

УДК 636.22/28.082.232.001.57

КУЗНЕЦОВ В.М., д-р с.-х. наук

ФГБНУ «Зональный НИИСХ Северо-Востока», Киров, Российская Федерация

vm-kuznetsov@mail.ru

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗНЫХ СЦЕНАРИЕВ СЕЛЕКЦИИ БЫКОВ ПО ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ

Моделировали отбор/браковку быков по пороговым признакам (частота аборт, мертворождений, сохранность до года) на основе фенотипических, BLUP-оценок и экономических критериев. Из простых индексов лучшим является «мультипликативный». Поэтапная селекция и «интегрированный коэффициент связи» уступают по эффективности на 11–17 %. Критерии на основе BLUP-оценок повышают эффективность селекции в 1,5–2 раза. «Мультипликативный» индекс по BLUP-оценкам близок по эффективности к экономическому индексу с весовыми коэффициентами для пре-, пери- и постнатальной сохранности 1:1,5:3. Манипулируя соотношением экономических весов признаков можно гармонизировать индекс для селекционной цели любого стада.

Ключевые слова: быки-производители, селекция, пороговые признаки, BLUP, экономический индекс, моделирование.

Постановка проблемы. Основная цель разведения сельскохозяйственных животных – производство высококачественной, конкурентоспособной продукции. Разведение животных должно приносить прибыль. В селекции молочного скота доминирующее значение имеют такие признаки как удой, жир, белок. Однако, чтобы разведение животных было прибыльным, необходимо учитывать все признаки, влияющие на экономику. В частности, кроме признаков молочной продуктивности селекционер в своей работе должен обращать внимание на признаки воспроизводства, жизнеспособности и здоровья животных. Молочное скотоводство может быть рентабельным лишь при условии достаточно высокой продуктивности и жизнеспособности, близких к норме показателей воспроизводства стада и хорошем состоянии здоровья животных.

Жизнеспособность популяции (породы) характеризуется комплексом показателей, определяющих её существование и развитие. В молочном скотоводстве к основным показателям жизнеспособности относят частоту аборт, мёртворождений и сохранности молодняка. От уровня этих показателей зависит эффективность воспроизводства популяции и интенсивность отбора ремонтных телок. Поэтому показатели жизнеспособности непосредственно и опосредованно влияют на генетико-экономическую эффективность разведения животных. С этой точки зрения важным вопросом является проведение имитационного моделирования разных сценариев браковки/отбора быков по признакам жизнеспособности.

Анализ последних исследований и публикаций. С биологической точки зрения признаки жизнеспособности – пороговые. Их популяционно-генетические характеристики в молочном скотоводстве изучены относительно слабо. Так, оценки коэффициентов наследуемости мёртворождений в популяции израильских голштинов в 1970-х годах были 1,3–3,6% [16], в 1980-х – 2,7–8,4 % [23]. В голштинской породе США оценки были 0,4–9 % [18,19], в Нидерландах – 0,3 % [21], в канадской популяции – 0,1–0,8 % [17], в британской популяции – 2–12 % [20]. В голштинской породе США оценки коэффициентов наследуемости перинатальной сохранности были 0,3–2,2 %, а генетический тренд перинатальной смертности за 10-летний период –0,01– –0,04 % в год [22]. Из немногочисленных российских работ заслуживают внимание исследования Б.П. Завертяева (в 1970–80-х годах сотрудник отдела популяционной генетики и использования ЭВМ в племенной работе ВНИИРГЖ, руководителем которого до 1988 года был профессор Н.З. Басовский) по изучению генетической изменчивости и племенной оценки животных по альтернативным (пороговым) признакам [3,4]. Следует отметить также публикации Д.В. Карликова по дисперсионному анализу наследуемости и селекции скота на устойчивость к заболеваниям [5,6]. А.С. Делян выявил «заметную разницу» по частоте аборт, мертворождений и отходу телят в потомстве 16 быков черно-пестрой и голштинской пород агропредприятия «Косино» Московской области [1]. В другой своей работе [2] он предложил использовать для отбора быков по жизнеспособности «интегрированный коэффициент связи». Им было исследовано влияние многочисленных факторов на сохранность телят в различные периоды онтогенеза. Однако из-за отсутствия многофакторного дисперсионного анализа данная работа имела описательный характер. Е.П. Карманова с

соавторами [7] исследовали генетическую изменчивость признаков плодовитости коров айрширской породы в ГПЗ «Сортавальский» (Карелия). Н.Н. Кочнев с помощью однофакторного дисперсионного анализа оценил коэффициент наследуемости сохранности телят в первые три месяца, который составил 8 % [8]. Он также рекомендовал использовать для отбора быков по жизнеспособности «интегрированный коэффициент связи» [9].

Ранее нами была изучена генетическая изменчивость признаков жизнеспособности в популяции молочного скота Кировской области [10,13], изучены возможности селекции по жизнеспособности [12], проведена BLUP-оценка быков [11,14] и исследована эффективность BLUP-селекции [15].

Целью исследований является проведение имитационного моделирования разных сценариев браковки/отбора быков по признакам жизнеспособности.

Материал и методика исследований. Использовали данные регистрации аборт, мертворождений и сохранности телят в 10 племенных хозяйствах АСК «Вяткаплем» Кировской области за 3-летний период. Всего было учтено 16452 записи по 75 производителям (минимум 50 регистраций на быка). Также были использованы BLUP-оценки быков, рассчитанные в предыдущих исследованиях.

Критерии селекции. Чтобы все признаки были схожими по смыслу и масштабу, частоту абортов и мертворождений, а также соответствующие BLUP-оценки племенной ценности (EBV) быков, трансформировали в показатели пре- и перинатальной *сохранности*. Так, частота абортов по *i*-му быку (Q_{A_i} , доли) была трансформирована в пренатальную сохранность: $P_{A_i} = 1 - Q_{A_i}$, а BLUP-оценка племенной ценности, EBV_{A_i} (%), в генетическую оценку пренатальной сохранности: $G_{A_i} = 1 - (\bar{Q}_A + 0,5EBV_{A_i}/100)$.

Аналогично были получены частоты перинатальной сохранности (живорожденных телят), $P_{M_i} = 1 - Q_{M_i}$ (где Q_{M_i} – частота мертворождений), и генетическая оценка перинатальной сохранности – $G_{M_i} = 1 - (\bar{Q}_M + 0,5EBV_{M_i}/100)$. Частоты и BLUP-оценки по сохранности телят до года также были трансформированы в постнатальную сохранность: $P_{C_i} = Q_{C_i}$ и $G_{C_i} = \bar{Q}_C + 0,5EBV_{C_i}/100$.

Фенотипические частоты и прогностические оценки генотипа быков по пре-, пери- и постнатальной сохранности были использованы для расчёта трёх типов *индексов сохранности*: фенотипических, генетических и экономических.

Фенотипические индексы. В их основе фактические частоты пре-, пери- и постнатальной сохранности по быку, или их ранги:

- «усредненный» или «аддитивный»
$$IP1_i = (P_{A_i} + P_{M_i} + P_{C_i})/3;$$
- «совмещенный» или «мультипликативный»
$$IP2_i = P_{A_i} \times P_{M_i} \times P_{C_i};$$
- «интегрированный коэффициент связи» [1, 9]
$$IPR_i = 1 - (RP_{A_i} + RP_{M_i} + RP_{C_i})/(3 \times 75);$$

где RP_{A_i} , RP_{M_i} , RP_{C_i} – ранги быка по P_{A_i} , P_{M_i} , P_{C_i} .

Генетические индексы. Расчёты аналогичны предыдущим, но вместо частот признаков используются BLUP-оценки быков по пре-, пери- и постнатальной сохранности (G_{ij}), или их ранги (RG_{ij}):

- «аддитивный»
$$IG1_i = (G_{A_i} + G_{M_i} + G_{C_i})/3;$$
- «мультипликативный»
$$IG2_i = G_{A_i} \times G_{M_i} \times G_{C_i};$$
- «интегрированный»
$$IGR_i = 1 - (RG_{A_i} + RG_{M_i} + RG_{C_i})/(3 \times 75);$$

где RG_{A_i} , RG_{M_i} , RG_{C_i} – ранги быка по G_{A_i} , G_{M_i} , G_{C_i} .

Экономический индекс. В общем виде:

$$I_i = v_A G_{A_i} + v_M G_{M_i} + v_C G_{C_i} = \sum_{j=1}^3 v_j G_{ij},$$

где v_j – экономическая ценность j -го признака; может быть: (а) актуальной себестоимостью единицы продукции, или (б) доходом от реализации единицы продукции, или (в) прибылью, полученной от увеличения конкретного признака на 1 единицу, независимо от других признаков.

При колебании цен v_j может значительно меняться в течение года. Если браковка животных основывается на индексах, рассчитанных с использованием текущих v_j , и если v_j значительно меняются в течение времени, то тогда могут быть отобраны нежелательные родители. Более корректный подход – использовать ожидаемые значения для v_j , когда будущая генерация животных достигнет рыночной кондиции или продуктивного возраста. К сожалению, прогностическая оценка v_j даже на 2-3 года вперёд чрезвычайно проблематична.

Вопрос может быть в какой-то степени решён, если при конструировании селекционного индекса использовать *относительные экономические ценности* признаков, которые изменяются не так быстро, как текущие. Для этого необходимо придать *равную* экономическую ценность всем признакам, которые включаются в индекс. *Равноценный индекс*, имел вид:

$$I_i = (1)G_{A_i} + (1,04)G_{M_i} + (0,48)G_{C_i} \text{ или} \\ I_i = (0,40)G_{A_i} + (0,41)G_{M_i} + (0,19)G_{C_i}.$$

Данный индекс становится легко модифицируемым, если в него включить коэффициенты экономической важности (k_j):

$$I_i = k_A (0,40)G_{A_i} + k_M (0,41)G_{M_i} + k_C (0,19)G_{C_i},$$

где k_A , k_M и k_C – коэффициенты экономической важности пре-, пери- и постнатальной сохранности соответственно.

Манипулируя k_A , k_M и k_C , можно «гармонизировать» индекс для любой селекционной цели стада, популяции. Через стоимость новорожденного телёнка, C_T , индекс может быть выражен в денежных единицах:

$$IE_i = C_T [k_A (0,40)G_{A_i} + k_M (0,41)G_{M_i} + k_C (0,19)G_{C_i}].$$

В этом индексе невысокая оценка животного по одному из признаков компенсируется более лучшей оценкой по другим. Браковка/отбор осуществляется по взвешенным на экономические веса прогностическим оценкам генотипа быка по пре-, пери- и постнатальной сохранности. В денежной форме индекс показывает на вероятный дополнительный доход, который можно ожидать от одного плодотворного осеменения спермой i -го быка.

Рассмотренные выше критерии были вычислены для 75 производителей.

Сценарии браковки/отбора быков

По фенотипическим критериям (P_A, P_M, P_C):

- ☆ одноступенчатая браковка (30 худших из 75):
 - только по P_A , или
 - только по P_M , или
 - только по P_C .
- ☆ поэтапная браковка:
 - І этап – 10 худших по P_A ,
 - ІІ этап – 10 худших по P_M ,
 - ІІІ этап – 10 худших по P_C ;
- ☆ браковка по фенотипическим индексам (30 худших из 75):

- $IP1=(PA+PM+PC)/3$, или
- $IP2=PA \times PM \times PC$, или
- $IPR=1-(RPA+RPM+RPC)/(3 \times 75)$.

По генетическим критериям (G_A, G_M, G_C):

☆ одноступенчатая браковка (30 худших из 75):

- только по G_A , или
- только по G_M , или
- только по G_C ;

☆ поэтапная браковка:

I этап – 10 худших по G_A ,

II этап – 10 худших по G_M ,

III этап – 10 худших по G_C ;

☆ браковка по генетическим индексам (30 худших из 75):

- $IG1=(G_A+G_M+G_C)/3$, или
- $IG2= G_A \times G_M \times G_C$, или
- $IGR=1-(RG_A+RG_M+RG_C)/(3 \times 75)$.

По экономическим критериям (30 худших из 75).

Варианты экономических индексов в зависимости от отношений коэффициентов экономической важности ($k_A:k_M:k_C$):

Индекс:	IE1	IE2	IE3	IE4	IE5	IE6	IE7
($k_A:k_M:k_C$):	1:1:1	1:1,5:2	1:1,5:3	1:2:3	1:2:4	1:2:5	1:2:6.

Для каждого сценария была рассчитана генетико-экономическая эффективность.

Генетическая эффективность оценивалась величиной генетического превосходства (=средней племенной ценности, \overline{EBV}) 45 отобранных быков по каждому признаку. При этом допускалось, что прогностические оценки племенной ценности быков, полученные методом BLUP, характеризовали их истинный генотип по рассматриваемым признакам.

Экономическая эффективность оценивалась величиной дополнительного дохода (ΔD), который можно было ожидать от одного плодотворного осеменения коровы спермой быка из *отобранной* группы, вследствие повышения выхода телят (C_T – стоимость новорожденного телёнка):

$$\Delta D = C_T(-w_A \overline{EBV}_A / 100 - w_M \overline{EBV}_M / 100 + w_C \overline{EBV}_C / 100) / 2.$$

Следует отметить, что дополнительный доход отражал только ту часть *генетического* улучшения жизнеспособности будущего потомства, которая обусловлена наследственными качествами самого быка.

Для расчета ΔD «фенотипических» и «генетических» сценариев селекции быков были использованы относительные экономические веса варианта IE3 экономического индекса: $w_A=0,25$, $w_M=0,39$ и $w_C=0,36$.

Результаты исследований и их обсуждение.

«Фенотипическая» браковка

В таблице 1 представлены результаты браковки быков по фенотипическим значениям признаков (частотам). Браковка 30 животных, худших по частоте одного из трех признаков жизнеспособности, приводила к максимальному генетическому превосходству оставшихся быков по данному признаку и к негативному коррелированному сдвигу по другим (знак «+» по А и М указывает на увеличение абортот и мертворожденных). Исключение составила браковка по частоте мертворождений, когда у отобранных быков наблюдалось незначительное положительное генетическое превосходство по сохранности телят до года.

Экономическая эффективность при браковке быков только по частоте абортот была почти в три раза ниже, чем при таковой по частоте мертворождений или сохранности телят до года.

Таблица 1 – Эффективность разных сценариев «фенотипической» браковки быков (30 из 75) по признакам жизнеспособности

Критерий браковки	Формула расчета критерия (браковка)	EBV 45 быков, %			ΔD, руб.
		A	M	C	
Только по:					
P _A	P _A	-0,67	+0,01	-0,06	+1,24*
P _M	P _M	+0,07	-0,50	+0,41	+3,46*
P _C	P _C	+0,10	+0,05	+1,26	+3,58*
P_A ▶ P_M ▶ P_C	P _A , P _M , P _C (по 10 быков)	-0,43	-0,36	+0,41	+3,91*
IP1	(P _A +P _M +P _C)/3	-0,17	-0,09	+1,02	+4,06*
IP2	P _A ×P _M ×P _C	-0,15	-0,06	+1,07	+4,03*
IPR	1-(RP _A +RP _M +RP _C)/(3×75)	-0,18	-0,21	+0,70	+3,60*

Примечание. Здесь и далее: + – последовательная браковка; EBV – средняя племенная ценность отобранных быков; ΔD – дополнительный доход от одного плодотворного осеменения спермой быка из отобранной группы; A – аборт; M – мертворожденные; C – сохранность телят до года; * – рассчитано исходя из отношения экономических весов w_A:w_M:w_C=0,25:0,39:0,36 (IE3).

Последовательная браковка (A ▶ M ▶ C по 10 худших быков) обеспечила почти равное генетическое превосходство по каждому из признаков. Однако оно было ниже максимально возможного: по частоте аборт на 36 %, мертворождений – на 28 % и сохранности телят до года – на 67 %. Экономическая эффективность последовательной браковки была в 2,8 раза выше браковки только по частоте аборт, на 22 % больше браковки только по частоте мертворождений, и на 3 % ниже браковки быков по частоте сохранности телят.

«Аддитивный» и «мультипликативный» индексы по своему воздействию на величину генетического превосходства по каждому из признаков не отличались. Большее селекционное давление в этих индексах придавалось сохранности телят до года. Так, относительно поэтапной селекции генетическое превосходство отобранных быков в обоих случаях снизилось по частоте аборт на 63 %, а по частоте мертворождений – в 4 раза. В то же время по сохранности телят возросло в 2,5 раза. Оба индекса повышали дополнительный доход от одного плодотворного осеменения на 3,5%.

«Интегрированный коэффициент связи» (ИКС), предлагаемый Деляном и Кочневым, повышал генетическое превосходство быков по частоте аборт на 12 %, частоте мертворождений в 2,6 раза, но по сохранности телят до года снижал на 33 %. Экономическая эффективность ИКС была ниже, чем при использовании «аддитивного» или «мультипликативного» индексов на ≈10 %.

«Генетическая» браковка

При браковке быков по трансформированным BLUP-оценкам имели место схожие тенденции, но в целом эффективность была выше, чем при браковке по фенотипическим показателям. Так, генетическое превосходство быков, отобранных по BLUP-оценкам, было выше на 49 %, чем при браковке только по показателям частоты аборт, мертворождений – на 38 %, по сохранности молодняка – на 87 % (табл. 2). Следует отметить, что если при фенотипической браковке по частоте мертворождений имело место повышение частоты аборт, то при соответствующей браковке по BLUP-оценкам последняя существенно снижалась. Однако более эффективная селекция по BLUP-оценкам постнатальной сохранности приводила к заметному коррелированному повышению частоты аборт, что может указывать на наличие некой негативной генетической сопряженности признаков.

Таблица 2 – Эффективность разных сценариев «генетической» браковки быков (30 из 75) по признакам жизнеспособности

Критерий браковки	Формула расчета критерия (браковка)	EBV 45 быков, %			ΔD, руб.
		A	M	C	
Только по:					
G _A	G _A	-1,00	-0,11	-0,56	+0,92*
G _M	G _M	-0,36	-0,69	+0,21	+4,62*
G _C	G _C	+0,36	-0,06	+2,39	+7,14*
G_A ▶ G_M ▶ G_C	G _A , G _M , G _C (по 10 быков)	-0,46	-0,34	+1,37	+6,96*
IG1	(G _A +G _M +G _C)/3	-0,42	-0,29	+1,87	+8,25*
IG2	G _A ×G _M ×G _C	-0,38	-0,29	+1,91	+8,28*
IGR	1-(RG _A +RG _M +RG _C)/(3×75)	-0,68	-0,53	+1,03	+7,23*

Если при поэтапной «фенотипической» браковке генетическое превосходство оставшихся 45 быков по каждому из трех признаков было почти равным, то при поэтапной браковке по BLUP-оценкам по сохранности молодняка оно было почти в 3 раза выше (по абсолютной величине), чем по частоте аборт и мертворождений (рис. 1).

Различия в эффективности «генетических» индексов были во многом схожими с различиями между «фенотипическими» индексами. В частности, «аддитивный» и «мультипликативный» индексы были по генетической эффективности равноценны. Их преимущество относительно ИКС по сохранности телят и экономической эффективности стало более весомым (см. рис. 1 и 2).

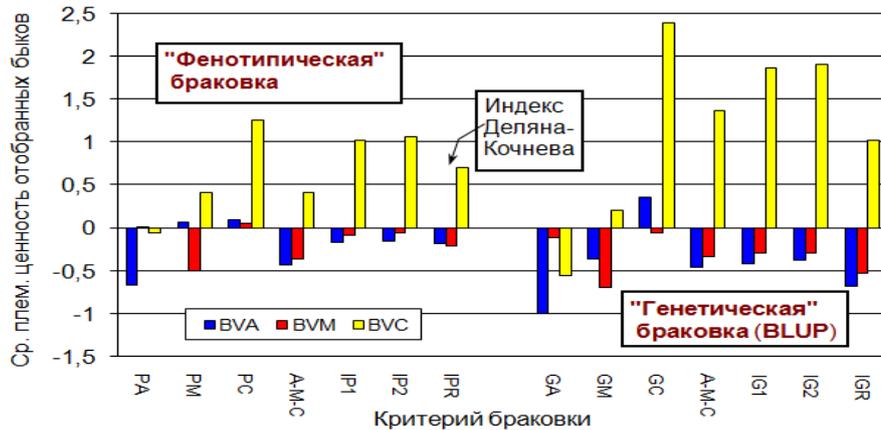


Рис. 1. Эффективность разных критериев браковки быков (30 из 75) по фенотипу и BLUP-оценкам (А – аборты, М – мертворожденность, С – сохранность).

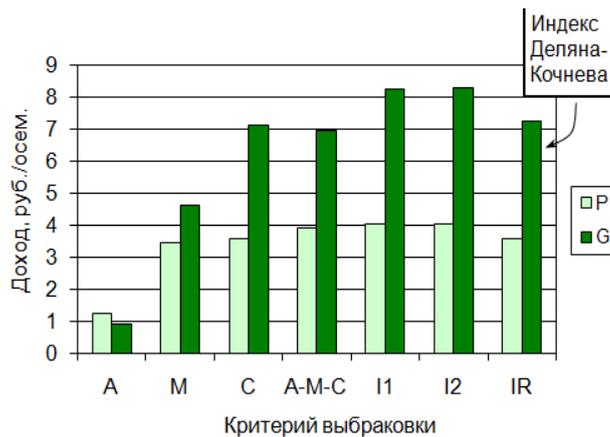


Рис. 2. Экономическая эффективность фенотипической (Р) и генетической (G) выбраковки быков по признакам жизнеспособности.

«Экономическая» браковка

В таблице 3 представлены результаты браковки быков по экономическим индексам. Браковка по равноценному индексу (IE1) привела к максимальному генетическому превосходству быков по частоте аборт и мертворождений. Однако по сохранности молодняка до года и чистому доходу от одного плодотворного осеменения эффективность была минимальной.

Таблица 3 – Эффективность разных сценариев «экономической» браковки быков (30 из 75) по признакам жизнеспособности

Индекс	$k_A : k_M : k_C$	Формула расчёта индекса	EBV 45 быков, %			ΔD , руб.
			A	M	C	
IE1	1 : 1 : 1	$0,40GA+0,41GM+0,19GC$	-0,68	-0,44	+1,35	+7,09
IE2	1 : 1,5 : 2	$0,28GA+0,44GM+0,28GC$	-0,49	-0,35	+1,73	+7,79
IE3	1 : 1,5 : 3	$0,25GA+0,39GM+0,36GC$	-0,30	-0,30	+1,95	+8,94
IE4	1 : 2 : 3	$0,22GA+0,46GM+0,32GC$	-0,22	-0,32	+1,98	+8,26
IE5	1 : 2 : 4	$0,20GA+0,42GM+0,38GC$	-0,20	-0,31	+1,99	+9,26
IE6	1 : 2 : 5	$0,18GA+0,38GM+0,44GC$	+0,01	-0,18	+2,22	+10,46
IE7	1 : 2 : 6	$0,17GA+0,35GM+0,48GC$	+0,12	-0,10	+2,33	+11,33

Увеличение относительной значимости перинатальной сохранности (см. IE3 и IE4) привело как к позитивным (снижение частоты мертворождений и повышение сохранности телят до года), так и негативным (повышение частоты аборт, снижение экономической эффективности) последствиям.

Увеличение относительной значимости постнатальной сохранности с 3 до 4 (см. IE4 и IE5) не привело к значительным изменениям генетического превосходства отобранных быков по каждому из признаков, но экономическая эффективность индекса возросла на 12 % (см. рис. 3).

Увеличение относительной значимости постнатальной сохранности до 6 (IE7) повысило, относительно варианта IE3, генетическое превосходство быков по сохранности телят до года на 19,5 % и экономическую эффективность индекса на 26,7 %. Однако при этом эффективность отбора по частоте мертворождений снизилась на 33 %, а генетическая неполноценность отобранных быков по частоте аборт составила +0,12 % (вместо -0,30 %).

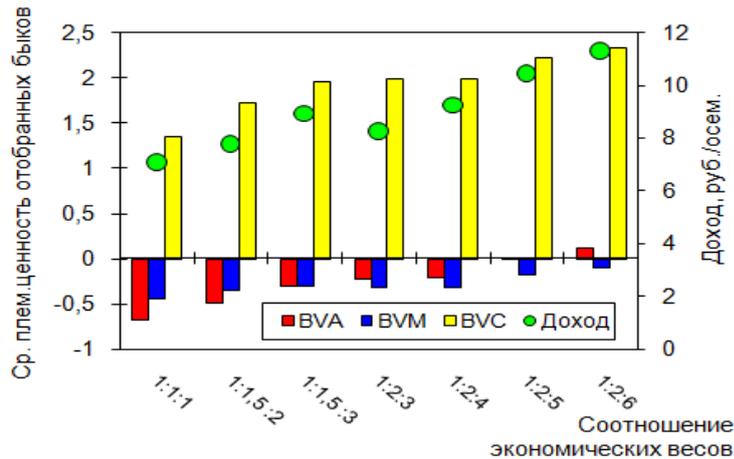


Рис. 3. Эффективность отбора быков по экономическому индексу.

Как нам представляется, для практической селекции «гармоничными» будут индексы с соотношением экономических весов 1:1,5:3 (IE3) или 1:2:4 (IE5). Последствия от использования этих индексов схожие. Их генетико-экономическая эффективность в сравнении с равноценным индексом (1:1:1) и лучшими критериями браковки/отбора на фенотипической и генетической основах показана на рис. 4. Можно видеть, что по эффективности к ним очень близок «мультипликативный» индекс на основе BLUP-оценок.

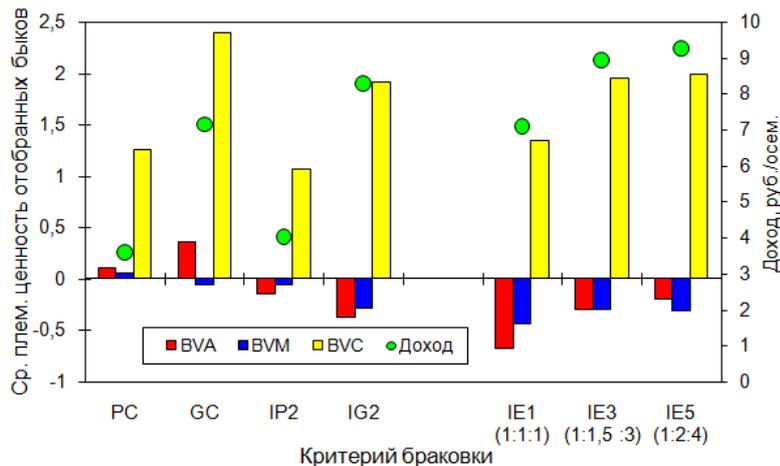


Рис. 4. Эффективность лучших вариантов отбора быков по фенотипу, BLUP-оценкам и IE-индексам (равноценный индекс, IE₁, для сравнения).

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Селекция по одному признаку максимизирует генетическое превосходство быков по данному признаку, но минимизирует и даже приводит к негативным коррелированным сдвигам по другим признакам. Сохранность телят до года экономически более важный признак, чем частота аборт и мертворождений. Поэтому при необходимости селекции быков только по одному признаку жизнеспособности предпочтение следует отдавать постнатальной

сохранности телят. При селекции по трем признакам лучшим из простых индексов является «мультипликативный». Поэтапная селекция и «интегрированный коэффициент связи» уступают по экономической эффективности на 11–17 %. Генетико-экономическая эффективность «аддитивного» индекса очень близка к таковой «мультипликативного» индекса. При использовании простых индексов на основе BLUP-оценок можно ожидать повышение эффективности селекции быков в 1,5–2 раза. «Мультипликативный» генетический индекс не уступает по эффективности «гармоничному» экономическому индексу с соотношением коэффициентов экономической важности признаков $k_A: k_M: k_C=1:1,5:3$ (или 1:2:4). Относительно индекса с равными экономическими весами «гармоничный» индекс уступает по генетическому превосходству быков по частоте абортос и мертворождений на 56 и 32 %, но превосходит по сохранности телят до года на 44 % и экономической эффективности на 26 %. Основное преимущество экономического индекса – в его гибкости. Манипулируя коэффициентами экономической важности признаков, можно гармонизировать (или оптимизировать) индекс для селекционной цели любого стада.

Перспективой исследований является изучение влияния происхождения быков-производителей на жизнеспособность потомства с использованием имитационного моделирования разных сценариев браковки/отбора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Делян А.С. Отход телят в потомстве отдельных быков-производителей черно-пестрой и голштинской пород / А.С. Делян // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – № 2. – С. 75–78.
2. Делян А.С. Селекция молочного скота на сохранность телят и продуктивное долголетие коров: автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра с.-х. наук / А.С. Делян. – М., 2001. – 44 с.
3. Завертяев Б.П. Рекомендации по применению генетического анализа признаков с альтернативной изменчивостью / Б.П. Завертяев // Методические рекомендации по использованию селекционных индексов в племенной работе и анализу селекционно-генетических параметров признаков с альтернативной изменчивостью; под ред. Н.З. Басовского. – Л., 1978. – С. 100–119.
4. Завертяев Б.П. Повышение многоплодия в скотоводстве / Б.П. Завертяев. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 190 с.
5. Карликов Д.В. Определение методами дисперсионного и ковариационного анализа наследуемости заболевания лейкозом / Д.В. Карликов // Бюл. ВИЖ. – 1976. – Вып. 48. – С. 13–16.
6. Карликов Д.В. Селекция скота на устойчивость к заболеваниям / Д.В. Карликов. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 191 с.
7. Карманова Е.П. Показатели плодовитости коров в зависимости от генетических и паратипических факторов в условиях Европейского Севера / Е.П. Карманова, А.Е. Болгов, Е.Ю. Романова // Доклады Россельхозакадемии. – 1999. – № 4. – С. 34–36.
8. Кочнев Н.Н. Генетическое разнообразие быков-производителей по жизнеспособности потомства / Н.Н. Кочнев // Ученые записки Витебской ордена «знак Почета» государственной академии ветеринарной медицины. – Витебск, 1999. – Т. 35, ч. 2. – С. 151–152.
9. Кочнев Н.Н. Селекционно-генетическая оценка генотипа быков-производителей по жизнеспособности потомства / Н.Н. Кочнев // Доклады Россельхозакадемии. – 2002. – № 2. – С. 45–47.
10. Кузнецов В.М. Компоненты фенотипической изменчивости показателей жизнеспособности / В.М. Кузнецов, А.В. Мелкишев // Перспективы развития животноводства в Северо-Западном регионе: материалы междунар. науч.-практ. конф. (1–2 ноября, 2002 г.). – Калининград, 2002. – С. 47–48.
11. Кузнецов В.М. BLUP-оценка быков по пороговым признакам / В.М. Кузнецов // Прошлое, настоящее и будущее зоотехнической науки: материалы междунар. науч.-практ. конф. к 75-летию ВИЖ / Труды ВИЖ. – Дубровицы, 2004. – Вып. 62, т. 1. – С. 71–74.
12. Кузнецов В.М. Эффективность селекции молочного скота по признакам жизнеспособности / В.М. Кузнецов, Е.А. Маркова // Вопросы физиологии, содержания, кормопроизводства и кормления, селекции с.-х. животных, биологии пушных зверей и птиц, охотоведения: материалы науч.-практ. конф. – Киров: Вятская ГСХА, 2004. – С. 119–122.
13. Кузнецов В.М. Наследуемость признаков жизнеспособности молочного скота Кировской области / В.М. Кузнецов, А.В. Мелкишев // Вопросы физиологии, содержания, кормопроизводства и кормления, селекции с.-х. животных, биологии пушных зверей и птиц, охотоведения: материалы науч.-практ. конф. – Киров: Вятская ГСХА, 2004. – С. 132–135.
14. Кузнецов В.М. Возможность селекции и BLUP-оценка быков по жизнеспособности / В.М. Кузнецов // Вестник Россельхозакадемии. – 2008. – № 2. – С. 79–82.
15. Кузнецов В.М. BLUP-селекция быков по жизнеспособности / В.М. Кузнецов // Тезисы докладов V съезда ВОГиС. – М., 2009. – Ч. 1. – С. 85.
16. Bar-Anan R. Genetic and environmental factors affecting the incidence of difficult calving and perinatal calf mortality in israeli-friesian dairy herd / R. Bar-Anan, M. Soller, J.C. Bowman // Anim. Prod. – 1976. – Vol. 22, № 3. – P. 299–310.
17. Cue R.R. Correlations between calving ease and calf survival / R.R. Cue, J.F. Hayes // J. Dairy Sci. – 1985. – Vol. 68, № 4. – P. 958–962.
18. Martinez M.L. Age of dam and direct and maternal effects on calf livability / M.L. Martinez, A.E. Freeman, P.J. Berger // J. Dairy Sci. – 1983. – Vol. 66, № 8. – P. 1714–1720.
19. Martinez M.L. Genetic relationship between calf livability and calving difficulty of Holsteins / M.L. Martinez, A.E. Freeman, P.J. Berger // J. Dairy Sci. – 1983. – Vol. 66, № 7. – P. 1494–1502.
20. McGuirk B.J. The evaluation of holstein friesian sires for calving ease in the UK / B.J. McGuirk, I. Going, A.R. Gilmour. – Prague, Czech Republic, INTERBULL, 1995. – № 11. – 5 p.

21. Meijering A. Sire evaluation for calving traits by Best Linear Unbiased Prediction and nonlinear methodology // *Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol.* – 1985. – Vol. 102. – S. 95–105.
22. Genetic evaluation of holstein sires and maternal grandsires in the United States for perinatal survival / C.L. Meyer, P.J. Berger, J.K. Thompson, C.G. Sattler // *J. Dairy Sci.* – 2001. – Vol. 84, № 5. – P. 1246–1254.
23. Weller J.I. Genetic analysis of distocia and calf mortality in Israeli-Holsteins by threshold and linear models / J.I. Weller, I. Misztal, D. Gianola // *J. Dairy Sci.* – 1988. – Vol. 71, № 9. – P. 2491–2501.

REFERENCES

1. Deljan, A.S. (2000). Othod teljat v potomstve otdel'nyh bykov-proizvoditelej cherno-pestroj i golshtinskoj porod // *Sel'skoho-zajstvennaja biologija.* – № 2. – S. 75–78 [in Russian].
2. Deljan, A.S. (2001). Selekcija molochnoho skota na sohrannost' teljat i produktivnoe dolgoletie korov: avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni d-ra s.-h. nauk. – M. – 44 s [in Russian].
3. Zavertjaev, B.P. (1978). Rekomendacii po primeneniju geneticheskogo analiza priznakov s al'ternativnoj izmenchivost'ju // *Metodicheskie rekomendacii po ispol'zovaniju se-lekcionnyh indeksov v plemennoj rabote i analizu selekcionno-geneticheskikh parametrov priznakov s al'ternativnoj izmenchivost'ju; pod red. N.Z. Basovskogo.* – L. – S. 100–119 [in Russian].
4. Zavertjaev, B.P. (1987). Povyshenie mnogoplodija v skotovodstve. – M.: Ros-sel'hozizdat. – 190 s [in Russian].
5. Karlikov, D.V. (1976). Opredelenie metodami dispersionnogo i kovariacionnogo analiza nasleduemosti zabolevanija lejkozom // *Bjul.* – Vyp. 48. – S. 13–16 [in Russian].
6. Karlikov, D.V. (1984). Selekcija skota na ustojchivost' k zabolevanijam. – M.: Rossel'hozizdat. – 191 s [in Russian].
7. Karmanova, E.P., Bolgov, A.E., Romanova, E.Ju. (1999). Pokazateli plodovitosti korov v zavisimosti ot geneticheskikh i paratipicheskikh faktorov v uslovijah Evropejskogo Severa // *Doklady Rossel'hozakademii.* – № 4. – S. 34–36 [in Russian].
8. Kochnev, N.N. (1999). Geneticheskoe raznoobrazie bykov-proizvoditelej po zhiznesposobnosti potomstva // *Uchenye zapiski Vitebskoj ordena «znak Pocheta» gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny.* – Vitebsk. – T. 35, ch. 2. – S. 151–152 [in Russian].
9. Kochnev, N.N. (2002). Selekcionno-geneticheskaja ocenka genotipa bykov-proizvoditelej po zhiznesposobnosti potomstva // *Doklady Rossel'hozakademii.* – № 2. – S. 45–47 [in Russian].
10. Kuznecov, V.M. & Melkisev, A.V. (2002). Komponenty fenotipicheskoy izmenchivosti pokazatelej zhiznesposobnosti // *Perspektivy razvitija zhivotnovodstva v Severo-Zapadnom regione: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* – Kaliningrad. – S. 47–48 [in Russian].
11. Kuznecov, V.M. (2004). BLUP-ocenka bykov po porogovym priznakam // *Proshloe, nastojashhee i budushhee zootehnicheskoy nauki: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. k 75-letiju VIZh / Trudy VIZh.* – Dubrovicy. – Vyp. 62, t. 1. – S. 71–74 [in Russian].
12. Kuznecov, V.M. & Markova, E.A. (2004). Jeffektivnost' selekcii molochnoho skota po priznakam zhiznesposobnosti // *Voprosy fiziologii, sodержaniya, kormoproizvodstva i kormlenija, selekcii s.-h. zhivotnyh, biologii pushnyh zverej i ptic, ohotovedeniya: materialy nauch.-prakt. konf.* – Kirov: Vjatskaja GSHA. – S. 119–122 [in Russian].
13. Kuznecov, V.M. & Melkisev, A.V. (2004). Nasleduemost' priznakov zhiznesposobnosti molochnoho skota Ki-rovskoj oblasti // *Voprosy fiziologii, sodержaniya, kor-moproizvodstva i kormlenija, selekcii s.-h. zhivotnyh, biologii pushnyh zverej i ptic, ohotovedeniya: materialy nauch.-prakt. konf.* – Kirov: Vjatskaja GSHA. – S. 132–135 [in Russian].
14. Kuznecov, V.M. (2008). *Vozmozhnost' selekcii i BLUP-ocenka bykov po zhiznesposobnosti // Vestnik Rossel'hozakademii.* – № 2. – S. 79–82 [in Russian].
15. Kuznecov, V.M. (2009). BLUP-selekcija bykov po zhiznesposobnosti // *Tezisy dokladov V sjezda VOGiS.* – M. – Ch. 1. – S. 85 [in Russian].
16. Bar-Anan, R., Soller, M., Bowman, J.C. (1976). Genetic and environmental factors affecting the incidence of difficult calving and perinatal calf mortality in israeli-friesian dairy herd // *Anim. Prod.* – Vol. 22, № 3. – P. 299–310 [in English].
17. Cue, R.R. & Hayes, J.F. (1985). Correlations between calving ease and calf survival // *J. Dairy Sci.* – Vol. 68, № 4. – P. 958–962 [in English].
18. Martinez, M.L., Freeman, A.E., Berger, P.J. (1983a). Age of dam and direct and maternal effects on calf livability // *J. Dairy Sci.* – Vol. 66, № 8. – P. 1714–1720 [in English].
19. Martinez, M.L., Freeman, A.E., Berger, P.J. (1983b). Genetic relationship between calf livability and calving difficulty of Holsteins // *J. Dairy Sci.* – Vol. 66, № 7. – P. 1494–1502 [in English].
20. McGuirk, B.J., Going, I., Gilmour, A.R. (1995). The evaluation of holstein friesian sires for calving ease in the UK. – Prague, Czech Republic, INTERBULL. – № 11. – 5 p [in English].
21. Meijering, A. (1985). Sire evaluation for calving traits by Best Linear Unbiased Prediction and nonlinear methodology // *Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol.* – Vol. 102. – S. 95–105 [in English].
22. Meyer, C.L., Berger, P.J., Thompson, J.K., Sattler, C.G. (2001). Genetic evaluation of holstein sires and maternal grandsires in the United States for perinatal survival // *J. Dairy Sci.* – Vol. 84, № 5. – P. 1246–1254 [in English].
23. Weller, J.I., Misztal, I., Gianola D. (1988). Genetic analysis of distocia and calf mortality in Israeli-Holsteins by threshold and linear models // *J. Dairy Sci.* – Vol. 71, № 9. – P. 2491–2501 [in English].

Імітаційне моделювання різних сценаріїв селекції бугаїв за життєздатністю**В.М. Кузнецов**

Змодельовано відбір/вибракування бугаїв за пороговими ознаками (частота абортів, мертвонароджень, збереженість до року) на основі фенотипових, BLUP-оцінок і економічних критеріїв. З простих індексів найкращим є «мультиплікативний». Поетапна селекція та «інтегрований коефіцієнт зв'язку» поступаються за ефективністю на 11–17%. Критерії на основі BLUP-оцінок підвищують ефективність селекції в 1,5–2 рази. «Мультиплікативний» індекс BLUP-оцінки близький за ефективністю до економічного індексу з ваговими коефіцієнтами для пре-, пери- та післянатальної збереженості 1:1,5:3. Маніпулюючи співвідношенням економічних ваг ознак можна гармонізувати індекс для селекційної мети будь-якого стада.

Ключові слова: бугаї-плідники, селекція, порогові ознаки, BLUP, економічний індекс, моделювання.

Надійшла 7.04.2015