

5. Повышение откормочных и мясных качеств молодняка свиной белорусской крупной белой породы : методические рекомендации / И. П. Шейко [и др.]. – Жодино, 2013. – 16 с.

6. Кислинська, А. І. Адаптація маточного стада свиной великої білої породи угорської селекції протягом трьох поколінь в умовах Причорномор'я / А. І. Кислинська // Зб. наук. праць ПДАТУ. – Кам'янець-Подільський : ПДАТУ, 2013. – Вип. 21. – С. 121-123.

7. Смирнов, В. С. Оценка адаптации свиноматок к интенсивному воспроизводству / В. С. Смирнов // Зоотехния. – 2003. – № 7. – С. 22-25.

8. Полупан, Ю. П. Оценка степени фенотипической консолидации генеалогических групп животных / Ю. П. Полупан // Зоотехния. – 1996. – № 10. – С. 13-15.

9. Лакин, Г. Ф. Биометрия : учеб. пособие для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с.

Поступила 17.03.2017 г.

УДК 636.4.082.12

Н.М. ХРАМЧЕНКО, А.В. РОМАНЕКО, И.А. ЕРАХОВЕЦ

## **РАСЧЕТ СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВИНЕЙ НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТОВ ОБЩЕЙ ДИСПЕРСИИ**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по животноводству»

На основе компонентов общей дисперсии (варианс) рассчитаны селекционно-генетические параметры опытной популяции свиной. Наследуемость исследуемых признаков имела следующие значения: среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг – 0,71, толщина шпика 2 – 0,26, содержание постного мяса в теле – 0,37, многоплодие – 0,15, масса гнезда – 0,34. Установлено, что повторяемость признаков многоплодия и массы гнезда по опросам свиноматок составила 0,10 и 0,19 соответственно. Полученные селекционно-генетические параметры будут использованы при прогнозировании племенной ценности свиной на основе оптимальных смешанных моделей (BLUP).

**Ключевые слова:** свиной, наследуемость, повторяемость, дисперсионный анализ, линейное моделирование.

N.M. HRAMCHENKO, A.V. ROMANENKO, I.A. ERAHOVETS

## **CALCULATION OF SELECTION AND GENETIC PARAMETERS OF PIGS BASED ON COMPONENTS OF GENERAL DISPERSION**

RUE «Scientific and practical center of the National academy of sciences of Belarus  
for Animal husbandry»

Based on components of general dispersion (variance), the selection and genetic parameters of experimental pig population were calculated. Heritability of studied traits showed the following values: average daily weight gain from birth to body weight of 100 kg – 0.71, backfat thickness 2 – 0.26, lean meat in body – 0.37, multiple pregnancy – 0.15, litter weight – 0.

34. It was determined that frequency of multiple pregnancy and litter weight traits according to the farrows made 0.10 and 0.19, respectively. The selection and genetic parameters obtained will be used for predicting the breeding value of pigs based on optimal mixed models (BLUP).

**Keywords:** pigs, heritability, repeatability, dispersion analysis, linear simulation.

**Введение.** Современные селекционные программы стран с развитым свиноводством, ставящие своей целью генетическое улучшение экономически значимых признаков, основаны на законах популяционной генетики и генетики количественных признаков. Поэтому чёткое понимание генетических принципов, лежащих в основе таких программ, является основой принятия грамотных селекционных решений.

Теоретической основой современной методологии оценки генетической ценности животных является количественная генетика, которая описывает закономерности наследования количественных признаков с использованием методов математической статистики.

Использование методов математической статистики при изучении законов наследуемости берёт начало с работ американского учёного С. Райта в начале 20-х годов XX века. Основываясь на разработанном им методе путевого анализа, он обосновал теоретически ожидаемые связи между фенотипами и генотипами родителей и потомков. Используя этот подход, он ввёл понятие коэффициента родства, а разработанная им матрица родства в настоящее время широко используется при оценке генотипической ценности животных. В 30-40 годы Д. Лаш создал основы общей теории селекции, которая позволила проводить анализ наследования количественных признаков, прогнозировать генетические качества животных и оценивать эффективность селекционной работы. На её основе Л. Хейзель разработал линейную функцию – селекционный индекс, включающую значения нескольких признаков животного и его родственников, направленную на улучшение агрегатного генотипа (линейной функции признаков, взвешенных на их экономическую ценность). Для построения индексов Хейзель предложил первые методы оценки генетической корреляции между признаками [1, 2, 3].

В дальнейшем Ч.Р. Хендерсон усовершенствовал методологию оценки генетической ценности. Созданная им теория смешанных линейных моделей для наилучшей линейной несмещённой оценки фиксированных эффектов и наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP) рандомизированных эффектов позволила наилучшим образом осуществлять разделение продуктивности на генетические и негенетические составляющие. Она получила свое развитие в BLUP Animal Model (BLUP AM), которая одновременно учитывает хозяйственно-полезные признаки самого животного, его родителей и боковых родственников, а также популяционные характеристики. В настоящее

время практически все национальные системы генетической оценки сельскохозяйственных животных экономически развитых стран базируются на данной теории. В 1985 году Ч. Хендерсон, один из немногих учёных-животноводов, был избран членом Национальной Академии наук США, что является самой почётной наградой для американского учёного. В теории BLUP используются различные типы биометрических моделей (биометрическая модель – это приближенное статистическое отражение биологической реальности). При использовании биометрических моделей необходимо стремиться к тому, чтобы соответствие их с реальной биологической ситуацией было как можно более полным. В этом отношении смешанные модели с фиксированными и рандомизированными уровнями факторов представляют большой интерес, особенно при анализе данных с разным числом наблюдений и градаций факторов.

Фиксированные уровни – это те уровни, между которыми есть постоянное систематическое отличие. В этом случае можно высказать строго обоснованное суждение об особенностях каждого уровня, в результате чего предполагаются различия между уровнями.

Рандомизированные уровни – это те уровни, которые случайно выбраны из популяции. Различия между такими уровнями должны быть только случайные. При этом предполагается, что число возможных случаев, из которых создана выборка, достаточно велико. Выводы распространяются на всю популяцию, из которой сделана выборка.

**Цель работы** – определить фиксированные и рандомизированные факторы смешанных линейных моделей прогнозирования показателей признаков племенной ценности свиней. Рассчитать компоненты общей дисперсии по признакам продуктивности, входящим в комплексную оценку племенной ценности.

**Материал и методика исследований.** Для формирования генетически связанной опытной популяции свиней в разрезе хозяйств, пород, периодов оценки использовались базы данных зоотехнического и племенного учёта хозяйств РСУП «Брестплемпредприятие», РУП «Витебское племпредприятие», РУСП «Гродненское племпредприятие», РУСП «Минское племпредприятие» ОАО «Беловежский» Брестской области, ЧУП «ПолесьеАгроинвест» Гомельской области, КХ «Тодрика Б.С.» Гродненской области и КФХ «Прибужское» Брестской области в популяциях свиней крупная белая, ландрас, йоркшир и дюрок. Выбор хозяйств основан на генетической связи за счёт продажи племенных хрячков на станции искусственного осеменения и поставки спермы. Статистический анализ данных проведён с использованием программной среды статистического анализа R.

Признаки стандартизированы согласно регрессионным моделям,

описанным в «Зоотехнических правилах о порядке определения продуктивности племенных животных» [4]. Для проверки нормальности распределения совокупности данных проведён расчёт коэффициентов асимметрии и эксцесса по следующим формулам [5, 6]:

$$A = \sum (x_i - x_{cp})^3 / n\sigma^3 \quad (1)$$

$$E = (\sum (x_i - x_{cp})^4 / n\sigma^4) - 3 \quad (2)$$

где: А и Е – асимметрия и эксцесс

$x_i$  – значение признака у  $i$ -ого животного;

$x_{cp}$  – среднее значение признака исследуемой популяции;

$n$  – количество наблюдений признака в популяции;

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

Базовая статистическая модель для дисперсионного анализа (ANOVA) имела вид:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

где:  $y_i$  –  $i$ -ое значение зависимой количественной переменной (значение признака у животного);

$x_i$  – значение количественного предиктора  $x$ , соответствующее  $i$ -тому значению  $y$ ;

$\beta_0$  – значение, которое принимает  $y$  при  $x = 0$  (геометрически, это точка, в которой линия регрессии пересекает ось  $Y$ , отсюда английский термин – *intercept*, что значит пересечение);

$\beta_1$  – коэффициенты регрессии, которые показывают, насколько изменяются  $y$  при изменении  $x$ ;

$\varepsilon_i$  – остатки, т. е. разница между наблюдаемыми значением  $y_i$  и средними значениями предсказанными моделью для каждого  $x_i$ .

Путём дисперсионного анализа фенотипическое значение признаков продуктивности пробанда выразили как общую фенотипическую изменчивость:

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_E \quad (4)$$

где:  $\sigma^2_P$  – общая фенотипическая изменчивость;

$\sigma^2_G$  – общая генотипическая изменчивость, зависящая от генетических различий между особями;

$\sigma^2_E$  – средовая изменчивость.

Оценка варiances проводилась методом ограниченного максимального правдоподобия (Restricted Maximum Likelihood, REML) на базе пакета программ R-статистика.

Коэффициенты внутриклассовой корреляции ( $r$ ) – сила влияния и повторяемости ( $r_w$ ) рассчитываем по формулам:

$$r = \frac{\sigma^2_x}{\sigma^2_x + \sigma^2_e} \quad (5)$$

$$r_w = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_c^2}{\sigma_x^2 + \sigma_e^2} \quad (6)$$

Так как при оценке по полусибсам  $\sigma_G^2 = 1/4$ , при оценке по родителям  $\sigma_G^2 = 1/2$ , то коэффициент наследуемости ( $h^2$ ) рассчитываем по формуле (для полусибсов и родителей соответственно):

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = \frac{4(2)\sigma_x^2}{\sigma_x^2 + \sigma_e^2} \quad (7)$$

Стандартная ошибка наследуемости.

$$m_{h^2} = \sqrt{\frac{32 * h^2}{k + p}} \quad (8)$$

$$k = \frac{n - \frac{\sum n_i^2}{n}}{p - 1} \quad (9)$$

где:  $\sigma_x^2$  – изменчивость обусловленная генотипом животного;

$\sigma_e^2$  – изменчивость обусловленная средой;

k – средневзвешенное число наблюдений в градациях фактора;

p – количество факторов.

Условные обозначения: ССП – среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг, ТШ2 – толщина шпика в точке 2, СПМ – содержание постного мяса в теле, М – многоплодие, МГ – масса гнезда при отёме, f – свинка, m – хрячок, 1000 – Брестская СИО, 2000 – Витебская СИО, 4000 – Гродненская СИО, 4021 – ФХ «Тодрика Б.С.», 5000 – Минская СИО, 5093 – «Нуклеус», 1023 – «Беловежский», 1053 – «Прибужское», 3014 – «ПолесьеАгроинвест», 6013 – «СГЦ «Вихра», 0 – помесные животные, 2 – белорусская чёрно-пёстрая, 4 – дюрок, 5 – йоркшир, 6 – белорусская крупная белая (КБ), 7 – ландрас, 8 – пьетрен, 99 – гибридные хряки.

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Сформированная генетически связанная опытная популяция свиней республики в разрезе пород, хозяйств и возраста оценки, включающая 7582 животных, оценённых по среднесуточному приросту, из которых 3200 оценены прижизненно по мясным качествам, по репродуктивным данным популяция включает более 36045 опросов. Проведён статистический анализ, исключены «нестандартные» значения признаков, установлено, что признаки племенной ценности свиней опытной популяции имеют распределение близкое к нормальному, исключение составили признаки, которые ограничены условиями формирования опытной популяции. Выявлены зависимости признаков племенной ценности с факторами будущих моделей. Анализ генеалогии популяции показал наличие родственных связей между животными исследуемых хозяйств за счёт

перемещения хряков-производителей и племенного материала между хозяйствами на станции искусственного осеменения.

Проверка исследуемых переменных на нормальность распределения являлась важной составной частью разведочного анализа данных для применения дисперсионного анализа и построения линейной модели. По всем исследуемым признакам распределение оказалось как близкое к нормальному, так как установлено, что коэффициент эксцесса по абсолютной величине не превышает значения 2,00. Следовательно, от 50 до 80 % всех значений располагаются в пределах одного стандартного отклонения от среднего арифметического. Незначительное превышение данного показателя отмечено только по содержанию постного мяса – 2,693.

Целью проведения дисперсионного анализа было установление значимых различий между уровнями фиксированных факторов. Установлено, что по фактору «пол» распределение имело «колоколообразный» вид и, следовательно, распределение близко к нормальному (рисунок 1).

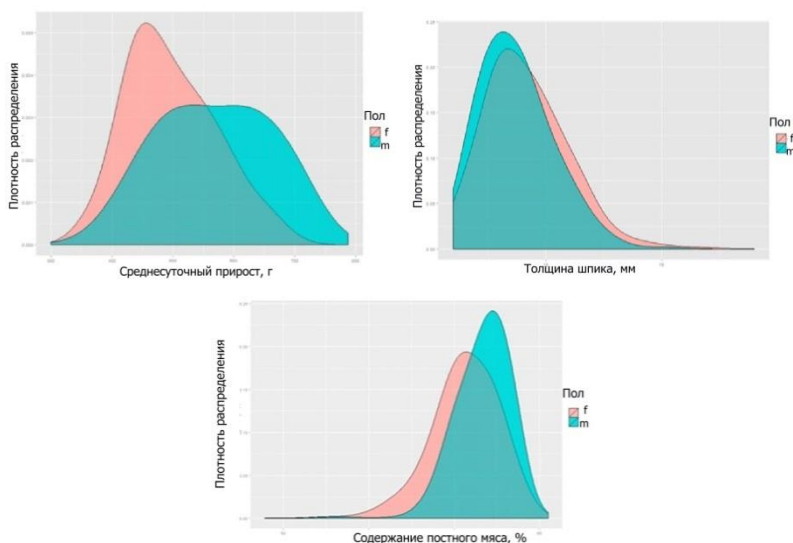


Рисунок 1 – Графики плотности распределения ССП, ТШ2 и СПМ исследуемой популяции свиней по фактору «пол»

Проведённый дисперсионный анализ по фактору «пол» показателей признаков оценки по собственной продуктивности (таблица 1) показал превосходство самцов над самками по среднесуточному приросту на 71,1 г, по толщине шпика – на 0,43 мм, по содержанию постного мяса

– на 1,05 п.п. пункта.

Таблица 1 – Регрессия и уровень значимости фактора «порода» признаков оценки собственной продуктивности

	ССП		ТШ2		СПМ	
	откл.±m	t-тест	откл.±m	t-тест	откл.±m	t-тест
Intercept (f)	497,5± 1,1 <sup>1</sup>	445,04	9,14± 0,05 <sup>1</sup>	179,8	60,6± 0,05 <sup>1</sup>	1107
M	71,1± 2,1 <sup>1</sup>	33,37	-0,43± 0,08 <sup>1</sup>	-5,5	1,05± 0,08 <sup>1</sup>	12,6

Здесь и далее: расчётный уровень значимости <sup>1</sup> – 0,0001, <sup>2</sup> – 0,001, <sup>3</sup> – 0,01, <sup>4</sup> – 0,05

Эти различия имели уровень значимости 0,0001, из чего следует, что нулевая гипотеза не подтвердилась, следовательно, между средними значениями признака исследуемого фактора «пол» существуют постоянные достоверные различия.

Графики плотностей распределения показателей оценки по собственной продуктивности опытной популяции свиней по фактору «порода» (рисунок 2) выявили, что по всем признакам распределение было близкое к нормальному и имело «колоколообразную» форму. Исключение составил график по породе пьетрен, что вызвано малым количеством животных в выборке – 47 голов.

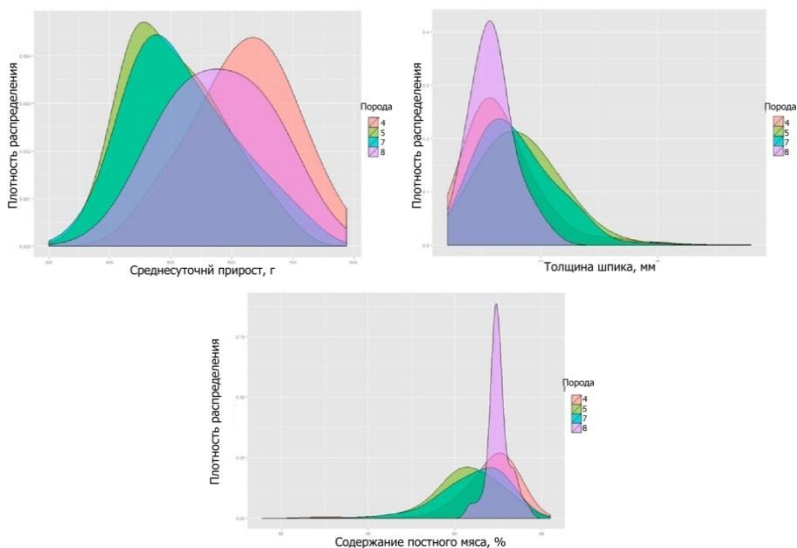


Рисунок 2 – Графики плотности распределения ССП, ТШ2 и СПМ исследуемой популяции свиней по фактору «порода»

Результаты оценки линейной дисперсии по фактору порода (таблица 2) свидетельствуют о превосходстве породы пьетрен по всем оцененным признакам продуктивности над другими породами: по среднесуточному приросту – на 41 г, по толщине шпика – на 0,4 мм, по содержанию постного мяса – на 0,5 п.п. Однако эти различия не достоверны, только по толщине шпика достоверность составила – 0,95.

Таблица 2 – Регрессия и уровень значимости фактора «порода» признаков оценки собственной продуктивности

	ССП		ТШ2		СПМ	
	откл.±m	t-тест	откл.±m	t-тест	откл.±m	t-тест
Intercept (4)	620±4,9 <sup>1</sup>	126,0	8,4±0,12 <sup>1</sup>	67,1	62,0±0,13 <sup>1</sup>	452,4
5	-113±5,1 <sup>1</sup>	-22,2	0,8±0,14 <sup>2</sup>	5,9	-1,2±0,15 <sup>1</sup>	-8,1
7	-101±5,1 <sup>1</sup>	-19,7	0,5±0,14 <sup>2</sup>	3,9	-0,9±0,15 <sup>1</sup>	-5,6
8	41±16,8 <sup>4</sup>	-2,4	-0,4±0,35	-1,3	0,5±0,39	1,3

По другим исследуемым породам выявлены достоверные различия между средними. Как и следовало ожидать, по мясным и откормочным качествам животные породы дюрок достоверно превзошли средние значения сверстников исследуемых пород ландрас и йоркшир на 101-113 г по среднесуточному приросту, на 0,5-0,8 мм по толщине шпика, на 0,9-1,2 п.п. по содержанию постного мяса соответственно.

Графики плотности распределения исследуемой популяции свиней по признакам собственной продуктивности в разрезе хозяйств приведены на рисунке 3.

Проведённый дисперсионный анализ по фактору «хозяйство» не выявил достоверных различий развития признаков толщины шпика и содержания постного мяса между хозяйствами. Достоверное различие по толщине шпика и содержанию постного мяса отмечено только на ферме «Нуклеус» РДУП «ЖодиноАгроПлемЭлита» (таблица 3), в то время как сравнение внутригрупповой с межгрупповой дисперсией однозначно указывает на наличие достоверных различий между значениями развития данных признаков по факторам. Данное обстоятельство требует дополнительных исследований на взаимодействие определённых нами факторов модели.

По среднесуточному приросту наблюдались достоверные различия между средними показателями хозяйств с различной степенью достоверности от 0,95 до 0,9999.

По репродуктивным признакам исследуемой популяции свиней распределение оценивается как нормальное, что подтверждается показателями эксцесса и асимметрии – 0,005 и 0,208 соответственно.



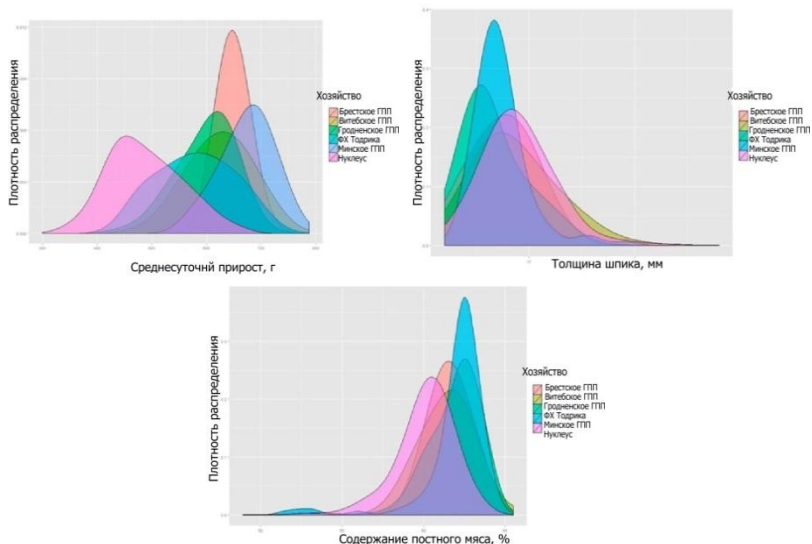


Рисунок 3 – Графики плотности распределения ССП, ТШ2 и СПМ исследуемой популяции свиней по фактору «хозяйство»

Таблица 3 – Регрессия и уровень значимости фактора «хозяйство» признаков оценки собственной продуктивности

	ССП		ТШ2		СПМ	
	откл.±m	t-тест	откл.±m	t-тест	откл.±m	t-тест
Intercept (1000)	648±12,2 <sup>1</sup>	53,2	8,7±0,29 <sup>2</sup>	29,02	61,6±0,30 <sup>1</sup>	200,0
2000	-24±13,5 <sup>3</sup>	-1,8	-	-	-	-
4000	-50±7,0 <sup>1</sup>	-3,6	0,6±0,34 <sup>3</sup>	1,73	-0,2±0,35	-0,69
4021	-69±12,0 <sup>1</sup>	-5,5	-0,3±0,30	-1,10	0,3±0,31	1,10
5000	29±12,6 <sup>4</sup>	2,1	-0,1±0,33	-0,15	0,4±0,34	1,14
5093	-161±12,2 <sup>1</sup>	-13,3	0,8±0,76 <sup>4</sup>	2,52	-1,5±0,31 <sup>1</sup>	-4,69

Графики плотности распределения репродуктивных признаков (рисунки 4, 5) выявили склонность к образованию второй вершины по массе гнезда при отъеме, вызванной большим массивом данных по крупной белой породе ОАО «Беловежский», что связано с используемой технологией отъема поросят в возрасте 45 дней, а следовательно более высокой живой массой (коэффициенты стандартизации не пересматривались с 1976 года), что ещё раз подтверждает необходимость исследования взаимодействия факторов.

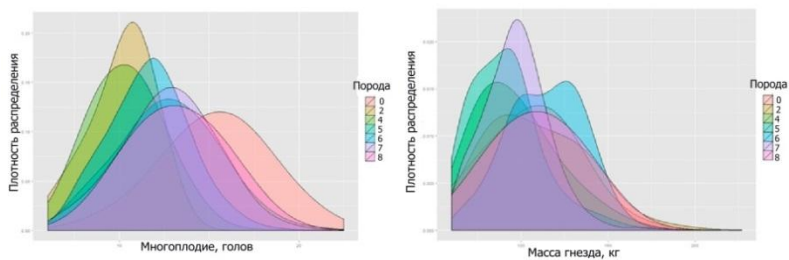


Рисунок 4 – Графики плотности распределения многоплодия и массы гнезда исследуемой популяции свиноматок по фактору «порода»

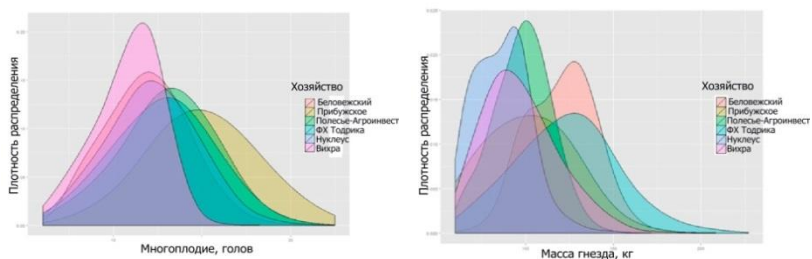


Рисунок 5 – Графики плотности распределения многоплодия и массы гнезда исследуемой популяции свиноматок по фактору «хозяйство»

Анализ выявил достоверные различия между многоплодием исследуемых пород (таблица 4): так, лучшими показателями характеризовались помесные животные с многоплодием 15,4 головы, породы дюрок и белорусская чёрно-пёстрая имели показатели на 5,0 и 5,2 головы ниже, крупная белая на – 3,7, породы ландрас и йоркшир – на 2,6 головы. Все отмеченные различия высоко достоверны. Различия в многоплодии породы пьетрен были менее достоверны (0,99) ввиду низкой численности анализируемых опоросов – 11.

Таблица 4 – Регрессия и уровень значимости фактора «порода» репродуктивных признаков

	Многоплодие		Масса гнезда при отъеме	
	откл.±m	t-тест	откл.±m	t-тест
Intercept (0)	15,4±0,20 <sup>2</sup>	76,4	106,0±1,75	60,6 <sup>1</sup>
2	-5,2±0,23 <sup>2</sup>	-21,8	2,56±2,08	1,23 <sup>1</sup>
4	-5,0±0,24 <sup>2</sup>	-20,3	-9,15±2,13	-4,29
5	-2,6±0,20 <sup>2</sup>	-12,8	-14,1±1,79	-7,86 <sup>1</sup>
6	-3,7±0,20 <sup>2</sup>	-18,4	8,62±1,76	4,90 <sup>1</sup>
7	-2,6±0,20 <sup>2</sup>	-12,7	-8,63±1,77	-4,88 <sup>1</sup>
8	-2,2±0,77 <sup>3</sup>	-2,8	2,91±6,73	0,43

Что касается массы гнезда при отъёме, то выявлены разнонаправленные достоверные (за исключением пород дюрок и пьетрен) различия между породами.

Достоверных различий между средними значениями пород дюрок и пьетрен не установлены из-за малого количества выборки.

Фактор «хозяйство» имел достоверные различия по всем исследуемым репродуктивным признакам. Стоит выделить достоверно высокий показатель многоплодия в хозяйстве «Прибужское» – 15 поросят на опорос (таблица 5).

Таблица 5 – Регрессия и уровень значимости фактора «хозяйство» репродуктивных признаков

	Многоплодие		Масса гнезда при отъеме	
	откл.± m	t-тест	откл.± m	t-тест
Intercept (1023)	11,9±0,02 <sup>2</sup>	518,7	120,7±0,18 <sup>1</sup>	671,1
1053	3,15±0,14 <sup>1</sup>	21,7	-19,1±1,13 <sup>1</sup>	-16,8
3014	1,2±0,04 <sup>1</sup>	30,7	-22,4±0,31 <sup>1</sup>	-71,3
4021	0,9±0,08 <sup>1</sup>	10,0	2,1±0,69 <sup>2</sup>	3,1
5093	0,3±0,04 <sup>1</sup>	6,9	-34,1±0,35 <sup>1</sup>	-96,4
6013	-1,0±0,04 <sup>1</sup>	-24,2	-23,4±0,34 <sup>1</sup>	-69,1

На основе анализа графиков плотности распределения установлено, что признаки в исследуемой популяции свиней имеют близкое к нормальному распределение, показатели асимметрии и эксцесса находятся в пределах 0,005-1,525 (по модулю). Незначительное отклонение от целевого значения, равного двум, отмечено только по содержанию постного мяса – 2,693. Установлено, что различия между средними значениями факторов, которые будут использоваться при построении смешанных линейных моделей, статистически значимы. Изменчивость, обусловленная факторами, достоверно выше изменчивости между животными. Установлено, что в качестве фиксированных факторов для прогнозирования племенной ценности будут использоваться пол, порода, хозяйство. В качестве случайных факторов смешанной модели будет использоваться само животное, а в процессе исследований для уточнения модели предполагается использовать эффекты номера опороса, гнезда, производителя.

Определён порядок включения фиксированных факторов в формулу модели для определения эффекта взаимодействия: для признаков продуктивности среднесуточный прирост и содержание постного мяса в модель факторы включают в порядке «хозяйство», «порода», «пол»; для толщины шпика – «порода», «хозяйство», «пол»; для многоплодия – «порода», «хозяйство»; для массы гнезда – «хозяйство», «порода».

Проведённый анализ взаимодействий признаков оценки животных

от фиксированных эффектов показал, что по признакам среднесуточного прироста, толщины шпика и содержания постного мяса фактор «Хозяйство» имел постоянную достоверную взаимосвязь с факторами «Порода» и «Пол». Единственным признаком, по которому не обнаружена взаимосвязь факторов «Хозяйство»×«Пол», – по признаку массы гнезда при объёме.

Постоянной достоверной взаимосвязи между факторами «Порода»×«Пол» не выявлено ни по одному из изучаемых признаков.

Таким образом, базовая дисперсионная модель смешанного типа для признаков собственной продуктивности – (формула 1):

$$y_{ijkn} = G_j + B_j + H_n + S_{ki} + S_k \times H_n + E_{ijkn} \quad (1)$$

Базовая дисперсионная модель смешанного типа для признаков воспроизводительных качеств свиноматок – (формула 2):

$$y_{ijkn} = B_j + H_n + A_{im} + L_m + A_i \times H_n + E_{ijkn} \quad (2)$$

Где:

$y_{ijkn}$  – продуктивность  $i$ -ого животного,  $l$ -ого пола,  $j$ -ой породы,  $k$ -ого производителя в  $n$ -ом стаде,  $m$ -го – опороса.

$G_j$  – эффект пола (фиксированный),

$B_j$  – эффект породы (фиксированный),

$H_n$  – эффект стада (фиксированный),

$L_m$  – эффект номера опороса (рандомизированный),

$A_{im}$  – эффект  $i$ -ой свиноматки (рандомизированный),

$S_{ki}$  – эффект  $k$ -ого отца  $i$ -ого животного (рандомизированный),

$S_k \times H_n$  – эффект взаимодействия факторов отец×хозяйство (рандомизированный),

$A_i \times H_n$  – эффект взаимодействия факторов животное×хозяйство (рандомизированный),

$E_{ijkn}$  – эффект неучтённых факторов.

Для расчёта компонентов общей фенотипической вариации (дисперсии) структура опытной популяции представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Структура набора данных опытной популяции свиней

Факторы Модель	Количество наблюдений	Пол	Хозяйство	Порода	Отцы	Отец × хозяйство	Свиноматка × хозяйство	Опоросы
ССП	7217	2	6	4	598	681	-	-
ТШ 2 и СПМ	1941	2	5	4	362	374	-	-
М и МГ	26502	-	6	7	-	-	10506	20

Распределение случайных остатков рассчитанных моделей представлено в таблице 7. Среднее по остаткам моделей равнялось нулю.

Таблица 7 – Распределение случайных остатков

Признаки	Min	1Q	Median	3Q	Max
ССП	-3,2459	-0,6770	-0,0413	0,6292	3,9005
ТШ 2	-2,4311	-0,6423	-0,1196	0,5256	5,9624
СПМ	-6,9027	-0,4988	0,1074	0,5853	3,1533
М	-3,1632	-0,6283	0,0235	0,6397	4,5767
МГ	-4,1369	-0,6495	-0,0186	0,5773	7,1734

Смещение распределения случайных остатков относительно медианы находилось близко к нулевым значениям средней. Исключение составляли признаки оценки по собственной продуктивности, т. е. признаки с самым низким количеством наблюдений.

На основе разработанных моделей, проведён расчёт варiances (дисперсий) и среднеквадратического отклонения рандомизированных факторов (таблицы 8 и 9).

Таблица 8 – Варiances и среднеквадратические отклонения общей фенотипической дисперсии рандомизированных факторов оценки по собственной продуктивности

Факторы Признаки	Отцы (S)		Отец × хозяйство (S × H)		Случайная (E)	
	$\sigma^2$	$\sigma$	$\sigma^2$	$\sigma$	$\sigma^2$	$\sigma$
ССП	818,5	28,61	505,5	22,48	3234,0	56,87
ТШ 2	0,1742	0,4174	0,1307	0,3615	2,3682	1,5389
СПМ	0,2731	0,5226	0,1592	0,3990	2,4457	1,5639

Таблица 9 – Варiances и среднеквадратические отклонения общей фенотипической дисперсии рандомизированных факторов воспроизводительных качеств

Факторы Признаки	Животное (A)		Свиноматка × хозяйство (A × H)		№ опороса (L)		Случайная (E)	
	$\sigma^2$	$\sigma$	$\sigma^2$	$\sigma$	$\sigma^2$	$\sigma$	$\sigma^2$	$\sigma$
М	0,448	0,670	0,3547	0,59	0,181	0,4252	5,01	2,238
МГ	81,37	9,021	102,574	3,10	9,631	10,128	282,40	16,81

На основе компонентов общей дисперсии по признакам продуктивности, входящим в комплексную оценку племенной ценности, нами рассчитаны селекционно-генетические параметры опытной популяции

свиней (таблица 10).

Таблица 10 – Селекционно-генетические параметры опытной популяции свиней

Признаки	Сила влияния $r$	Коэффициент повторяемости $r_w$	Коэффициент наследуемости $h^2$	Ошибка коэффициента наследуемости $m_{h^2}$
ССП	0,17	-	0,71	0,037
ТШ 2	0,07	-	0,26	0,023
СПМ	0,09	-	0,37	0,032
М	0,07	0,10	0,15	0,004
МГ	0,17	0,19	0,34	0,010

Установлено, что повторяемость репродуктивных признаков по опоросам свиноматок составила 0,10 и 0,19 для многоплодия и массы гнезда соответственно.

Наследуемость исследуемых признаков имела следующие значения: среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг – 0,71, толщина шпика 2 – 0,26, содержание постного мяса в теле – 0,37, многоплодие – 0,15, масса гнезда – 0,34.

Полученные коэффициенты наследуемости оценки откормочных и мясных признаков несколько отличаются от справочных, что связано с особенностью исследуемой популяции. Основная масса оценённых животных – это приобретённые по импорту и оценённые в республике животные, в результате часть общей фенотипической изменчивости, обусловленная генотипом отцов, получила неоднозначный отклик в оценке их потомства. По репродуктивным признакам данные близки к справочным.

**Заключение.** Сформирована генетически связанная опытная популяция свиней в разрезе пород, хозяйств и возраста оценки, включающаяся 7582 животных, оценённых по среднесуточному приросту, из них 3200 оценены прижизненно по мясным качествам, по репродуктивным данным популяция включает более 36045 опросов. Проведён статистический анализ, исключены «нетипичные» значения признаков. Установлено, что признаки племенной ценности свиней опытной популяции имеют распределение близкое к нормальному. Исключение составили признаки, которые ограничены условиями формирования опытной популяции. Установлено влияние выделенных факторов на признаки племенной ценности будущих моделей.

Проведённый анализ взаимодействий признаков оценки животных от фиксированных эффектов показал, что по признакам среднесуточного прироста, толщины шпика и содержания постного мяса фактор

«Хозяйство» имел постоянную достоверную взаимосвязь с факторами «Порода» и «Пол». Единственным признаком, по которому не обнаружена взаимосвязь факторов «Хозяйство»×«Пол», – по признаку массы гнезда при отъёме. Разработаны модели, проведён расчёт компонентов общей дисперсии по каждому оцениваемому признаку продуктивности.

Рассчитаны селекционно-генетические параметры опытной популяции свиней. Наследуемость исследуемых признаков имела следующие значения: среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг – 0,71, толщина шпика 2 – 0,26, содержание постного мяса в теле – 0,37, многоплодие – 0,15, масса гнезда – 0,34. Установлено, что повторяемость признаков многоплодия и массы гнезда по опросам свиноматок составила 0,10 и 0,19 соответственно.

Полученные селекционно-генетические параметры будут использованы при прогнозировании племенной ценности свиней на основе оптимальных смешанных моделей (BLUP), а также для расчёта точности и достоверности. Считается, что варианты, и, как следствие, рассчитанные на их основе коэффициенты, во времени изменяются незначительно.

#### Литература

1. Крюков, В. И. Генетика. Ч. 14. Генетика количественных признаков и генетические основы селекции : учеб. пособие для вузов / В. И. Крюков. – Изд. 2-е., доп. и испр. – Орёл : Изд-во ОрёлГАУ, 2011. –134 с.
2. Кузнецов, В. М. Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP / В. М. Кузнецов. – Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2003. – 358 с.
3. Кузнецов, В. М. Основы научных исследований в животноводстве / В. М. Кузнецов. – Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. – 568 с.
4. Зоотехнические правила о порядке определения продуктивности племенных животных, племенных стад, оценки фенотипических и генотипических признаков племенных животных : Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия от 03.09.2013 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электрон. ресурс]. – 2007-2017. – Режим доступа: [http://www.mshp.gov.by/documents/plem/pravila\\_zooteh.pdf](http://www.mshp.gov.by/documents/plem/pravila_zooteh.pdf)
5. Дисперсионный анализ // Персональный сайт Андрея Хомича [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://khomich.narod.ru/metodichka/Dispersionny/Dispersionniy.htm>
6. Дисперсия // Академик [Электрон. ресурс]. – 2000-2016. – Режим доступа: [http://psychology\\_dictionary.academic.ru/2501/ДИСПЕРСИЯ](http://psychology_dictionary.academic.ru/2501/ДИСПЕРСИЯ)

Поступила 27.02.2017 г.