

3. Шейко, И. П. Задачи селекционно-племенной работы по повышению генетического потенциала сельскохозяйственных животных / И. П. Шейко, Н. А. Попков // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 38–44.

4. Анализ интенсивности генетической дифференциации новых селекционных форм в коневодстве с использованием маркеров, ассоциированных с признаками мясной продуктивности / А. М. Зайцев [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2011. – № 1. – С. 27-29.

5. Демин, В. А. Наследуемость показателей спортивной работоспособности у лошадей русской верховой породы / В. А. Демин, Е. В. Рябова // Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы : материалы 65-й междунар. науч.-практ. конф., 20-21 мая 2017 г. – Рязань, 2014 – С. 84-86.

6. Методы маркер-зависимой селекции / Н. Зиновьева [и др.] // Животноводство России. – 2006. – № 3. – С. 29-31.

7. Молекулярно-генетические исследования сельскохозяйственных животных методом ПЦР-ПДРФ : учебное пособие / Л. В. Гетманцева [и др.] ; Донской ГАУ. – Персиановский : Донской ГАУ, 2018. – 119 с.

8. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных / Н.А. Зиновьева [и др.] // Зоотехния. – 2010. – № 1. – С. 8-10.

9. Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственных животных / М.А. Леонова [и др.] // Молодой учёный. – 2013. – № 12(59). – С. 612-614.

10. Храброва, Л. А. Использование ДНК-технологий в коневодстве / Л. А. Храброва // Эффективное животноводство. – 2015. – № 6 (115). – С. 13-17.

11. Технология генотипирования лошадей по микросателлитным локусам ДНК: мет. рекомендации / И. П. Шейко [и др.]. – Жодино, 2016. – 18 с.

Поступила 24.02.2023 г.

УДК 636.4.082.22:004.424.23

Н.М. ХРАМЧЕНКО, А.В. РОМАНЕНКО, К.В. НЕВАР

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТОЧНОСТЬ ИНДЕКСНОЙ ОЦЕНКИ (НА ПРИМЕРЕ СВИНОВОДСТВА)

*Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В свиноводстве, в отличие от молочного скотоводства, система производства товарной продукции состоит из разных уровней племенной работы: ядро, множители и промышленные производители. Для оптимизации расчёта экономического веса необходимо использовать методику, позволяющую разделить вклад конкретного уровня племенного предприятия, породы и пола свиней в прибыль, получаемую от производства товарного животного. В связи с этим проведён анализ изменения точности селекционного индекса в зависимости от исходных селекционно-генетических параметров и агрегатного генотипа. В исследованиях использовался комплексный индекс, предложенный для хряков-производителей, включающий два признака: среднесуточный прирост (ССП) и

толщину шпика (ТШ). Выявлена нелинейная зависимость надёжности и коэффициентов наследуемости, при которой увеличение надёжности составило от 5 до 13 % точности по мере роста коэффициентов наследуемости на 10 %, что свидетельствует о более надёжной оценке по признакам с высокой наследуемостью. Установлено, что экономический вес признаков оказывает влияние только на размерность разрабатываемого индекса.

Ключевые слова: селекционный индекс, агрегатный генотип, экономическая ценность, свиньи.

M.M. KHRAMCHANKA, A.V. ROMANENKO, K.V. NEVAR

INFLUENCE OF SELECTION AND GENETIC PARAMETERS ON THE ACCURACY OF INDEX ESTIMATION (BY THE EXAMPLE OF PIG BREEDING)

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

In pig breeding, in contrast to dairy cattle breeding, the system of commercial production consists of different levels of breeding work: nucleus, multipliers and industrial producers. To optimize the calculation of economic value, it is necessary to use a methodology that allows us to divide the contribution of a particular level of breeding enterprise, breed and gender of pigs in the profit received from the production of a marketable animal. In this connection, the analysis of changes in the accuracy of the selection index depending on the initial selection and genetic parameters and aggregate genotype was carried out. A composite index, including two traits, was used for stud boars: average daily gain (ADG) and fat thickness (FT). A non-linear dependence of reliability and heritability coefficients was found, with reliability increasing from 5% to 13% as the heritability coefficients increased by 10%, indicating a more reliable estimate for traits with high heritability. It was found that the economic value of the traits had an impact only on the dimensionality of the developed index.

Keywords: selection index, aggregate genotype, economic value, pigs.

Введение. Цель разведения – это определение признака животных (хозяйственно полезные или связанные с ними), по которым ведётся селекционно-племенная работа в конкретно взятой популяции (группе пород или линии), характеризующейся особенными селекционно-генетическими параметрами [1].

В идеальной ситуации цель состоит из единственного признака, племенная ценность которого является критерием для ранжирования животных в оцениваемой популяции. В практике свиноводства зачастую это не один признак, а комбинация, состоящая из нескольких признаков, имеющих определённую ценность для селекционера.

Для свиноводческих предприятий актуальным является повышение совокупной эффективности и снижение себестоимости продукции

путём роста производительности, улучшения конверсии корма, воспроизводства, здоровья и сохранности животных до убоя.

Очевидной экономической целью разведения является максимизация прибыли. В племенном животноводстве республики эта цель является логичной для существующего уровня селекции и производства. Однако есть несколько сложных проблем, которые приходится решать по мере разработки и совершенствования программ селекции: чью прибыль максимизировать – производителя товарных животных, производителя мясной продукции или продавца; необходимость учитывать квортирование сельхозпроизводства; определять, кто получит дополнительную прибыль – племенное ядро, множитель или производитель товарных животных и т. д. [2].

Чтобы увеличить прибыль производства за счёт селекции необходимо определить, какие родители позволят сделать это в следующем поколении. Один из способов решения этой проблемы состоит в том, чтобы рассматривать прибыль как признак животного, оценивать племенную ценность по признаку «прибыль» и отбирать животных с самой высокой племенной ценностью [3]. Но для реализации данного принципа в свиноводстве есть несколько проблем:

- в свиноводстве племенное поголовье не приносит прямой прибыли, основную массу денежной выручки получают от товарных животных (двух- или трёхпородных);

- требуются индивидуальные записи о прибыли животного, которые можно получить зачастую только после его смерти;

- все факторы, влияющие на прибыль, не могут быть учтены на одном животном;

- на признак «прибыль» влияют не только генетические и хозяйственные условия, но и экономические, поэтому он будет различаться в различных странах;

- племенную ценность по конкретному признаку невозможно считать оптимальным образом, так как фенотипические показатели, определяющие прибыль (прирост, многоплодие, затраты корма и др.), имеют взаимосвязи, которые не учитываются при получении племенной ценности по признаку «прибыль».

Альтернативный подход к селекции на увеличение прибыли разработан в 1943 Хейзелем [4] и в настоящее время является общепринятым в качестве экономического метода отбора. Он состоит в том, чтобы определить агрегатный генотип и использовать его для получения линейного селекционного индекса. Агрегатный генотип в данном методе это и есть цель разведения по нескольким признакам продуктивности.

Агрегатный генотип можно записать как:

$$H = v_1A_1 + v_2A_2 + \dots + v_iA_i$$

где: H = агрегатный генотип (цель разведения);
 v = экономический вес признака;
 A = племенная ценность признака;
 i = количество признаков в агрегатном генотипе.

Цель агрегатного генотипа (H) описать с помощью линейной функции генетическую изменчивость селекционируемых признаков в зависимости от их племенной ценности и экономической значимости признака. Это позволяет связать экономическую составляющую (v) с генетическими (биологическими) аспектами (A), которые как правило более устойчивы во времени и не зависят от экономических факторов. Новые экономические условия могут быть быстро внедрены в комплексную оценку путём изменения экономической ценности (v) в агрегатном генотипе.

Расчёт экономической ценности признака основывается на том, что экономический вес (v) в агрегатном генотипе определяется как величина полученной или утраченной прибыли, рассчитанная при изменении племенной ценности секционированного признака на единицу его измерения, при сохранении без изменений других признаков, включённых в агрегатный генотип. Применяют три общих метода для её определения [2]:

1. *Метод расчёта.* В этом методе экономическая ценность (v) рассчитывается как прибыль, полученная от увеличения выручки на единицу селекционируемого признака за вычетом затрат на получение этого прироста. Данный метод не исключает двойного подсчёта прибыли. Например, показатели многоплодия и количества поросят при отъёме, массы гнезда, молочности и приростов молодняка трудно разделить, так как они положительно связаны между собой.

2. *Функция прибыли.* Это единое уравнение, описывающее изменение чистой экономической отдачи (прибыли, выручки) как функции ряда физических и биологических параметров. Этот метод позволяет избежать двойного подсчёта, так как признаки объединены в одно уравнение, и широко используется в племенном деле.

3. *Биоэкономическая модель.* Производственные системы сложны и часто их невозможно описать одной функцией с большим (но не бесконечным) количеством переменных. В биоэкономической модели биологические и экономические аспекты производственной системы описываются как взаимосвязанная система, состоящая из множества уравнений. Примеров разработки биоэкономических моделей для свиноводства очень много [5, 6, 7, 8]. Эти модели описывают жизненный цикл свиней и включают все биологические и экономические параметры, начиная с приобретения ремонтных свинок до сдачи на мясокомбинат товарных гибридов. В наших исследованиях мы использовали данный

метод как оптимальный, позволяющий максимально учесть аспекты системы племенного и товарного свиноводства.

При определении агрегатного генотипа и разработанных на его основе селекционных индексов необходимо иметь четкие различия между экономическими признаками, входящими в агрегатный генотип, и признаками, которые включены только в индекс и не имеют экономической значимости (экстерьер, здоровье и др.).

В свиноводстве, в отличие от молочного скотоводства, система производства товарной продукции состоит из разных уровней племенной работы: ядро, множители и промышленные производители. Более того, животные, полученные в племенном ядре, имеют различный уровень племенной ценности и различную интенсивность использования племенного поголовья для получения товарного молодняка. Это не позволяет напрямую использовать в качестве экономических весов предельную экономическую ценность, полученную от изменения признака в товарной производственной системе, в которой используется от двух до четырёх пород племенных животных [9]. С целью оптимизации расчёта экономического веса необходимо использовать методику, позволяющую разделить вклад конкретного уровня племенного предприятия, породы и пола свиней в прибыль, получаемую от производства товарного животного.

Материал и методика исследований. Для анализа изменения точности комплексной оценки племенной ценности животных в зависимости от входных селекционно-генетических параметров и агрегатного генотипа в исследованиях использовался индекс, предложенный для хряков-производителей и включающий два признака: среднесуточный прирост (ССП) и толщину шпика (ТШ).

В качестве селекционно-генетических параметров использовались теоретические значения: коэффициента наследуемости в диапазоне от 0,1 до 1,0; фенотипического и генотипического коэффициента корреляции между селекционируемыми признаками в диапазоне от 0,9 до -0,9; стандартного отклонения признаков, входящих в индекс, преобразованное в коэффициент изменчивости, от 10 до 90 % (0,10-0,90) и соотношение признаков в агрегатном генотипе от 10×90 до 90×10 для СПП и ТШ соответственно.

При изменении каждого из исследуемых селекционно-генетических параметров в указанном диапазоне остальные оставались неизменными и соответствовали параметрам, использованным при разработке индекса (таблица 1). Фактические весовые коэффициенты индекса при этих параметрах составили: для среднесуточного прироста – 3,547, для толщины шпика – (-6,041).

Таблица 1 – Селекционно-генетические параметры для расчета весовых коэффициентов индекса

Признак	Экономический вес (a)		h ²	σ	Корреляция над диагональю генотипическая, под диагональю фенотипическая	
	руб.	%			ССП	ТШ
ССП	5,12	91	0,71	50,9	-	0,15
ТШ	-9,23	9	0,26	2,96	0,15	-

В качестве критериев изменения точности оценки использовались следующие параметры:

- точность (надежность) индекса (r_{HI}):

$$r_{HI} = \sqrt{\frac{b'Gv}{v'Gv}}$$

- ожидаемое генетическое превосходство (S_H) при селекции на одно стандартное отклонение индекса:

$$S_H = \frac{b'Gv}{\sqrt{b'Pb}}$$

- ожидаемое генетическое превосходство для признаков, входящих в индекс (S_g) при селекции на одно стандартное отклонение индекса:

$$S_g = \frac{b'G}{\sqrt{b'Pb}}$$

Расчёт проведён в программе MS EXCEL.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Анализ изменения надежности (точности) комплексной оценки племенной ценности в зависимости от величины наследуемости селекционируемых признаков приведён на рисунке 1.

Установлено, что по мере увеличения наследуемости признака надёжность индексной оценки стремится к единице.

Выявлена нелинейная зависимость, при которой увеличение надёжности составило от 5 до 13 % точности по мере роста коэффициентов наследуемости на 10 %. Это свидетельствует о том, что индексная оценка наиболее надёжна по признакам с высокой наследуемостью. Таким образом, использование оптимальных методов определения генетической и средовой изменчивости даёт возможность поднять надёжность индексной селекции за счёт уточнения коэффициентов наследуемости.

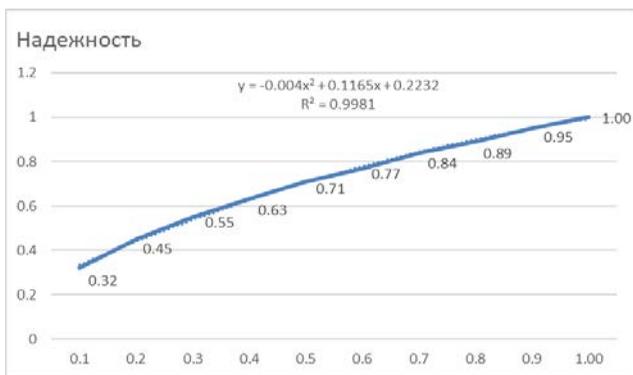


Рисунок 1 – Динамика изменения надежности (в долях единицы) индексной оценки в зависимости от наследуемости селекционируемых признаков

Взаимосвязь ожидаемого генетического превосходства по комплексному индексу и по признакам, входящим в него, имела строго линейную зависимость с наследуемостью, равную 25 баллам, 5 граммам и 0,01 мм, для индекса, среднесуточного прироста и толщины шпика на каждые 10 % коэффициента наследуемости соответственно. Зависимость точности (надёжности) индексной оценки и ожидаемого генетического превосходства от величины коэффициентов корреляции между признаками, включёнными в индекс, представлена на рисунке 2.

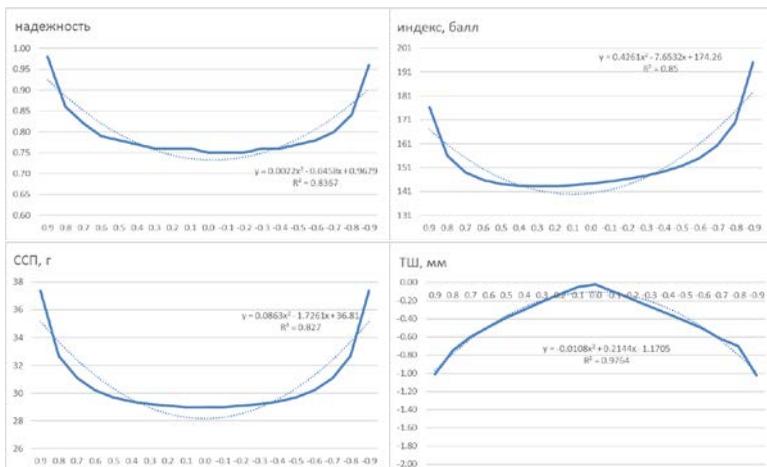


Рисунок 2 – Динамика изменения точности (надёжности) индексной оценки и ожидаемого генетического превосходства в зависимости от величины коэффициентов корреляции

Установлено, что сила взаимосвязи между признаками оказывает влияние на точность селекции ограничено. При отсутствии корреляции между признаками точность индексной оценки находилась в пределах близких к расчётному значению 0,76. По мере роста величины взаимосвязи точность оценки нелинейно стремилась к единице независимо от направления корреляции.

Аналогичная тенденция отмечена и по величине ожидаемого превосходства как по комплексному индексу, так и по входящим в него селекционируемым признакам, увеличиваясь по мере роста корреляции между ними. По толщине шпика отмечен обратный график, так как данный признак имеет предпочтительные значения признака при отрицательных значениях генетического превосходства.

Установлено, что величина изменчивости исследуемых признаков, используемая при разработке индексов, не оказывает влияние на точность оценки. При всех исследуемых градациях надёжность признака осталась неизменной и составила 0,76. Ожидаемое генетическое превосходство по индексу и по селекционируемым признакам (среднесуточный прирост, толщина шпика) на один процент коэффициента изменчивости составило 16,3 балла, 3,3 грамма и 0,0035 мм соответственно.

Соотношение признаков в агрегатном генотипе обусловлено экономическим весом каждого включённого в него признака, выраженном в денежном эквиваленте. В нашей работе исследуемые соотношения признаков были получены двумя методами: увеличением экономического вклада среднесуточного прироста и толщины шпика соответственно. Использование разных методов определения исследуемых отношений, а именно изменения экономических весов селекционируемых признаков, не оказало влияние на надёжность индексной оценки, в то же время при изменении соотношения признаков надёжность изменялась. На рисунке 3 представлена динамика изменения точности (надёжности) индексной оценки в зависимости от соотношения признаков в агрегатном генотипе.

Установлено, что по мере уменьшения доли среднесуточного прироста, имеющего высокую наследуемость в исследуемой популяции, точность оценки снижалась с 0,76 до 0,46. Такое снижение надёжности было нелинейным и усиливалось по мере увеличения доли толщины шпика в агрегатном генотипе.

По полученным результатам можно заключить, что надёжность индексной оценки зависит от доли селекционируемого признака в комплексном индексе, а не от экономического выражения признаков в отдельности.

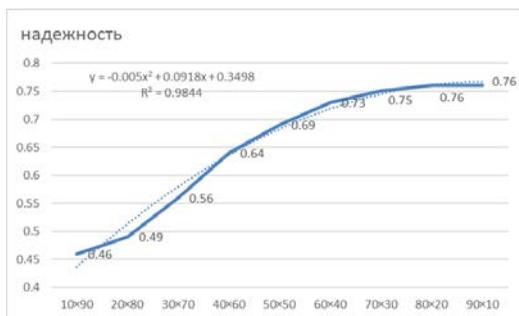


Рисунок 3 – Динамика изменения точности (надежности) индексной оценки в зависимости от соотношения признаков в агрегатном генотипе

Исследуемые методы формирования соотношения признаков оказали влияние на величину индексов и имели обратную зависимость (рисунок 4). Левый график сформирован при увеличении экономического вклада среднесуточного прироста для получения искомых соотношений (экономический вклад цены шпика не изменялся), правый график сформирован при увеличении вклада толщины шпика – вес среднесуточного прироста не изменялся.

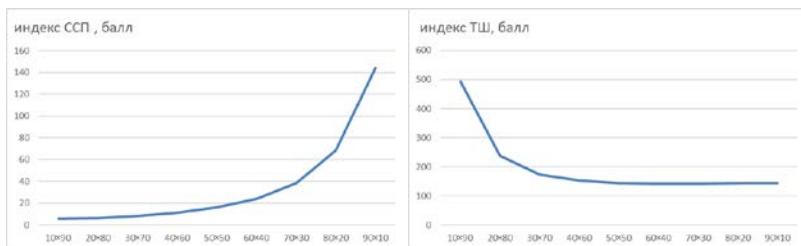


Рисунок 4 – Динамика изменения ожидаемого генетического превосходства индексной оценки в зависимости от соотношения признаков в агрегатном генотипе

Стоит отметить, что несмотря на изменения в величине индекса и его генетического превосходства, которые вызваны разными методами получения соотношений признаков, величины ожидаемого генетического превосходства оставались неизменными, имели нелинейную зависимость (рисунок 5) и соответствовали росту или снижению доли селекционируемого признака в комплексном индексе.

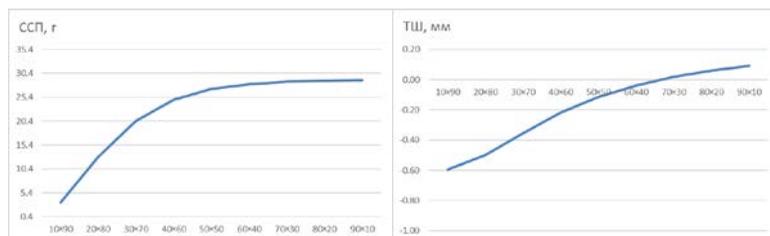


Рисунок 5 – Динамика изменения ожидаемого генетического превосходства по селекционируемым признакам входящим в индекс в зависимости от соотношения их в агрегатном генотипе

Таким образом, можно сделать вывод, что экономический вес признаков оказывает влияние только на размерность разрабатываемого индекса и не влияет на точность и ожидаемое генетическое превосходство по признакам, которые находятся в зависимости от соотношения весов в агрегатном генотипе. Это даёт основание использовать в качестве агрегатного генотипа соотношение признаков в долях единицы при разработке комплексных индексов племенной ценности, если не стоит цель получить индекс в денежном выражении.

Вывод. Установлены закономерности влияния селекционно-генетических параметров, используемых при разработке селекционного индекса, на надёжность (точность) и ожидаемое генетическое превосходство при селекции на одно стандартное отклонение.

Выявлена нелинейная зависимость надёжности и величины коэффициентов наследуемости селекционируемых признаков, увеличение составило от 5 до 13 % по мере роста коэффициентов наследуемости на 10 %. Это свидетельствует о том, что индексная оценка наиболее надёжна по признакам с высокой наследуемостью.

Установлено, что сила взаимосвязи между признаками оказывает влияние на точность селекции ограничено. По мере роста величины взаимосвязи точность оценки нелинейно стремилась к единице, независимо от направления корреляции.

Величина изменчивости исследуемых признаков не оказывает влияние на точность оценки. Ожидаемое генетическое превосходство по индексу и по селекционируемым признакам (среднесуточный прирост, толщина шпика) на один процент коэффициента изменчивости составило 16,3 балла, 3,3 грамма и 0,0035 мм соответственно.

На основании анализа влияния соотношения признаков в агрегатном генотипе на надёжность и генетическое превосходство установлено, что при использовании теории селекционного индекса экономический вес признаков оказывает влияние только на размерность рассчитываемого

признака в индексе и не влияет на точность и ожидаемое генетическое превосходство, которые находятся в зависимости от соотношения весов в агрегатном генотипе. Это даёт основание использовать в качестве агрегатного генотипа соотношение признаков в долях единицы при разработке комплексных индексов племенной ценности, если не стоит цель получить индекс в денежном выражении.

Закономерности, выявленные на данном этапе исследований, на примере индекса, включающего два признака среднесуточный прирост и толщину шпика, применимы для всех индексов, разрабатываемых на основе теории селекционного индекса.

Литература

1. Oldenbroek, Kor. Textbook Animal Breeding: Animal Breeding and Genetics for BSc Students / Kor Oldenbroek, L. van der Waaij ; Centre for Genetic Resources and Animal Breeding and Genomics Group, Wageningen University and Research Centre. – 2014. – 311 p.

2. Design and optimization of animal breeding programmers / J. C. M. Dekkers [et al.] // Studylib [Electronic resource]. – 2013-2023. – Access mode: <https://studylib.net/doc/14354490/design-and-optimisation-of-animal-breeding-programmes-lec...>

3. Meuwissen, T. H. Estimation of effects of quantitative trait loci in large complex pedigrees / T. J. Meuwissen, M. E. Goddard // Genetics. – 1997. – Vol. 146. – P. 409–416.

4. Hazel, L. N. The selection index--then, now, and for the future / L. N. Hazel, G. E. Dickerson, A. E. Freeman // Dairy J. Dairy Sci. – 1994. – Vol. 77(10). – P. 3236-3251.

5. DeVries, A. G. A model to estimate economic values of traits in pig breeding / A. G. DeVries // Livestock Production Science. – 1989. – Vol. 21. – P. 49-66.

6. Tess, M. W. Simulation of Genetic Changes in Life Cycle Efficiency of Pork Production, II. Effects of Components on Efficiency / M. W. Tess, G. L. Bennett, G. E. Dickerson // Journal of Animal Science. – 1983. – Vol. 56, Issue 2. – P. 354–368.

7. Houska, L. Economic weights for production and reproduction traits of pigs in the Czech Republic / L. Houska, M. Wolfova, J. Jaromír // Livestock Production Science. – 2004. – Vol. 85. – P. 209-221.

8. Economic values for traits of pigs in Hungary / L. Houška [et al.] // Czech. J. Anim. Sci. – 2010. – Vol. 55. – P. 139-148.

9. Impact of crossing system on relative economic weights of traits in purebred populations. / M. Wolfova [et al.] // J. Anim. Breed. Genet. – 2001. – Vol. 118. – P. 389-402.

Поступила 9.12.2022 г.