

УДК 636.237.21:636.082.2

МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННЫХ СХЕМ (НА ПРИМЕРЕ ПОПУЛЯЦИИ ЧЕРНО-ПЕСТРОГО СКОТА)

Г. ШТТЕР, М.Ю. ГЛАДКИХ, В.В. ЛАВРОВСКИЙ

(Университет Хойенхайм, Германия, кафедра генетики
и разведения сельскохозяйственных животных МСХА)

Представлена методика оценки экономической эффективности селекционных схем на примере крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Рассматривается эффективность отбора по нескольким признакам. Основными критериями оценки являются средний генетический прирост по селекционному индексу и его компонентам, а также прибыль, которая рассчитывается с учетом изменения экономической ценности признаков по годам. Показаны элементы программы ZPLAN, позволяющей производить расчеты по предложенному алгоритму.

В настоящее время в большинстве развитых стран наблюдается переход от разведения животных по линиям и семействам к разведению животных на основе селекционных программ по определению Г.П. Антипова [1]. Под селекционными программами понимают найденную с помощью ЭВМ на основе генетико-математической модели популяции такую комбинацию факторов, которая позволяла бы достигнуть поставленной цели. В качестве такой

цели может быть использован селекционный индекс, который представляет собой оптимальный линейный прогноз индивидуальной селекционной ценности и множественную регрессию этой ценности на все используемые данные [2].

В странах, где селекционная работа со скотом молочного направления продуктивности находится на высоком уровне, отбору по селекционному индексу придается огромное значение [8]. В ка-

честве критериев для оценки эффективности селекционной схемы могут быть использованы генетический эффект отбора за год по признакам, входящим в селекционный индекс, и доход от вложенный или чистая прибыль. В России составление селекционного индекса с включением в него экономической ценности каждого признака в настоящее время является довольно сложной задачей. Во-первых, это связано с отсутствием стабильных цен на производимые продукты, во-вторых, до сегодняшнего дня не решены вопросы экономической эффективности отдельных пород сельскохозяйственных животных, экономик отдельных признаков и отдельных животных.

Поэтому нашей задачей являлось адаптировать существующие методики оценки селекционных схем с учетом экономического вклада каждого признака к условиям России, а также показать возможность использования современных показателей экономической эффективности капитальных вложений для оценки результатов планируемой племенной работы.

В качестве материала использовали данные по поголовью крупного рогатого скота чернопестрой породы Московской области.

Значительная часть существующих работ по максимизации среднегодового генетического прироста [13, 19–21] базируется на формуле Рендела и Робертсона [17]. В данной работе представлена методика оценки среднегодового прироста селекционного индекса

и прибыли, основанная на применении программы ZPLAN, разработанной Каррасом и другими [10].

Предварительное описание предлагаемого метода на примере крупного рогатого скота мясного направления продуктивности было сделано Г. Нитгером и другими [14–16].

Вычисление среднегодового генетического прироста

Составление селекционного индекса является необходимым условием для проведения последующих вычислений на основе программы ZPLAN. В него должны входить все признаки, по которым планируется проводить отбор, и их экономическая ценность. Экономическая ценность признака определяется как прибыль, полученная при изменении значения этого признака на единицу, в то время как все остальные признаки остаются неизменными. Для программы ZPLAN экономическая ценность признака определяется без дисконтирования (операции приведения к единому расчетному периоду) в расчете на одну матку в единицу времени.

Для проведения анализа в рассматриваемой популяции должны быть выделены селекционные единицы. В качестве селекционной единицы (уровня) рассматриваются такие группы животных (обычно животные, занесенные в племенные книги), в которых происходит кумуляция генетического прироста. Селекционные единицы, в свою очередь, могут быть разделены на селекционные груп-

пы, соответствующие следующим критериям, определяющим вклад этих животных в значение генетического прироста:

1) все животные несут равное количество информации, на основании которой производится отбор (например, точность нахождения селекционного индекса должна быть одной и той же);

2) селекционная группа должна обладать собственным специфическим значением интенсивности отбора;

3) животные внутри группы характеризуются общим значением интервала между поколениями.

В молочном скотоводстве, где широко используются искусственное осеменение и плановая случка, в селекционной единице обычно выделяют 4 или 5 групп: отцы быков ($B > B$); матери быков ($K > B$); отцы коров ($B > K$), подразделяемые, в свою очередь, на быков, оцененных по качеству потомства ($OB > K$) и проверяемых (молодых) быков ($ПБ > K$); матери коров ($K > K$).

Генетическое превосходство каждой селекционной группы определяется по формуле

$$\Delta G_j = r_{A_i} i \sigma_A$$

где G_j — генетическое превосходство j -й группы; r_{A_i} — точность селекции, т.е. корреляция между истинной племенной ценностью (A) и селекционным индексом (I); i — интенсивность селекции, т.е. стандартизированный селекционный дифференциал (он показывает, на сколько стандартных фенотипических отклонений отобранные животные превосходят жи-

вотных в группе, из которой они были отобраны); σ_A — отклонение племенной ценности.

Далее в программе ZPLAN производится вычисление вариантов племенной ценности и селекционного индекса для каждой группы (элементы программ INDEX [11] и SELIND [6]. Расчет этих вариантов необходим для нахождения точности оценки племенной ценности по формуле

$$r_{A_i} = \sqrt{\sigma_I^2 / \sigma_A^2} = \sigma_I / \sigma_A.$$

Далее рассчитывается значение генетического превосходства, достигаемого по каждому признаку при стандартной интенсивности отбора ($i = 1$).

Для всех признаков, как включенных в селекционный индекс, так и несущих дополнительную информацию, должна быть построена матрица их фенотипических стандартных отклонений, фенотипических и генотипических коэффициентов корреляции и коэффициентов наследуемости. Экономическая ценность каждого признака должна быть взвешена стандартным дисконтированным коэффициентом окупаемости, специфичным для каждой селекционной группы. Значение этого коэффициента вычисляется на основе метода потока генов. Этот метод и его применение в селекционных программах описаны в [3, 7, 9, 12]. Формула для вычисления стандартного дисконтированного коэффициента окупаемости (SDE) приводится ниже.

Интенсивность селекции определяется для каждой селекционной группы, число проверяемых и

отбираемых животных в которой вычисляется предварительно.

Для малых выборок применяется метод аппроксимации [4]:

$$i = i_{\infty} - (N - n) / 2n(N+1)i_{\infty},$$

где i , i_{∞} — интенсивность селекции для конечной и бесконечной выборок; N — число оцениваемых животных; n — число отбираемых животных.

Существуют ситуации, где из рассматриваемой селекционной группы лучшие животные уже были отобраны в другую селекционную группу. В этом случае используется формула Кохрама [5]:

$$i_2 = [(b_1 + b_2)i_{1+2} - b_1 i_1] / b_2,$$

где b_1 , b_2 — доля отобранных животных в группах 1 и 2; i_1 , i_2 — интенсивность отбора в группах 1 и 2; i_{1+2} — общая интенсивность отбора.

Данная подпрограмма производит вычисления в таких ситуациях с двухступенчатым отбором, используя метод аппроксимации [14, 15, 18], позволяющий находить требуемые для вычисления

генетического превосходства параметры.

В результате расчетов определяются значения генетического превосходства за один цикл селекции для каждой селекционной группы по каждому признаку. Чтобы рассчитать генетическое превосходство для селекционного индекса в каждой селекционной группе, эти значения должны быть умножены на величину, определяющую относительную экономическую ценность (вес) каждого признака. Сумма всех значений генетического превосходства всех групп внутри селекционной единицы, взвешенных их генными частотами, является общим превосходством животных данной селекционной единицы или, другими словами, генетическим эффектом отбора за поколение.

Для того чтобы определить кумуляционный генетический эффект в единицу времени, необходимо разделить сумму всех значений генетического превосходства (ΔG) на сумму интервалов между поколениями (L) по формуле Рендела и Робертсона [17]

$$\Delta G_{\text{yr}} = \frac{\Delta G_{B>B} + \Delta G_{C>B} + \Delta G_{B>C} + \Delta G_{C>C}}{L_{B>B} + L_{C>B} + L_{B>C} + L_{C>C}}.$$

Поскольку в группу быков-отцов производителей входят как производители, оцененные по качеству потомства, так и проверяемые, значение интервала между поколениями для каждой группы

должно быть взвешено $(1 - p)$ — долей коров, осемененных оцененными быками, и (p) — долей коров, осемененных проверяемыми производителями. В этом случае формула принимает вид

$$\Delta G_{\text{yr}} = \frac{\Delta G_{B>B} + \Delta G_{C>B} + p \cdot \Delta G_{TB>C} + (1-p) \cdot \Delta G_{OB>C} + \Delta G_{C>C}}{L_{B>B} + L_{C>B} + p \cdot L_{TB>C} + (1-p) \cdot L_{OB>C} + L_{C>C}}.$$

Эта формула описывает генетический эффект отбора за год как по отдельному признаку, так и по селекционному индексу в целом. Интервалы между поколениями для каждой группы определяются через специальную матрицу, структура которой зависит от биологических и технологических параметров и описывает поток генов в популяции.

Расчет дохода и прибыли

В качестве инвестиций могут быть рассмотрены все меры и усилия, прилагаемые в течение определенного цикла селекции к исследуемой группе животных. Для расчета эффективности вложений необходимо определить соотношение затрат и прибыли. В качестве критерия эффективности используется чистый дисконтированный доход. Он представляет собой сумму дисконтированных (приведенных на настоящий момент времени) ежегодных разностей между выручкой и затратами, связанными с приобретением и использованием объекта капитальных вложений за весь срок его использования или на планируемый горизонт расчета. Для его определения необходимо знать размер дохода, полученного от всех поколений в течение каждого года на протяжении определенного горизонта инвестиций (расчета), а также все затраты в течение каждого цикла селекции. Доход и затраты должны быть дисконтированы (приведены) на определенный момент времени, за который обычно принимают год рождения животных данного селекционного цикла. Для проведе-

ния дисконтирования необходимо также определить приемлемый уровень возврата на капитал и процент на связанный капитал (вмененные затраты).

Поскольку затраты возникают только в селекционных единицах, где производится учет продуктивности животных, основной вклад в величину дохода, несомненно, вносят коммерческие (товарные) стада, которые в скотоводстве, как правило, не являются объектами племенной регистрации.

В специальных случаях для некоторых видов должны рассматриваться также один или несколько репродуктивных уровней, как, например, при различных системах скрещивания свиней. Поэтому в группах животных, которые не являются селекционными единицами, могут быть выделены добавочные селекционные группы. Эти селекционные группы имеют реальное генетическое превосходство: например, от производителей из селекционной единицы получают маток в товарных стадах, но они не вносят свой вклад в кумулятивный генетический прирост. Так как гены распространяются с вершины племенной пирамиды в товарные стада, производящие основные продукты скотоводства, следовательно, за счет генетического превосходства племенные животные вносят вклад в доход, полученный на нижних уровнях. Это значит, что для каждой из этих групп должно быть рассчитано собственное значение генетического превосходства.

Расчет стандартного дисконтированного коэффициента окупа-

емости (SDE) для признаков, входящих в селекционный индекс, является наиболее важным пунктом в определении дохода для используемой селекционной схемы. Этот коэффициент является специфичным для каждой селекционной группы и для каждого вида признаков.

Обычно выделяют два основных вида признаков: признаки, характеризующие откормочные качества, которые определяются один раз в молодом возрасте, и признаки — показатели продуктивности маточного поголовья, которые у взрослых животных характеризуются различной величиной повторяемости.

Стандартный дисконтированный коэффициент окупаемости для i -того признака в j -й группе (SDE_{ij}) рассчитывается по формуле

$$SDE_{ij} = \sum_{t=1}^T h_i \cdot m_{jt} [1/(1+r)]^t,$$

где T — горизонт инвестиций; h_i — вектор реализации (горизонтальный вектор, количество элементов которого равно количеству половозрастных групп в селекционной единице); m_{jt} — вертикальный вектор доли генов, которые животные различных групп передают в селекционную группу j во время t ; r — норма дисконта (эффективный/банковский процент).

Вектор m_{jt} описывает «поток генов», т.е. долю генов отобранных животных в группе j , переданных в половозрастные группы потомков во время t . Этот вектор рассчитывается через трансмиссионную матрицу и включает в себя всех потомков из всех селекцион-

ных групп и когорт. Вектор h_i описывает степень выраженности признака i в половозрастных группах. Он определяется через «линии реализации» в трансмиссионной матрице — признаки, выражаемые через определенные репродуктивные линии маток. Это также объясняет, почему экономическая ценность всех признаков определяется в расчете на одну матку. Последней операцией является определение нормы дисконта, которая будет применена к доходу за определенный период времени, составляющий для крупного рогатого скота обычно один год, а для свиней — полгода.

Несмотря на то, что только селекционные группы, входящие в селекционную единицу, вносят вклад в значение генетического прироста, доход от проводимых селекционных мероприятий складывается из значений дохода, полученного от всех селекционных групп на всех селекционных уровнях. Доход от селекции по отдельному признаку i в селекционной группе j (R_{ij}) и суммарный доход от группы (R_j) определяются по формулам:

$$R_{ij} = \Delta G_{ij} \cdot SDE_{ij} \cdot v_i,$$

$$R_j = \sum_{i=1}^m \Delta G_{ij} \cdot SDE_{ij} \cdot v_i,$$

где G_{ij} — генетическое превосходство i -й группы по i -тому признаку; SDE_{ij} — значение стандартного дисконтированного коэффициента окупаемости i -того признака в j -й группе; v_i — недисконтированная экономическая ценность i -того признака, входящего в селекционный индекс.

Следующей операцией является расчет общего дохода от селекции — суммы всех значений дохода, полученного от селекционных групп (k) во всех селекционных единицах по всем признакам m, входящим в селекционный индекс.

$$R_{\text{Total}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k \Delta G_{ij} \cdot SDE_{ij} \cdot v_i.$$

Последним шагом для расчета чистого дисконтированного дохода (ЧДД) является определение постоянных и переменных затрат на проведение племенной работы. Переменные издержки — это затраты на проведение каждого измерения признаков, как используемых при отборе, так и являющихся элементами контроля. Фактически переменные издержки — это издержки на мероприятия, которые не являются операциями работы племенных организаций. Эти затраты должны быть дисконтированы на тот период времени, когда данные операции (например, измерения величины удоя) проводились. Постоянные издержки — это затраты, которые в основном не зависят от числа вовлеченных в селекцию животных. Примером таких затрат, рассчитанных в среднем на корову в год, являются затраты на работу отдела племенной организации, который осуществляет регистрацию животных данной племенной единицы, производит обработку данных и другую техническую работу.

Общие издержки за один цикл селекции находят по формуле

$$C_{\text{Total}} = \sum_{t=0}^{T^*} c_t / (1+r^*)^t,$$

где T^* — длительность одного цикла селекции; c_t — затраты, произведенные за время t ; r^* — процент на связанный капитал (вмененные затраты).

Чистый дисконтированный доход за один цикл селекции, или общая прибыль, находится как разница между общим доходом и общими издержками, причем эти параметры обычно рассчитывают в среднем на одну корову в популяции.

Образец расчета на примере черно-пестрого скота Московской области

Основные расчетные параметры, характеризующие структуру популяции крупного рогатого скота черно-пестрой породы Московской области, селекционные группы, критерии отбора и затраты на племенную работу приведены в табл. 1

Как показано в табл. 1, оценка продуктивности только 20% коров из 300 000 животных производится на уровне международных стандартов, т.е. определяются величина удоя, содержание жира, белка и количество соматических клеток в молоке (селекционный уровень 1). У 40% животных производится регистрация только величины удоя (селекционный уровень 2), а данные по оставшимся 40% коров не используются в племенной работе (селекционный уровень 3).

Также принято полученных от плановых случек молодых бычков оценивать только по величине среднесуточного прироста. Число коров-матерей производителей (1060) определяется на основании

Таблица 1

**Основные параметры популяции крупного рогатого скота
черно-пестрой породы Московской области**

| Показатель | Ед.изм. |
|---|---------|
| Общее число коров | 300 000 |
| Коровы с интенсивной оценкой молочной продуктивности (уровень 1) | 60 000 |
| Коровы с экстенсивной оценкой молочной продуктивности (уровень 2) | 120 000 |
| Коровы в товарных стадах (уровень 3) | 120 000 |
| Число мест в элеверах | 300 |
| Коровы — матери быков (рассчитано) | 1 060 |
| Быки, оцененные по качеству потомства, в год | 4 |
| Молодые быки, в год (рассчитано) | 12 |

способности контрольных станций (элеверов) производить оценку определенного количества молодых быков одновременно (300). Поскольку число спермодоз, получаемых от одного быка, лимитировано, принято для осеменения большей части коров ежегодно отбирать 12 молодых быков, а семя 4 лучших производителей, оцененных по качеству потомства, использовать только для плановых осеменений.

Представленная разбивка на селекционные группы основана на следующих допущениях: проводится 100% искусственное осе-

менение, молодые быки не имеют оценки по качеству потомства и забиваются сразу же после использования.

Согласно данным табл. 2, всех коров 2-го и 3-го селекционного уровня осеменяют семенем молодых быков 1-го селекционного уровня. Ограниченное количество спермодоз от молодых быков сохраняется до получения результатов оценки продуктивности первой «волны» дочерей, а затем только семя лучших из них, оцененных по качеству потомства, будет использовано для осеменения коров 1-го селекционного уровня.

Таблица 2

Поток генов в селекционных группах

| Группа, принимающая гены | Группа, передающая гены ¹ | | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------|-----------|-----------|---|
| | уровень 1 | | уровень 2 | уровень 3 | |
| | ПБ | ОБ коровы | коровы | коровы | |
| Уровень 1 Быки | 1 | 2 | | | |
| Коровы | 3 | 4 | | | |
| Уровень 2 Коровы | 5 | | 6 | | |
| Уровень 3 Коровы | 7 | | | | 8 |

¹ Уровень 1 — коровы селекционной единицы (с интенсивной оценкой продуктивности, уровень 2 — коровы с интенсивной оценкой продуктивности, уровень 3 — коровы товарных стад. ПБ — молодые быки. ОБ — быки, оцененные по качеству потомства.

В анализируемой схеме выделено 8 селекционных групп. Группы 1 и 2 представлены отцами быков и матерями быков, составляющими селекционную единицу. Группы 3, 5 и 7 — это молодые быки, от которых получают коров, используемых на всех трех уровнях. Селекционные группы 4, 6 и 8 состоят из коров — матерей следующего поколения коров всех трех уровней.

В табл. 3 представлены фенотипические варианты, коэффициенты наследуемости и коэффициенты фенотипической корреляции между признаками, по которым производится отбор. Для выхода молочного жира и выхода молочного белка также даны значения их экономической ценности. Это означает, что в данной модели в селекционный индекс включены только эти два признака.

Таблица 3

Признаки и их экономическая ценность (v , в у.е.), фенотипические стандартные отклонения (σ_p), коэффициенты наследуемости (h^2) и коэффициенты фенотипических (под диагональю) и генотипических (над диагональю) корреляций

| Признак | Номер признака | v | σ_p | h^2 | Фенотипические и генетические корреляции | | | | |
|-----------------------------------|----------------|------|------------|-------|--|-------|-------|------|------|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Удой, кг | 1 | — | 700 | 0,25 | — | 0,70 | 0,80 | 0,00 | 0,10 |
| Выход жира, кг | 2 | 1,00 | 40 | 0,23 | 0,70 | — | 0,70 | 0,00 | 0,10 |
| Выход белка, кг | 3 | 4,00 | 30 | 0,20 | 0,90 | 0,80 | — | 0,00 | 0,10 |
| Число соматических клеток, \log | 4 | — | 0,45 | 0,10 | -0,10 | -0,10 | -0,10 | — | 0,00 |
| Среднесуточный прирост, г/день | 5 | — | 100 | 0,35 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | — |

При проведении отбора в разных селекционных группах (за исключением коров третьего уровня) использовались различные источники информации. Необходимо отметить, что в системе, где семя молодых быков используется для осеменения почти всех коров, исключая матерей быков, число потомков каждого производителя очень велико. При этом одновременно задействуется информация о родственниках, имеющих данные более чем по одной лактации. В модели были приняты следующие значения коэффи-

циента повторяемости: 0,5 — для величины удоя, выхода молочного жира и выхода молочного белка и 0,15 — для содержания в молоке соматических клеток.

Основные биологические и технологические параметры представлены в табл. 4. Кроме того здесь показаны признаки интенсивности отбора, которые не были включены в селекционный индекс.

Параметры, характеризующие инвестиции и затраты на проведение племенной работы (табл. 5), были определены на основе цен за

Биологические и технологические параметры

| Параметр | Ед.изм. |
|---|---------|
| Продолжительность хозяйственного использования (лет) | |
| Молодые быки первого уровня (группа 3) | 2 |
| Молодые быки второго и третьего уровней (группы 5 и 7) | 3 |
| Быки, оцененные по качеству потомства (группа 1) | 1 |
| Матери быков (группа 2) | 2 |
| Коровы других уровней (группы 4, 6 и 8) | 4 |
| Возраст первого отела (лет) | |
| Молодые быки во всех уровнях (группы 3, 5 и 7) | 2,2 |
| Быки, оцененные по качеству потомства (группа 1) | 6,4 |
| Матери быков (группа 2) | 4,4 |
| Коровы других уровней (группы 4, 6 и 8) | 2,4 |
| Сохранность и репродуктивные качества | |
| Среднегодовая сохранность быков и коров первого уровня, % | 90 |
| Среднегодовая сохранность коров второго и третьего уровней, % | 85 |
| Сохранность бычков в элеверах, % | 90 |
| Смертность телят, % | 10 |
| Межотельный интервал для коров во всех уровнях, лет | 1,07 |
| Выход телят (на 100 коров в год) | 95 |
| Число коров, которых необходимо осеменить молодым быком, чтобы получить данные по продуктивности одной дочери | 6 |
| Интенсивность отбора по экстерьеру и другим признакам | |
| Телята, пригодные для использования на первом уровне, % | 70 |
| Матери быков по признакам экстерьера, % | 75 |
| Выбраковка бычков по признакам экстерьера, % | 15 |
| Выбраковка бычков на элеверах по признакам экстерьера, % | 35 |
| Искусственное осеменение | |
| Число спермодоз на одного быка в год | 35 000 |
| Число спермодоз на одно плодотворное осеменение | 4 |
| Число спермодоз одного молодого быка, сохраняемых для плановых осеменений | 2000 |

указанные мероприятия в Федеративной Республике Германии. Приемлемый уровень возврата на капитал рассчитан по данным 1996—1997 гг. без учета инфляции. При изменении параметров инвестиций и с учетом инфляции соответственно будут изменяться значения стандартного дисконтированного коэффициента окупаемости, что повлечет за собой из-

менение величины дохода и среднегодового генетического прироста, поскольку значения этих параметров зависят от принятой экономической ценности признаков, входящих в селекционный индекс. Изменение же величины постоянных и переменных затрат повлияет только на величину дохода и генетический эффект отбора.

Параметры инвестиций и затрат

| Параметр | |
|---|---------|
| Параметры инвестиций | |
| Горизонт инвестиций (расчета), лет | 25 |
| Приемлемый уровень возврата капитала, % | 6 |
| Уровень на связанный капитал (вмененные затраты), % | 4 |
| Переменные и постоянные затраты (1 у.е. = 3,3 руб.) | |
| Стоимость оценки молочной продуктивности на первом уровне на корову в год | 40 |
| Стоимость оценки молочной продуктивности на втором уровне на корову в год | 15 |
| Оценка экстерьера потенциальных матерей быков на корову в год | 30 |
| Оценка экстерьера бычков, полученных от плановых случек, на бычка в год | 30 |
| Сбор и сохранение резервных сперматозоидов | 1,14 |
| Оценка одного бычка на элвевере | 4300 |
| Постоянные затраты на один цикл селекции | 370 000 |

Анализ табл.6 показал, что наибольшей интенсивностью отбора характеризуются коровы-матери быков (группа 2, $i = 2,20$) и молодые быки (группы 3, 5 и 7, $i = 2,09$). Группы отцов быков и матерей быков отличаются наибольшим значением интервала между поколениями (6,4 и 4,9 лет) и точностью оценки племенной ценности соответственно 0,99 и 0,68. Точность оценки быков 1-й группы значительно превышает точность оценки молодых быков благодаря большему числу дочерей, прошедших оценку по продуктивности.

Коровы и быки, являющиеся родителями следующего поколения производителей, вносят наибольший вклад в значение генетического прироста признаков, включенный в селекционный индекс, и величину полученного от селекции дохода.

Коровы второго селекционного уровня, имеющие низкую точ-

ность оценки племенной ценности, вносят наименьший вклад в величину дохода, а вклад коров 3-го уровня (товарные стада) равен нулю.

В результате использования принятой селекционной схемы годовой генетический прирост выхода молочного жира и выхода молочного белка в популяции составит соответственно 3,80 кг и 3,26 кг (табл. 7), что в денежном выражении равно 23,45 у.е. (цель селекции). Генетический эффект отбора за год по выходу молочного жира составит 63,49 кг, по количеству соматических клеток и среднесуточному приросту оказался крайне низким. Высокие значения дохода и прибыли, полученные в среднем на корову в год (105,63 и 87,6 у.е. соответственно), обусловлены главным образом включением выхода молочного белка в селекционный индекс.

Основные результаты для каждой селекционной группы

| Группа ¹ | Число животных | | L ² | r _{Al} | G (кг) ³ | | Доход (у.е.) | | |
|---------------------|----------------|-------------|----------------|-----------------|---------------------|------|--------------|-------|-------|
| | отобран-ных | проверенных | | | ВЖ | ВБ | ВЖ | ВБ | общий |
| 1 | 4 | 12 | 6,40 | 0,98 | 29,2 | 23,9 | 8,17 | 26,74 | 34,91 |
| 2 | 2123 | 15000 | 4,94 | 0,68 | 17,5 | 14,1 | 5,67 | 18,33 | 24,00 |
| 3 | 12 | 175 | 2,75 | 0,45 | 13,9 | 11,2 | 3,98 | 12,79 | 17,77 |
| 4 | 15000 | 17955 | 4,26 | 0,59 | 2,8 | 2,3 | 0,70 | 2,28 | 2,98 |
| 5 | 12 | 175 | 3,33 | 0,45 | 13,9 | 11,2 | 3,05 | 9,79 | 12,84 |
| 6 | 30000 | 41040 | 4,46 | 0,21 | 1,5 | 1,2 | 0,31 | 0,99 | 1,30 |
| 7 | 12 | 175 | 3,33 | 0,45 | 13,9 | 11,2 | 3,05 | 9,79 | 12,84 |
| 8 | 30000 | 41040 | 4,46 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

¹ Номер групп смотри в табл. 2.

² Интервал между поколениями, лет.

³ Генетическое превосходство по выходу жира (ВЖ) и выходу белка (ВБ).

Таблица 7

Эффект отбора за год, доход, затраты и прибыль в среднем на одну корову

| Признак/критерий | Значение | Эффект отбора за год | Доход на корову (у.е.) |
|---------------------------------|----------|----------------------|------------------------|
| Выход жира | | 3,46 (кг) | 24,92 |
| Выход белка | | 2,81 (кг) | 80,71 |
| Удой | | 63,49 (кг) | — |
| Число соматических клеток | | 0,0008 (log) | — |
| Среднесуточный прирост | | 2,17 (г/день) | — |
| Селекционный индекс | | 14,70 (у.е.) | |
| Общий доход | | | 105,63 |
| Интервал между поколениями, лет | 4,59 | | |
| Постоянные затраты, у.е. | 1,23 | | |
| Переменные затраты, у.е. | 16,54 | | |
| Прибыль, у.е. | 87,86 | | |

ЛИТЕРАТУРА

1. Русяев А.М., Антипов Г.П., Лавровский В.В. — Zastosowanie systemow komputerowych w realizacji programow bydlarstwa mlecznego. Sesja Naukowa. Polagra, Poznan, 1995. — 2. Фолкнер Д.С. Введение в генетику количественных признаков. М.: Агропромиздат, 1985. — 3. Brascamp E.W. Methods

on economic optimization of animal breeding plans. Rapport B-134. Wageningen University, 1978. — 4. Burrows P.V. Biometrics, vol. 28, p. 1091—1100. — 5. Cochran W.G. Improvement by means of selection. Proc. 2nd Berkley Symp. Math. Stat. Prob., 1951, p. 449—470. — 6. Cunningham E.P., Mahon G.A.T. SELIND a FORTRAN computer

- program for genetic selection indexes. User's guide, Dublin University, 1977. — 7. *Elsen J. M., Mocquot J. C.* INRA Bull. tech. Dept. Genet. Anim., 1974, vol. 17, p. 30—54. — 8. *Hazel L. M.* Genet., 1943, vol. 28, p. 476—490. — 9. *Hill W. G.* Anim. Prod., 1974, vol. 18, p. 117—139. — 10. *Karras K., Niebel E., Nitter G., Bartenschlager H.* ZPLAN — a PC computer program to optimize livestock selection programs. User's manual. Hohenheim University, 1993. — 11. *Kunzi N.* A flexible system for calculating various types of selection indices. 27th EAAP meeting in Zurich, 1976, G.68. — 12. *McClintock A. E., Cunningham E. P.* — Anim. Prod., 1974, vol. 18, p. 237—247. — 13. *Nicholas F. W., Smith C.* — Anim. Orod., 1983, vol. 36, p. 341—353. — 14. *Niebel E., Fewson D.* Selektionsintensitat bei begrenzten Prufungseinheiten. Zuchtungskunde, 1976, N 48, S. 3—10. — 15. *Niebel E., Fewson D.* Z. Tierzuchtg. Zuchtungsbiol., 1976, N 93, S. 169—177. — 16. *Nitter G., Graser H. — U., Barwick S. A.* — Agr. J. Agric. Res., 1994, N 45, S. 1641—1656. — 17. *Rendel J. M., Robertson A.* Genetics, 1950, vol. 50, p. 1—8. — 18. *Ronningen K.* — Acta Agric. Scand., 1969, vol. 19, p. 149—174. — 19. *Ruane J., Thompson R.* Livest. Prod. Sci., 1991, vol. 28, p. 1—20. — 20. *Skjervold H.* — Acta Agric. Scand., 1963, vol. 13, p. 131—140. — 21. *Skjervold H., Langholz H. J.* Tierzuchtg. Zuchtungsbiol., 1965, vol. 78, p. 25—40.

Статья поступила 28 октября
1998 г.

SUMMARY

A method for evaluating selection strategies in dairy cattle is presented. Multitrait selection is considered which means that a clear definition of the breeding objective is required. The criteria of evaluation are the annual genetic gains in the breeding objective and its components traits, and the profit which is the net present value of return from investment in the scheme. Single steps of the computer program ZPLAN which was written for this purpose are mentioned whenever necessary and applied as an example to population of dairy cattle.