

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 ( $\Delta D$ ), 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  $\Delta D$  «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 <sub>A</sub>	P <sub>A</sub>	<b>-0,67</b>	+0,01	-0,06	+1,24*
P <sub>M</sub>	P <sub>M</sub>	+0,07	<b>-0,50</b>	+0,41	+3,46*
P <sub>C</sub>	P <sub>C</sub>	+0,10	+0,05	<b>+1,26</b>	+3,58*
<b>P<sub>A</sub> ▶ P<sub>M</sub> ▶ P<sub>C</sub><sup>+</sup></b>	P <sub>A</sub> , P <sub>M</sub> , P <sub>C</sub> (по 10 быков)	<b>-0,43</b>	<b>-0,36</b>	<b>+0,41</b>	<b>+3,91*</b>
IP1	(P <sub>A</sub> +P <sub>M</sub> +P <sub>C</sub> )/3	-0,17	-0,09	+1,02	+4,06*
IP2	P <sub>A</sub> ×P <sub>M</sub> ×P <sub>C</sub>	-0,15	-0,06	+1,07	+4,03*
IPR	1-(RP <sub>A</sub> +RP <sub>M</sub> +RP <sub>C</sub> )/(3×75)	-0,18	-0,21	+0,70	+3,60*

**Примечание.** Здесь и далее: <sup>+</sup> – 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<sub>A</sub>:w<sub>M</sub>:w<sub>C</sub>=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 абортов 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 абортов, 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 абортов 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 абортов 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 абортов, мертворождений – на 38 %, по сохранности молодняка – на 87 % (табл. 2). Следует отметить, что если при фенотипической браковке по частоте мертворождений имело место повышение частоты абортов, 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 абортов, 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 <sub>A</sub>	G <sub>A</sub>	<b>-1,00</b>	-0,11	-0,56	+0,92*
G <sub>M</sub>	G <sub>M</sub>	-0,36	<b>-0,69</b>	+0,21	+4,62*
G <sub>C</sub>	G <sub>C</sub>	+0,36	-0,06	<b>+2,39</b>	+7,14*
<b>G<sub>A</sub> ▶ G<sub>M</sub> ▶ G<sub>C</sub></b>	G <sub>A</sub> , G <sub>M</sub> , G <sub>C</sub> (по 10 быков)	<b>-0,46</b>	<b>-0,34</b>	<b>+1,37</b>	<b>+6,96*</b>
IG1	(G <sub>A</sub> +G <sub>M</sub> +G <sub>C</sub> )/3	-0,42	-0,29	+1,87	+8,25*
IG2	G <sub>A</sub> ×G <sub>M</sub> ×G <sub>C</sub>	-0,38	-0,29	+1,91	+8,28*
IGR	1-(RG <sub>A</sub> +RG <sub>M</sub> +RG <sub>C</sub> )/(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).

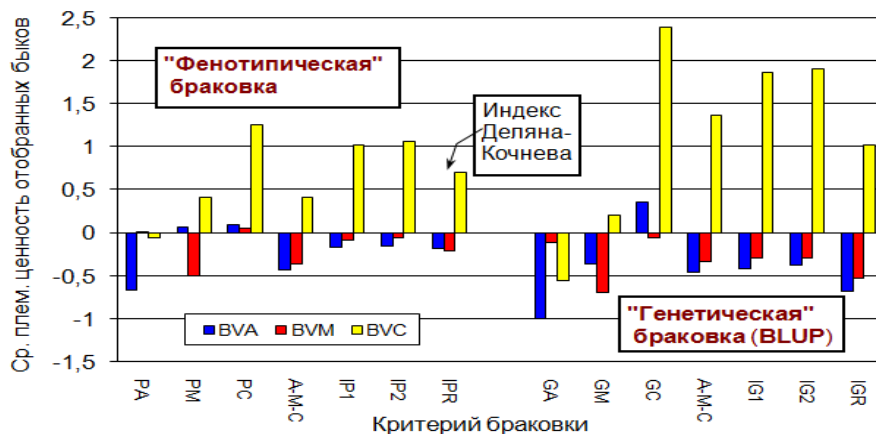


Рис. 1. Эффективность разных критериев браковки быков (30 из 75) по фенотипу и BLUP-оценкам (А – аборты, М – мертворожденность, С – сохранность).

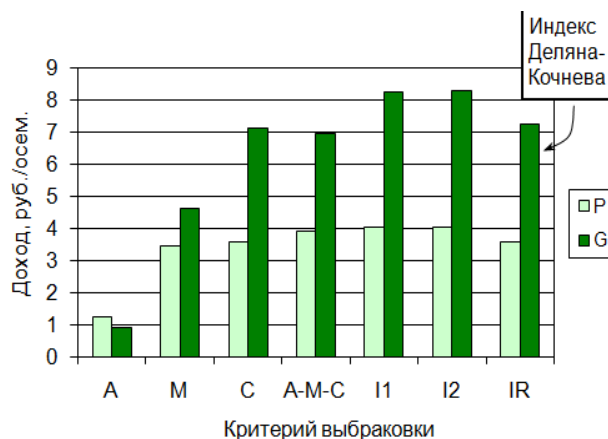


Рис. 2. Экономическая эффективность фенотипической (P) и генетической (G) выбраковки быков по признакам жизнеспособности.

### «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 %).

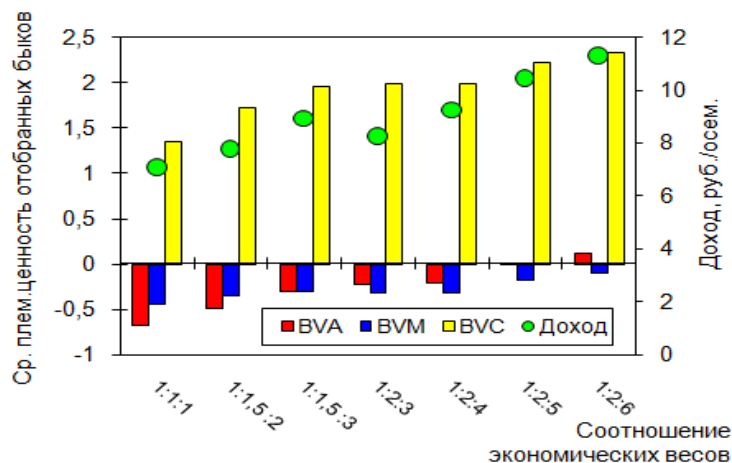


Рис. 3. Эффективность отбора быков по экономическому индексу.

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.

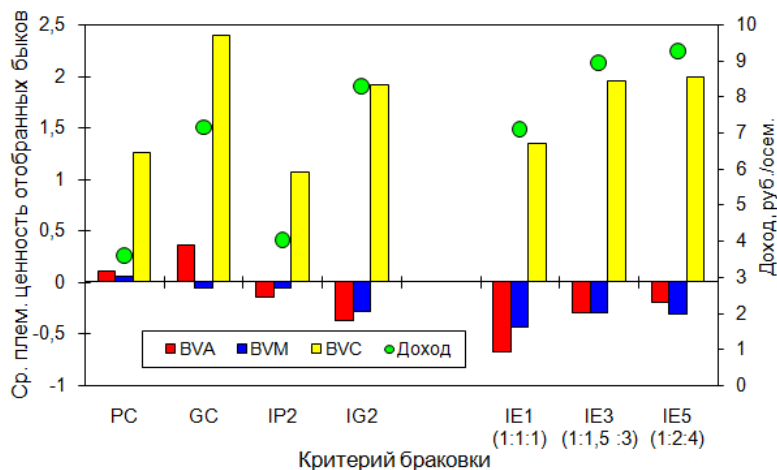


Рис. 4. Эффективность лучших вариантов отбора быков по фенотипу, BLUP-оценкам и IE-индексам (равноценный индекс, IE<sub>1</sub>, для сравнения).

**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. & Melkishev, 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 kormleniya, 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. & Melkishev, A.V. (2004). Nasleduemost' priznakov zhiznesposobnosti molochnoho skota Ki-rovskoj oblasti // *Voprosy fiziologii, sodержaniya, kor-moproizvodstva i kormleniya, 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. Кузнєцов**

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