: deriteronard@gmail.com, Federal Research Center for Animal Husbandry named after academy member L.K. Ernst

Pig farming is one of the leading branches of animal husbandry, in which progressive production technologies are constantly being introduced modern selection methods. With intensive pork production technology, the requirements for the selection of pigs for reproductive, fattening and meat productivity increase. Breeding work in pig farms is mainly focused on improving these productive qualities of pigs. The aim of this work was to develop a comprehensive system for assessing the breeding value of productive traits of Large White pigs using a selection index.

Key words: Large White breed of pigs, heritability, correlation, breeding index, linear equation, variants.

■ Введение

Главным направлением развития свиноводства в настоящее время является использование генетического потенциала пород свиней на основе применения таких методов разведения, как скрещивание и гибридизация. Использование в региональных системах разведения свиней специализированных высокопродуктивных пород, типов и линий, в том числе и зарубежной селекции, позволяет получить максимально возможную продуктивность животных, производить свинину хорошего качества,

снизить себестоимость продукции за счет высокого генетического потенциала животных [1, 2].

При интенсивной технологии производства свинины повышаются требования к селекции свиней по воспроизводительной, откормочной и мясной продуктивности. Племенная работа в свиноводческих хозяйствах сосредоточена в основном на совершенствовании этих продуктивных качеств свиней [3, 4].

Крупная белая порода свиней (КБ) наиболее многочисленна в РФ и занимает ведущее положение в племенном и товарном свиноводстве, явля-

ясь материнской основой в ключевых схемах скрещивания и гибридизации. Сохранение и рост продуктивности породы обеспечивает селекционная работа, в частности линейное разведение с оценкой и отбором животных в каждом поколении [5].

Генетический прогресс свиней означает больше, чем усовершенствование технологии производства свинины. Для того чтобы гарантировать выживание отрасли, обязательным является как улучшение качества продукции, так и повышение эффективности производства.

Для достижения этих целей необходима разработка организованных систематических программ селекции свиней. Основными компонентами программ по усовершенствованию являются:

- точное измерение уровня экономически значимых признаков;
- использование универсальной процедуры генетической оценки и компьютерного анализа данных;
- анализ полученных результатов в селекции свиней.

Никакой генетический прогресс не может быть достигнут, если селекционеры не применяют точно оцененных, генетически выдающихся животных. Никакой генетический прогресс не может быть реализован, если производители не используют потомков этих же животных в своей программе по разведению [6].

Генетическая пластичность породы свиней КБ позволяет менять направление селекции от сального до мясного, дает возможность адаптировать породу в любых природно-климатических регионах [7].

Генетическая составляющая наследуемости признаков в потомстве зависит от степени наследуемости признака, его повторяемости и генетической связи с другими признаками. Из числа показателей, определяющих генетическую возможность улучшения продуктивных качеств в свиноводстве, особое место отводится показателю корреляции селекционных признаков. При селекции по какому-либо свойству важно определить степень и направление взаимосвязи его с другими признаками [8].

Целью работы являлось создание комплексной системы оценки племенной ценности продуктивных и воспроизводительных признаков свиней крупной белой породы с использованием селекционного индекса.

Задачи исследования:

- установить секционно-генетические параметры изменчивости признаков свиней породы КБ;
- провести анализ генетических корреляций показателей свиней;
- определить весовые коэффициенты и произвести расчет субиндексов для конструирования селекционного индекса;
- сопоставить оценки племенной ценности (EBV) между собой через селекционный индекс.

■ Материалы и методы исследования

Исследования были проведены на основе базы ООО СГЦ «Топ Ген» (п. Верхняя Хава, Воронежская обл.). Изучались хозяйственно-биологические признаки качества свиней крупной белой породы численностью 299 голов. Учитывали количество производителей в исследовании в размере 40 голов.

В совокупности всех составляющих элементов точность оценки индивидуальных особенностей животного обладает главным значением, которое в общем определяется выверенным построением уравнения. Максимизация точности оценки племенных качеств базируется на использовании корректной информации о родственниках, которая фиксируется посредством матрицы родства в условиях модели смешанного уравнения.

Уравнение селекционного индекса имеет вид:

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

где a_i – коэффициент веса k -го признака в структуре индекса, x_n – оценка племенной ценности k -го признака.

В матричном виде селекционный индекс приобретает вид:

$$I = \sum_{k=1}^t X_k a_k = X' a, \quad (2)$$

где X_k – оценка племенной ценности i -го признака, a_k – индексный вес i -го признака, X' – вектор значений оценок племенной ценности свиней по включенным в индекс признакам, $a = [a_1, a_2, \dots, a_n]$ – вектор индексных весов.

Максимальное увеличение корреляционной связи между значениями индекса и агрегатного генотипа является одним из основных критериев выбора индексных весов. Индексные веса, соответствующие этому критерию, служат решением системы уравнений:

$$a = P_0^{-1} G_{0H} V, \quad (3)$$

где P_0^{-1} – обратная фенотипическая ковариационная матрица признаков, включенных в селекционный индекс, G_{0H} – аддитивная генетическая ковариационная матрица между признаками, включенными в селекционный индекс, и признаками, включенными в агрегатный генотип, V – селекционный вес признака.

На основе программной оболочки REMLF90 программы BLUPF90 получены расчетные значения генотипических коварианс и коварианс изучаемых признаков свиней в соответствии с уравнениями модели [9]:

$$y = \mu + YM + YMF + aml + e, \quad (4)$$

где μ – популяционная константа, YM – «год – месяц рождения», фиксированный эффект животного, YMF – «год – месяц опороса» животного, aml – эффект животного, рандомизированный эффект, e – остаточная вариация модели [10, 11].

$$y = \mu + YM + YMF + sr + e, \quad (5)$$

где μ – популяционная константа, YM – «год – месяц рождения», фиксированный эффект животного, YMF – «год – месяц опороса» животного, sr – эффект отца, рандомизированный эффект, e – остаточная вариация модели [10, 11].

Первая модель (Animal Model) может нам оценить свинок, а вторая (Sire Model) – хрячков.

Вариансные и ковариансные параметры выборки установлены методом последовательных замещений (итерации) Гаусса – Зейделя [11, 12].

Согласно модели смешанного типа, охватывающей все взаимосвязанные показатели, оценивали паратипические и генетические корреляции.

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

■ Результаты исследования

К хозяйственно-биологическим признакам были отнесены следующие: вес, толщина шпика в области холки и между шестым-седьмым спинными позвонками, количество живорожденных поросят, а также число хрячков и свинок, полученных в среднем за опорос (**табл. 1**).

Изучаемые свиньи породы КБ на момент опороса имели 215,7 кг живого веса при толщине шпика в области холки и между шестым-седьмым спинными позвонками 0,41–0,49 фута. При этом наименьшей изменчивостью характеризуется живой вес – его коэффициент вариации составляет всего 10,6%. Наивысшими показателями данного

коэффициента отличаются такие признаки, как количество хрячков и свинок (33,3–38,2%).

Генетическое разнообразие признаков свиней исследуемого поголовья по двум моделям (Animal и Sire Model) находилось на уровне 0,002–257,0% и 0,0001–17,7% (табл. 2). При этом по ряду признаков наблюдается разница в несколько раз между фенотипической и генетической изменчивостью.

Наибольшей изменчивостью характеризовались живой вес, количество живорожденных поросят, число хрячков и свинок.

Если обратить внимание на значения наследуемости, то здесь заметны различия и между самими моделями (табл. 3).

Наивысшим значением наследуемости по Animal Model выделяется признак живой вес (0,47), в Sire Model он составляет всего 0,14. Толщина шпика в области холки в Sire Model обладает более высоким значением (0,19) в сравнении с другими признаками. При этом в Sire Model значения наследуемости отличались более низкими показателями по отношению к Animal Model.

Также следует обратить внимание на характер фенотипической и генетической связи между исследуемыми признаками в зависимости от расчета по двум разным моделям (рис. 1, 2).

Данные коррелограммы показывают, что при расчете согласно Animal Model на примере генетической связи живой вес отрицательно

Таблица 1. Характеристика признаков свиней крупной белой породы

Признак	\bar{M}	m	σ	Cv	kurtosis
Вес, кг	215,7	1,32	22,89	10,6	0,11
Толщина шпика* в области холки	0,49	0,01	0,12	24,3	-0,81
Толщина шпика между 6–7-м спинными позвонками, см	0,41	0,01	0,09	21,6	-1,24
Кол-во живорожденных поросят, гол.	14	0,18	3,12	22,5	0,71
Кол-во хрячков, гол.	8	0,14	2,50	33,3	-0,23
Кол-во свинок, гол.	6	0,14	2,42	38,2	-0,21

Примечание: \bar{M} – среднее значение, $\pm m$ – ошибка среднего значения, σ – стандартное отклонение, Cv – коэффициент вариации, kurtosis – коэффициент эксцесса.

*Толщина шпика приведена в футах.

Таблица 2. Характеристика изменчивости признаков свиней крупной белой породы

Модель	Вариансы	Вес	Толщина шпика в области холки	Толщина шпика между 6–7-м спинными позвонками	Кол-во живорожденных поросят	Кол-во хрячков	Кол-во свинок
1 ^A	Var(G) ^B	257,0	0,005	0,002	0,885	0,273	0,573
	Var(Ph)	288,3	0,009	0,006	8,735	5,996	5,184
2	Var(G)	17,7	0,001	0,0001	0,104	0,033	0,063
	Var(Ph)	505,0	0,013	0,007	9,473	6,215	5,673

Примечание: 1^A – Animal Model, 2 – Sire Model, Var(G)^B – генетическая дисперсия, Var(Ph) – фенотипическая дисперсия.

Таблица 3. Наследуемость изучаемых признаков свиней крупной белой породы (h²)

Признак	Модель	
	1 ^A	2
Вес	0,47	0,14
Толщина шпика в области холки	0,35	0,19
Толщина шпика между 6–7-м спинными позвонками	0,21	0,08
Кол-во живорожденных поросят	0,37	0,04
Кол-во хрячков	0,17	0,02
Кол-во свинок	0,40	0,04

Примечание: 1^A – Animal Model, 2 – Sire Model.

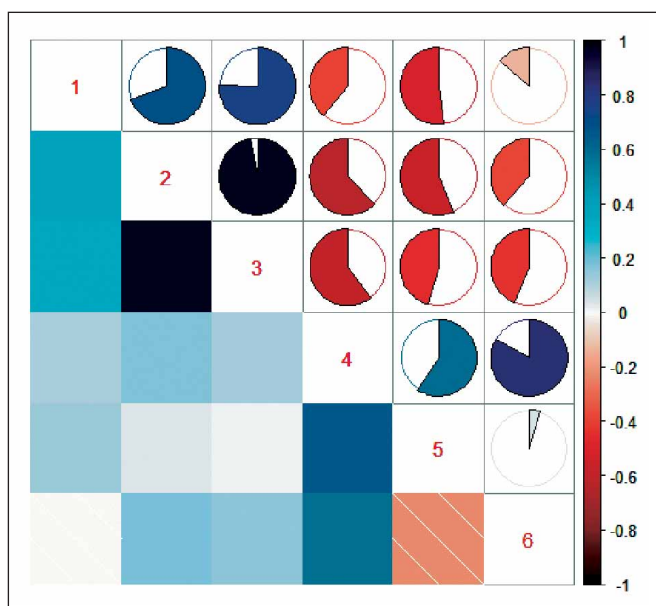


Рис. 1. Коррелограмма связей по модели Animal Model

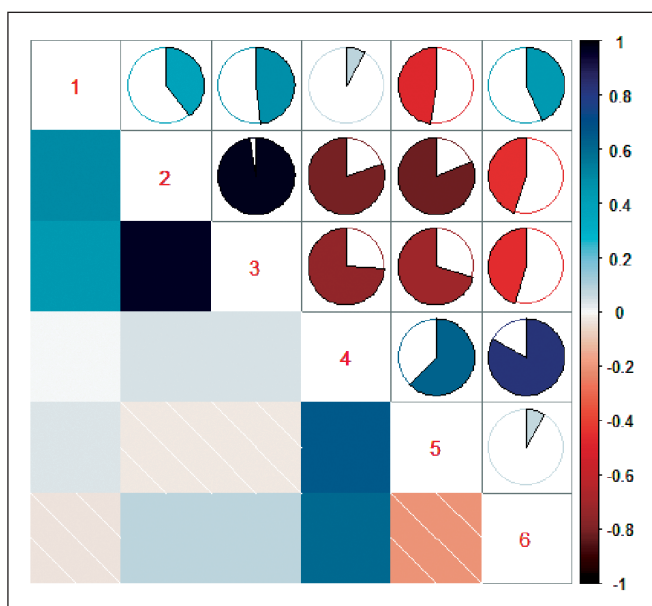


Рис. 2. Коррелограмма связей по модели Sire Model

Примечание. Здесь и далее: выше диагонали – генетические корреляции, ниже – фенотипические корреляции. 1 – живой вес, 2 – толщина шпика в области холки, 3 – толщина шпика между 6–7-м спинными позвонками, 4 – количество живорожденных поросят, 5 – количество хрячков, 6 – количество свинок.

коррелирует с такими показателями, как живорожденные поросята и хрячки, полученные в среднем за опорос ($r = -0,39 \dots -0,52$). При этом живорожденные поросята положительно связаны с количеством хрячков и свинок, полученных при опоросе: $0,59 - 0,83$ – по Animal Model и $0,62 - 0,83$ – по Sire Model.

Фенотипические корреляции несколько отличаются от генетических, а в некоторых случаях имеют противоположный знак. Так, признаки качества потомства имеют отрицательную генетическую связь с толщиной шпика в области холки и между шестым-седьмым спинными позвонками по Animal Model и Sire Model: $r = -0,39 - 0,62$ и $r = -0,45 \dots -0,81$; фенотипические корреляции представляют слабоотрицательную или слаболожительную связь соответственно. Схожая ситуация с Animal Model и Sire Model.

Теоретическая основа расчета селекционного индекса представляет собой племенную оценку животных по совокупному количеству исследуемых признаков. Субиндексы служат частными показателями для каждого из признаков. Они включают в себя оценки каждого признака на основе коварианс, фенотипических и генотипических корреляций (табл. 4, 5).

Неравнозначная ценность аргументов уравнений определяется значениями весовых коэффициентов субиндексов.

Разная степень изменчивости хозяйственно-биологических признаков хрячков и свинок крупной белой породы, а также неодинаковая степень их взаимодействия характеризуют различную информативную картину изучаемых признаков в популяции.

При установлении весовых коэффициентов субиндексов для общего уравнения индекса исследуемых признаков мы опирались на следующий выбранный принцип, согласно которому шесть признаков условно разделены на две группы:

- первая – мясные качества (живой вес, толщина шпика в области холки, толщина шпика между шестым-седьмым спинными позвонками);
- вторая – качество потомства (количество живорожденных поросят, количество хрячков, количество свинок).

В Sire и Animal Model использовался следующий подход: в первом случае $0,5$ (50%) отдали признакам мясных качеств, во втором – $0,7$ (70%) и в третьем – $0,6$ (60%).

Таблица 4. Субиндексы признаков хрячков крупной белой породы

Весовое соотношение	Показатель	Уравнение субиндексов
50/50 ^А	Мясные качества ^В	$I_1 = 1,16x_1 + 208,80x_2 - 297,71x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 86,42x_4 - 88,31x_5 - 84,14x_6$
70/30	Мясные качества	$I_1 = 1,62x_1 + 291,43x_2 - 415,63x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 120,76x_4 - 123,41x_5 - 117,59x_6$
60/40	Мясные качества	$I_1 = 1,39x_1 + 250,36x_2 - 357,03x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 103,69x_4 - 105,96x_5 - 100,97x_6$

Примечание. Здесь и далее: субиндексы получены на основе применения Sire Model. 50/50^А – 0,5 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,5 – селекционный вес признаков качества потомства; 70/30 – 0,7 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,3 – селекционный вес признаков качества потомства; 60/40 – 0,6 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,4 – селекционный вес признаков качества потомства. ^В – шесть признаков условно разделены на две группы: мясные качества (x_1 – живой вес, x_2 – толщина шпика в области холки, x_3 – толщина шпика между 6–7-м спинными позвонками); качество потомства (x_4 – количество живорожденных поросят, x_5 – количество хрячков, x_6 – количество свинок).

Таблица 5. Субиндексы признаков свинок крупной белой породы

Весовое соотношение	Показатель	Уравнение субиндексов
50/50 ^А	Мясные качества ^В	$I_1 = 43,29x_1 + 21933,26x_2 - 25\,039,63x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 2141,43x_4 - 2265,41x_5 - 2233,94x_6$
70/30	Мясные качества	$I_1 = 61,53x_1 + 31\,157,55x_2 - 35\,570,78x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 3043,45x_4 - 3219,59x_5 - 3174,86x_6$
60/40	Мясные качества	$I_1 = 52,47x_1 + 26\,573,54x_2 - 30\,337,34x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 2595,19x_4 - 2745,41x_5 - 2707,27x_6$

Таблица 6. Лучшие и худшие свинки и хрячки крупной белой породы по индексу ETI

	50/50	60/40	70/30
		Лучшие	
№ животного		Свинки	
F3350	116,8	140,8	147,8
24208	117,0	141,2	148,3
35735	117,2	141,8	149,0
H7628	118,2	144,1	151,7
F3944	119,1	146,2	154,2
23007	119,6	147,4	155,6
37275	119,8	148,1	156,4
F3928	119,9	148,2	156,5
H9078	121,0	150,8	159,5
44418	139,1	194,7	211,0
		Хрячки	
42701	106,4	107,6	108,9
42796	107,9	109,5	111,0
14834	108,6	110,3	112,0
42985	109,9	111,9	113,8
42792	113,2	115,8	118,4
42708	116,6	119,9	123,1
43487	118,4	122,1	125,7
42697	121,3	125,5	129,7
12346	125,7	130,8	135,9
42992	151,8	162,2	172,4
		Худшие	
		Свинки	
37484	88,9	73,1	68,5
43725	88,8	72,8	68,1
E6602	88,7	72,5	67,8
35552	88,6	72,4	67,7
15743	88,1	71,1	66,1
D9034	88,0	71,0	66,0
E7202	88,0	70,8	65,8
E6878	87,8	70,5	65,4
F3602	87,2	69,1	63,7
H7756	85,6	65,1	59,1
		Хрячки	
15243	90,1	88,1	86,1
42991	89,5	87,5	85,4
44415	89,4	87,3	85,2
42700	86,6	84,0	81,3
44418	86,5	83,7	81,1
44425	86,2	83,5	80,8
42988	84,8	81,8	78,8
42785	84,5	81,4	78,4
42789	82,0	78,4	74,9
42981	77,8	73,4	69,0

Полученные значения аргументов представили общую структуру селекционного индекса.

1. Sire Model:

$$(50/50) I_{\text{ТОТ}} = 0,5I_1 + 0,5I_2 = 1,16x_1 + 208,80x_2 - 297,71x_3 + 86,42x_4 - 88,31x_5 - 84,14x_6;$$

$$(70/30) I_{\text{ТОТ}} = 0,7I_1 + 0,3I_2 = 1,62x_1 + 291,43x_2 - 415,63x_3 + 120,76x_4 - 123,41x_5 - 117,59x_6;$$

$$(60/40) I_{\text{ТОТ}} = 0,6I_1 + 0,4I_2 = 1,39x_1 + 250,36x_2 - 357,03x_3 + 103,69x_4 - 105,96x_5 - 100,97x_6.$$

2. Animal Model:

$$(50/50) I_{\text{ТОТ}} = 0,5I_1 + 0,5I_2 = 43,29x_1 + 21\,933,26x_2 - 25\,039,63x_3 + 2141,43x_4 - 2265,41x_5 - 2233,94x_6;$$

$$(70/30) I_{\text{ТОТ}} = 0,7I_1 + 0,3I_2 = 61,53x_1 + 31\,157,55x_2 - 35\,570,78x_3 + 3043,45x_4 - 3219,59x_5 - 3174,86x_6;$$

$$(60/40) I_{\text{ТОТ}} = 0,6I_1 + 0,4I_2 = 52,47x_1 + 26\,573,54x_2 - 30\,337,34x_3 + 2595,19x_4 - 2745,41x_5 - 2707,27x_6.$$

1. Брегина И.И. Эффективность промышленного производства свинины при скрещивании свиней специализированных пород/И.И. Брегина. Аграрный вестник Верхневолжья, 2017. №2. С. 30–33.

2. Казанцева Н.П. Показатели продуктивности свиней при разных схемах скрещивания/Н.П. Казанцева, М.И. Васильева, И.Н. Сергеева. Пермский аграрный вестник, 2019. №4(28). С. 99–106.

3. Бондаренко В.С. Продолжительность продуктивного использования свиноматок и анализ причин выбраковки/В.С. Бондаренко, О.Л. Третьякова, И.В. Сирота. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2017. №134. С. 514–524.

4. Головкова И.А. Хозяйственно полезные признаки свиней крупной белой породы разных генеалогических групп/И.А. Головкова, Н.И. Татаркина. Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2021. №10(175). С. 121–127.

5. Соколов Н.В., Зелкова Н.Г. Результаты линейного разведения крупной белой породы. Часть 1. Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии, 2020. №9(1). С. 58–64.

6. Храменко Н.М. Разработка системы стандартизации признаков оценки собственной продуктивности свиней отцовских и материнских пород/Н.М. Храменко, А.В. Романеко, И.А. Ераховец, А.И. Конек. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства, 2017. №20(1). С. 59–68.

7. Бурцева С.В. Откормочные качества свиней при межтиповом кроссировании/С.В. Бурцева. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. №1(171). С. 45–50.

Нами рассмотрены полученные оценки хозяйственно-биологических признаков хрячков и свинок крупной белой породы с использованием собранного селекционного индекса, включающего шесть изучаемых признаков, и в **таблице 6** представлены 10 лучших свинок и хрячков.

Как видно из приведенных в **таблице 6** данных, с изменением соотношения селекционных весов у свинок и хрячков крупной белой породы наблюдается повышение значения селекционного индекса (ЕП). Таким образом, при увеличении доли селекционного веса признаков мясных качеств до 70% отмечается рост селекционного индекса.

■ Заключение

При селекционно-племенной работе с животными крупной белой породы по селекционируемым признакам наибольшего положительного эффекта можно достичь при учете данных совокупных признаков. При таком подходе более верным может быть использование селекционного индекса, который обобщает комплекс признаков. Для повышения точности индекса и оценки следовало бы включить в модель большее количество признаков при вероятном увеличении количества учитываемых животных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №21-76-10038

Литература

8. Самусенко Л.Д. Продуктивные особенности свиней разных пород/Л.Д. Самусенко. Биология в сельском хозяйстве, 2021. №3(32). С. 20–23.

9. Godinho R.M. Genetic correlations between feed efficiency traits, and growth performance and carcass traits in purebred and crossbred pigs/Godinho R.M., Bergsma R., Silva F.F., Sevillano C.A., Knol E.F., Lopes M.S. et al. J. Anim. Sci., 2018. 96:817–829. https://www.researchgate.net/publication/322700941_Genetic_correlations_between_feed_efficiency_traits_and_growth_performance_and_carcass_traits_in_purebred_and_crossbred_pigs (дата обращения: 09.01.2024).

10. Abdollahi-Arpanahi R. Detecting effective starting point of genomic selection by divergent trends from best linear unbiased prediction and single-step genomic best linear unbiased prediction in pigs, beef cattle, and broilers/R. Abdollahi-Arpanahi, D. Lourenco, I. Misztal. Journal of Animal Science, 2021. Vol. 99. Iss. 9. P. 1–11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8420679/pdf/skab243.pdf> (дата обращения: 09.01.2024).

11. Kodak O. Historical overview of the selection indices applied in pig breeding/O. Kodak, N. István. Acta Agraria Kaposváriensis, 2019. Vol. 23. №1. P. 22–31. http://real.mtak.hu/106236/1/2294-Kodak_Nagy.pdf (дата обращения: 10.01.2024).

12. Контэ А.Ф. Оценка племенной ценности быков популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения их дочерей/А.Ф. Контэ, И.Н. Янчуков, А.А. Сермягин, Н.Г. Бычкунова. Известия НВ АУК, 2019. №3. С. 275–283. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35.

Посетите сайт журнала «Свиноводство»: www.svinoprom.ru