

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ СЕЛЕКЦИЙ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ\*

**В.М. Кузнецов,**

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор*

*Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Киров*

До недавнего времени основными задачами селекции молочного скота были: (1) повышение генетического потенциала животных, и (2) обеспечение воспроизводства стада. С переходом экономики России на рыночные отношения задачей селекции становится также выведение экономически выгодных животных. Для достижения перечисленных задач необходимо знать факторы, определяющие генетический прогресс, использовать эффективные методы генетической оценки животных, разрабатывать и внедрять оптимальные программы селекции. Два первых условия были рассмотрены в журнале «Зоотехния» за 1995 год № 11. В настоящей статье даны основные принципы разработки, моделирования и генетико-экономической оптимизации селекционных программ в молочном скотоводстве.

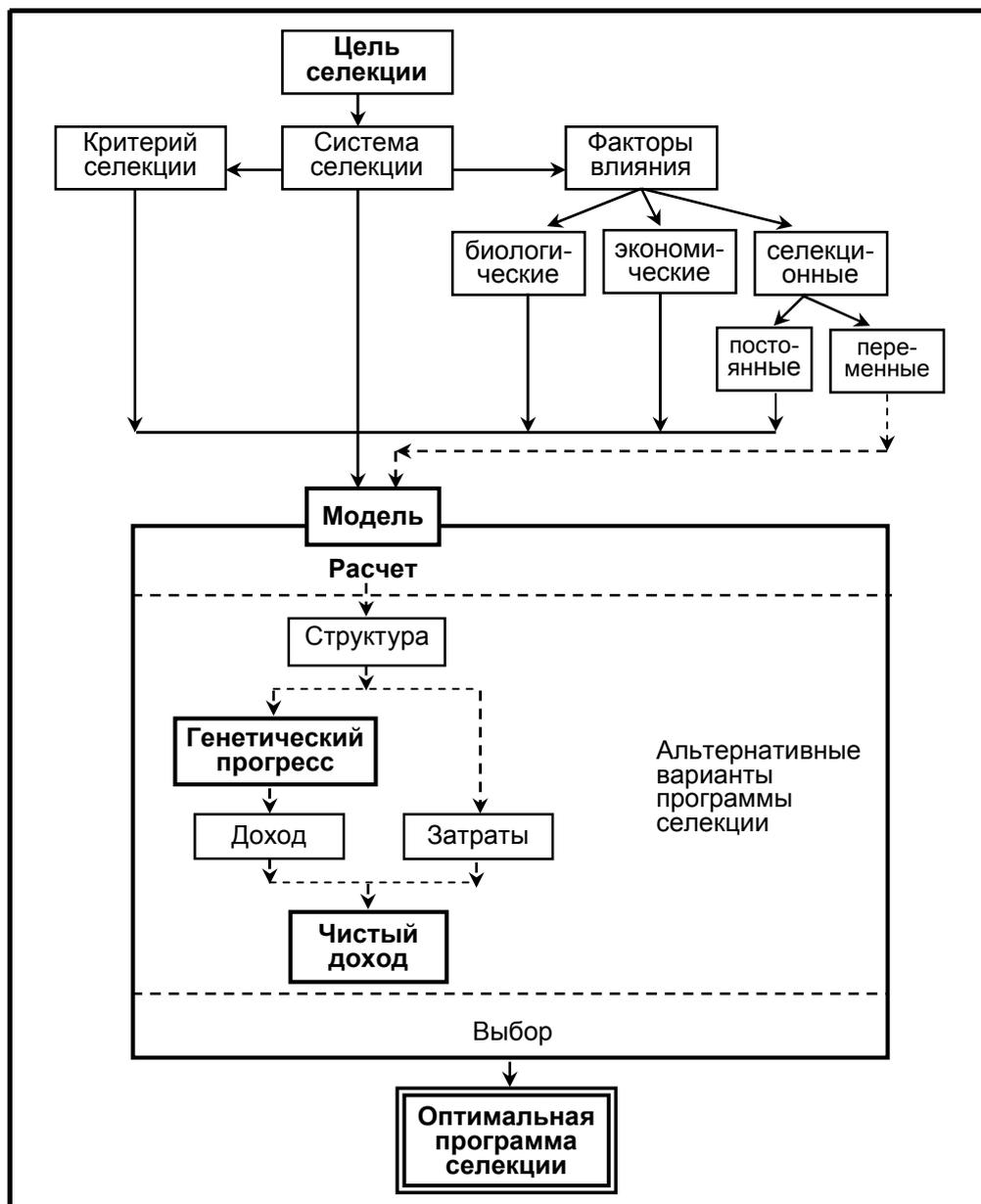
Разработка оптимальной программы селекции любого уровня (стадо, порода) многоплановый, динамичный процесс, который включает следующие этапы:

- a) определение цели селекции;
- b) определение системы селекции;
- c) определение критериев селекции;
- d) оценку биологических, селекционных и экономических параметров;
- e) разработку методов прогноза эффективности селекции и математической модели селекционного процесса;
- f) разработку компьютерной программы и имитационное моделирование альтернативных вариантов программы селекции;
- g) анализ альтернативных вариантов и выбор наилучшего (оптимального) для внедрения.

Этапы разработки программы селекции в той или иной степени взаимосвязаны (рис.1). Изменение каких-либо предпосылок или допущений на одном из этапов влечет за собой пересмотр других.

---

\* По статье из журнала «Зоотехния», 1996.-№ 1.-С. 5-13.



**Рис.1** Схема разработки и оптимизации ( - - ) программы селекции

В представленной схеме определение цели селекции является основополагающим. Древняя мудрость гласит, что правильной дорогой можно идти тогда, когда знаешь, куда хочешь прийти. Применительно к разведению животных это означает то, что желаемых результатов можно достичь лишь в том случае, если точно известна цель селекции и четко определена программа селекции для достижения цели. Резкое сокращение поголовья молочного стада, экспансия импортных продуктов животноводства и стремление к свободному предпринимательству указывают на необходимость установления цели селекции таким образом, что-

бы разведение животных было экономически выгодным. Корова должна жить для того, чтобы приносить прибыль.

В этом аспекте цель селекции молочного скота может быть определена так: *повышение чистого дохода в расчете на корову в год с учетом ее будущего потомства на максимально возможную величину*. Тогда генетическое совершенствование животных по отдельным хозяйственно-полезным признакам можно рассматривать лишь как средство для достижения цели. Исходя из цели, основная задача при разработке программы селекции заключается в том, чтобы рассчитать такой вариант оценки, отбора и использования племенных животных, который обеспечил бы в будущем максимальный чистый доход.

Теоретически в цель селекции должны включаться все признаки, которые способствуют увеличению чистого дохода от разведения животных. Однако это очень усложнит процедуру разработки программы селекции. Поэтому в цели селекции концентрируется внимание на улучшение наиболее важных с экономической точки зрения признаков таких, как признаки молочной и мясной продуктивности. Второстепенные признаки (тип, скорость молокоотдачи, плодовитость и т.д.) учитываются при разработке программы селекции посредством установления определенного процента выбраковки.

Цель селекции определяет систему селекции - основные направления проверки, оценки, отбора и использования различных категорий племенных животных. Систему селекции характеризуют:

- направление селекции (молочная продуктивность или молочная и мясная продуктивность);
- методы проверки и оценки племенных качеств (по собственной продуктивности и/или по качеству потомства; используется или нет информация о предках; по «полевым» данным или по данным контрольных дворов);
- использование молодых бычков (ограниченное или широкое);
- использование отобранных по потомству быков (создание банка спермы с последующей выбраковкой быков или «ожидающие» быки);
- использование производителей других пород;

- селекция матерей быков (закрытое или открытое племядро; по родословной и/или по собственной продуктивности);
- использование биотехнологии (есть или нет система МОЕТ - суперовуляция и пересадка эмбрионов);
- селекция матерей коров (по родословной и/или по продуктивности за первую лактацию).

Комбинации перечисленных условий определяют многообразие систем селекции, которые по-разному влияют на генетико-экономическую эффективность племенной работы.

Согласно выбранной системе селекции определяются критерии селекции, т.е. те показатели, на основании которых отбираются животные с лучшими генотипами. Критерий селекции - это оценка племенной ценности животного. При наличии технических возможностей, наилучшими методами оценки племенной ценности являются те, которые используют линейные статистические модели смешанного типа (BLUP, Animal Model и т.п.). В зависимости от категории племенных животных (отцы и матери быков, отцы и матери коров) и имеющейся информации племенная ценность может рассчитываться по родословной, собственной продуктивности, продуктивности потомства и с учетом всех источников информации - комбинированная племенная ценность. Для получения исчерпывающей информации о наследственных качествах животных может быть использован экономический селекционный индекс по комплексу признаков. Селекционный индекс является основным критерием селекции. Индексная селекция позволяет достичь более высокой общей эффективности племенной работы, чем это возможно при других методах отбора.

Эффективность селекции зависит от многих факторов, которые можно объединить в следующие три группы: биологические, экономические и селекционные.

**К биологическим относятся** те факторы, которые полностью или в значительной степени определяются фенотипической и генетической структурой стада или популяции. Для их оценки используется статистический анализ данных. К этой группе факторов относятся генетическая изменчивость, взаимосвязь между признаками, нижние границы возраста при отеле или интервалов между поколениями, оплодотворяемость и т.д. Селекционеры не

могут, или почти не могут, воздействовать на биологические факторы.

К **экономическим факторам** относятся цены на продукцию, различные виды затрат на селекцию, размер учетной ставки, период оценки программы селекции. Если биологические факторы относительно постоянны, то экономические факторы в значительной степени определяются условиями рынка и зависят от времени. Так как программы селекции разрабатываются на длительный период, то значения экономических факторов следует брать в перспективе на будущее.

**Селекционные факторы** могут полностью контролироваться селекционерами. Эта группа включает такие, например, факторы, как число отобранных ремонтных бычков или отцов быков, процент отбора животных на разных этапах селекции, число дочерей для оценки быка по потомству, размер банка спермы, накапливаемых от каждого проверяемого быка и др. Значения факторов этой группы определяются исходя из основных направлений селекции родителей ремонтного молодняка, т.е. из системы селекции.

Селекционные факторы могут быть постоянными, значения которых не меняются, и переменными, которые при моделировании селекционного процесса меняют свои значения (например, число дочерей для оценки быка по потомству 20, 30, 40 и т.д. голов). Варьированием значениями переменных селекционных факторов достигается оптимизация программы селекции (рис.1). Программу селекции можно определить как *заданную комбинацию селекционных факторов при использовании наилучших биологических и экономических факторов*.

Экономическая эффективность программы селекции оценивается ожидаемым чистым доходом на корову в год. Он может быть рассчитан только тогда, когда известны параметры (структура) программы селекции и ее генетическая эффективность. Это предполагает предварительный прогноз генетического прогресса.

Как известно, селекция оказывает непрерывное, длительное и кумулятивное воздействие на генетическое улучшение популяции (стада). Генетическое превосходство отобранных родителей передается потомству, через потомство - внучатому поколению и т.д. Однако, будущее, особенно отдаленное будущее, имеет свойство быть

неопределенным. Например, мы не можем знать, в какой степени реализуется наш генетический прогноз, или как будет меняться структура популяции, или какими будут спрос и цены на продукцию через 5, 10, 15 лет. Поэтому более поздние доходы от дополнительной продукции, полученной от генетически лучших животных, будут иметь меньшую ценность, чем те же самые доходы, которые производители продукции могли бы получить сегодня. Для того чтобы учесть связанную со временем неопределенность, используется метод дисконтирования. Дисконтирование - это процедура, когда доход умножается на коэффициент, уменьшающийся по мере удаления года получения дохода от года, выбранного за основу (базовый год). Дисконтирование дохода позволяет пренебречь малоизвестным отдаленным будущим.

Имеется много подходов к оценке экономической эффективности разрабатываемых программ селекций. Наиболее простой заключается в том, что рассматривается один цикл селекции. Селекционный цикл начинается годом, в течение которого рождаются будущие производители (которые будут селекционированы), и заканчивается, когда исчезает последний из них. Причем, учитываемый доход - это доход, полученный в результате селекции только этих быков. Базовым годом устанавливается год получения первого эффекта от селекции (лактирование первотелок, дочерей первой партии отобранных быков). Генетическое превосходство по молочной продуктивности первотелок базового года над первотелками предыдущего года приравнивается к ожидаемому среднегодовому генетическому прогрессу ( $\Delta G$ ), который рассчитывается по известной формуле:

$$\Delta G = \frac{\sum I_j}{\sum L_j} - \Delta F,$$

где  $I_j$  и  $L_j$  - соответственно, генетическое превосходство и генерационный интервал  $j$ -ой категории родителей (отцы и матери быков, отцы и матери коров);  $\Sigma$  - знак суммирования;  $\Delta F$  - инбредная депрессия по молочной продуктивности в расчете на корову в год.

Затраты на селекцию для получения этого генетического прогресса вкладывались в течение предыдущих лет, а доход от реализации дополнительной продукции накапливается в течение последующих лактаций и поколений. Процедура дисконтирова-

ния приводит разновременные затраты и доходы в положение *сравнимости*, т.е. к какому-то одному году (рис. 2).



**Рис. 2. Принцип дисконтирования и сопоставления разновременных затрат и доходов (Кузнецов В.М., 2006)**

Затраты, произведенные в разное время, умножаются на  $(1+r)^t$ , а доход - на  $1/(1+r)^t$ , где  $r$  - фактор *дисконтирования* (учетная ставка, нормативный коэффициент, степень заинтересованности, норма прибыли, учетный процент);  $t$  - для затрат – это период времени от вложения затрат до основного года, а для дохода – период от начала получения дохода до основного года.

Общие затраты составляют сумму дисконтированных затрат, общий доход - сумму дисконтированного дохода. Дисконтированные к базовому году разновременные затраты и доходы становятся сопоставимыми и могут быть использованы для прогноза экономической эффективности альтернативных вариантов программы селекции.

Для расчета параметров различных вариантов программы селекции (число матерей быков, проверяемых быков, отобранных

по потомству быков и т.д.) и их эффективности необходима математическая модель (алгоритм). Функция модели заключается в том, чтобы объединить все факторы, влияющие на эффективность селекции, в единое целое и дать возможность систематически менять значения селекционных факторов с целью составления их оптимальной комбинации. Эта модель должна правильно учитывать и описывать все наиболее существенные особенности селекционного процесса.

Селекционный процесс можно разложить на легко воспроизводимые и измеряемые элементарные явления. Например, рождение теленка, рождение телки, браковка телок до отела и т.д. Разработка математической модели заключается в том, чтобы эти элементарные явления выразить через параметры (вероятность рождения теленка, вероятность рождения телки, вероятность, что телка будет иметь законченную лактацию), а функциональные связи между явлениями выразить в виде алгебраических отношений между соответствующими параметрами. Например, число быков, которых необходимо ежегодно ставить на проверку по качеству потомства ( $N_{YB}$ ) и отбирать по результатам оценки племенной ценности ( $N_{PB}$ ), можно выразить следующими отношениями:

$$N_{YB} = \frac{A_1 \times A_2 \times N \times P_1 \times P_2 \times P_3}{N_D}$$

и

$$N_{PB} = \frac{(1 - A_1 \times A_2) \times N \times Q}{S_B \times K_S},$$

где:  $A_1$  - доля коров активной части популяции;  $A_2$  - доля коров активной части популяции, осеменяемых спермой проверяемых быков;  $N$  - число коров в популяции;  $P_1$  - вероятность рождения теленка;  $P_2$  - вероятность рождения телки;  $P_3$  - вероятность, что телка будет иметь законченную первую лактацию;  $N_D$  - число дочерей для оценки быка по качеству потомства;  $Q$  - число спермодоз для плодотворного осеменения одной коровы;  $S_B$  - банк спермы на одного проверяемого быка;  $K_S$  - коэффициент пригодности спермы после ее длительного хранения.

Математическая модель никогда не бывает тождественна селекционному процессу, не передает всех его свойств и особенно-

стей. Основанная на упрощении и идеализации, она является его приближенным отражением. Однако благодаря использованию математической модели появляется возможность предсказать:

- эффективность селекции при различных условиях, т.е. спрогнозировать результаты планируемых и возможных решений селекционера или
- возможных критических ситуаций (например, последствия резкого сокращения поголовья, что имеет место в настоящее время, или последствия изменения экономических условий).

Использование математических моделей и компьютеров открывают принципиально новые возможности планирования племенной работы. Компьютерное имитационное моделирование селекционного процесса в ускоренном режиме времени,

**во-первых**, обеспечивает выбор оптимального варианта программы селекции;

**во-вторых**, создает предпосылки для совершенствования организации и управления племенной работой;

**в-третьих**, освобождает селекционера от рутинных расчетов и дает возможность переключиться на дела, связанные с принятием решения.

Если в процессе производства обычные машины берут на себя физические функции человека, делая его сильнее, то компьютеры помогают человеку в умственной деятельности, делая его умнее.

В настоящее время разработаны и используются математические модели и компьютерные программы для крупномасштабной селекции в больших популяциях молочного скота (**OPTIBREED**), селекции в локальных малочисленных популяциях (**OPTILOC**) и селекции коров в стаде (**OPTIHERD**).

При разработке программы крупномасштабной селекции основная проблема заключается в поиске компромисса между точностью оценки племенной ценности, интенсивностью отбора и интенсивностью использования отцов и матерей быков, отцов и матерей коров. Например, при фиксированном размере активной части популяции, осеменяемой спермой проверяемых быков, и числе ежегодно отбираемых по качеству потомства быков, увеличение числа дочерей для оценки быка по качеству потомства

приводит к повышению достоверности оценки племенной ценности, но снижает интенсивность отбора отцов коров. И наоборот (это можно видеть из приведенных выше формул). Увеличивая поголовье коров, осеменяемых спермой молодых быков, можно повысить как достоверность оценки племенной ценности, так и интенсивность отбора. Но в этом случае сокращается поголовье коров, которое должно осеменяться спермой быков-улучшателей, и, следовательно, эффективность селекции. Данное ниже отношение иллюстрирует число факторов, которые влияют на долю отбора оцененных по качеству потомства отцов коров ( $P_{PB}$ ):

$$P_{PB} = N_{PB} / N_{YB} = \frac{(1 - A_1 \times A_2) \times Q \times N_D}{S_B \times K_S \times A_1 \times A_2 \times P_1 \times P_2 \times P_3}.$$

Чтобы найти оптимальную долю отбора оцененных по потомству быков, необходимо одновременно варьировать значениями таких селекционных параметров, как размер активной части популяции ( $A_1$ ), размер активной части популяции, осеменяемой спермой проверяемых быков ( $A_2$ ), число дочерей на быка ( $N_D$ ) и размер банка спермы на быка ( $S_B$ ). «Точка оптимума» достигается тогда, когда эффективность программы селекции будет максимальной. Значения  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $N_D$  и  $S_B$ , которые приводят к максимальной генетико-экономической эффективности, и все расчетные параметры программы селекции считаются оптимальными.

В принципе, для выбора оптимального варианта программы селекции могут быть использованы иные, чем чистый доход, критерии. В частности, в качестве критерия оптимальности программы селекции может быть использован максимальный доход, или минимальные затраты, или максимальный генетический прогресс при минимальных затратах. В табл. 1 иллюстрируются возможности компьютерной программы **OPTIBREED**. Даны варианты программы селекции, которые были оптимизированы по различным критериям. Также показано влияние на параметры программы селекции и ее эффективность таких решений, как сокращение числа отцов быков и использование импортных производителей.

При моделировании селекционного процесса варьировали значениями следующих селекционных факторов:

- размер активной части популяции, осеменяемой спермой проверяемых быков, от 20 до 80%;

- размер товарной части популяции, осеменяемой спермой проверяемых быков, от 20 до 50%;
- число дочерей для проверки быка от 20 до 150 голов;
- размер банка спермы на быка от 10 до 100 тыс. доз;
- размер активной части популяции, осеменяемой спермой голштинских быков, от 10 до 50%.

Число возможных комбинаций значений переменных селекционных факторов (вариантов программы селекции) может быть десятки и даже сотни тысяч. Программа **OPTIBREED** рассчитывает структуру и эффективность каждого варианта и выбирает наилучший (оптимальный) по тому или иному критерию (рис.1).

Критерий для выбора оптимального варианта влияет на параметры программы селекции и ее эффективность. Окончательное решение, какой вариант программы селекции может быть использован для внедрения, принимает руководство селекцентра по породе на основании имеющегося опыта, с учетом реальных возможностей и будущих производственных и экономических условий.

Результаты исследований по моделированию крупномасштабной селекции позволяют сделать следующие обобщения:

1. Наиболее оптимальным является ежегодный отбор в качестве отцов быков 2-3 оцененных по качеству потомства производителей.
2. Спермой проверяемых быков необходимо осеменять не менее 20-25% активной части популяции. С увеличением активной части популяции генетическая эффективность программы селекции возрастает.
3. Генетический прогресс возрастает с увеличением банка спермы на быка до 40-60 тыс. доз. Дальнейшее увеличение банка спермы приводит к снижению генетического прогресса.
4. Число дочерей для оценки быка по качеству потомства должно быть не менее 40 голов.
5. Интенсивность отбора быков по качеству потомства должна быть не больше 25%.
6. Лучшие оцененные по потомству быки должны использоваться с максимальной интенсивностью - лучше в течение года.
7. Оптимальная браковка быков по собственной мясной продуктивности находится на уровне 25-30%.
8. Кроссбридинг с быками мясных пород (до 30%) не оказывает отрицательного влияния на генетический прогресс по удою.

**1. Параметры и эффективность альтернативных вариантов программы крупномасштабной селекции (250 тыс. коров, активная часть популяции 35%, 75% бычков селекционируется по живой массе в 12-мес. возрасте, 15% коров товарной части популяции осеменяется спермой быков мясных пород)**

Показатели	В	а	р	и	а	н	т	ы
	А	В1	В2	В3	В4	С	Д	Е
% коров активной части популяции, осеменяемых спермой								
- молодых быков	80	50	40	30	30	60	20	40
- оцененных быков	20	50	60	70	60	40	80	60
- голштинских быков	-	-	-	-	10	-	-	-
% коров товарной части популяции, осеменяемых спермой								
- молодых быков	20	30	50	50	50	20	50	50
- оцененных быков	80	70	50	50	50	80	50	50
Число, голов/год								
- матерей быков	890	223	178	134	134	267	89	178
- отцов быков всего	5	5	3	5	5	5	5	5
в т.ч. голштинских	-	-	-	2	2	-	-	-
- ремонтных бычков	294	73	59	44	44	88	29	59
- проверяемых быков	198	50	40	30	30	60	20	40
- отобранных быков	9	10	8	8	8	10	11	12
- дочерей для оценки быка	60	150	150	150	150	150	150	150
Банк спермы на быка, тыс.доз	60	60	60	60	60	60	50	40
Генерационный интервал, лет	6,3	6,4	6,3	5,7	5,7	6,4	6,3	6,3
Генетический прогресс по								
- удою ( $\Delta G$ ), кг/год	62,4	54,2	56,0	58,0	59,1	55,3	43,7	51,0
- удою, %/год	1,89	1,64	1,70	1,76	1,79	1,68	1,33	1,54
- живой массе ( $\Delta G_B$ ), кг/год	0,32	0,31	0,30	0,34	0,34	0,31	0,30	0,32
Инбредная депрессия по								
- удою, кг/год	0,51	0,58	0,97	0,74	0,75	0,55	0,73	0,64
- живой массе, кг/год	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Вклад в генетический прогресс по удою, %								
- отцов быков	60,0	45,1	46,4	42,1	41,7	45,4	35,9	44,2
из них голштинских	-	-	-	35,8	35,8	-	-	-
- отцов коров	26,3	19,5	14,6	13,4	14,2	20,2	5,6	12,6
из них голштинских	-	-	-	-	9,2	-	-	-
- матерей быков	9,2	30,3	34,1	39,3	38,9	29,4	52,2	37,7
- матерей коров	4,5	5,1	4,9	5,3	5,2	5,0	6,3	5,5
Относительная экономическая эффективность (к В1),%								
- доход ( $\Delta D$ )	114,4	100,0	102,7	106,3	108,1	101,8	81,1	93,7
- затраты ( $\Delta C$ )	344,4	100,0	83,3	66,7	96,7	111,1	44,4	72,2
- чистый доход ( $\Delta R$ )	69,9	100,0	106,5	113,9	97,9	98,9	87,1	98,9

**ПРИМЕЧАНИЕ.** А - max  $\Delta G$ ; В - max  $\Delta R$  (В1 - ежегодно 5 отцов быков, В2 - 3 отца быка, В3 - 3 собственной селекции и 2 HF отцов быков, В4 - аналогично В3 плюс 10% активной части осеменяется спермой HF быков); С - max  $\Delta G$  и  $\Delta R$ ; D - max рентабельность; Е - max  $\Delta G$  и min  $\Delta C$ .

9. Приближение к оптимальному варианту программы селекции постепенное. Поэтому возможна вариация в параметрах программы селекции при ее высокой эффективности.

10. В оптимальных программах крупномасштабной селекции среднегодовой темп генетического улучшения животных по молочной продуктивности может составлять 1,6-2,0%, по мясной продуктивности около 0,5%. Это в 3-4 раза выше существующего в отечественных популяциях молочного скота.

11. Генетический прогресс определяется, в среднем, на 45% за счет селекции отцов быков, на 20% - отцов коров, на 30% - матерей быков и на 5% - матерей коров. Экономическая эффективность программы селекции - на 20, 35, 30 и 15% соответственно.

12. Оптимизация программ селекций по экономическим критериям целесообразна и необходима. Стремление к максимальному генетическому прогрессу по молочной и мясной продуктивности приводит к значительному повышению затрат на программу селекции, к снижению чистого дохода.

13. Использование импортных производителей с племенной ценностью +500 кг молока повышает генетическую эффективность селекционной программы на 5-10%.

14. Интенсивное использование молодых быков снижает генетический прогресс по удою на 20%, затраты - на 36-46%.

Эффективность программы селекции в зависимости от интенсивности использования молодых быков показана в табл.2.

**2. Генетико-экономическая эффективность программы крупномасштабной селекции в зависимости от интенсивности использования молодых быков**

	% коров под молодыми быками			
	25	50	75	95
Число быков, голов				
- ремонтных	113	113	113	151
- проверяемых	84	84	84	113
- отобранных	21	21	21	28
Число дочерей на проверяемого быка	185	185	185	280
Банк спермы на быка, тыс.доз	40	27	14	0,12
Относительная эффективность, %				
- генетический прогресс	100,0	94,6	89,6	81,1
- затраты	100,0	67,9	64,3	53,6
- чистый доход	100,0	96,7	91,7	83,3

Из-за низких затрат на реализацию, системы селекции с широким использованием молодых быков могут представлять для молочного скотоводства России определенный интерес.

При разработке селекционной программы для локальной малочисленной породы или генофондного стада с особой остротой встает вопрос об инбридинге. Проблема заключается в том, чтобы разрабатываемая программа селекции, с одной стороны, была бы эффективной, с другой стороны, не допускала бы высокой скорости нарастания инбридинга.

### 3. Альтернативные варианты программы селекции для локальной популяции (10 тыс. коров, племядро 10%)

	В а р и а н т		
	А	В	С
Число ежегодно отбираемых быков:			
- для племядра	2	2	2
- для основного стада	25	20	20
в т.ч. молодые	20	20	20
оцененные	5	-	-
% коров основного стада, осеменяемых спермой молодых быков	25	100	100
Число дочерей для оценки быка	28	114	114
Число коров:			
- племядра, родившихся в племядре	1000	1000	400
- племядра, родившихся в основном стаде	-	-	600 (60%)
- основного стада, родившихся в племядре	-	-	860 (9,6%)
- основного стада, родившихся в основном стаде	9000	9000	8140
Генерационный интервал, лет			
- в племядре	6,9	6,9	6,9
- в основном стаде	6,0	3,9	3,9
Среднегодовой генетический прогресс, кг	30,4	35,7	41,8
Среднегодовая скорость возрастания инбридинга, %	0,13	0,13	0,07

**Примечание.** А - система селекции с закрытым племядром; В - с закрытым племядром и использованием в основном стаде только молодых быков; С - с открытым племядром и использованием в основном стаде только молодых быков.

Трудно представить решение данной проблемы без имитационного моделирования и оптимизации селекционного процесса. В табл. 3 даны альтернативные варианты программы селекции для локальной малочисленной популяции, рассчитанные по компьютерной программе **OPTILOC**, а в табл. 4 - динамика коэффи-

циентов инбридинга и родства по поколениям. Допускалось, что в племядре используются только оцененные и отобранные по потомству быки.

**4. Динамика коэффициентов инбридинга и родства между животными в локальной популяции (10 тыс. коров) по поколениям, % (племядро 10%)**

Племядро	Поколение	Инбридинг		Родство		
		N	B	N	B	N с B
Закрытое (вариант А табл.3)	1	0,00	0,00	0,90	0,29	0,00
	2	0,91	0,00	1,81	0,58	0,46
	3	1,81	0,46	2,69	1,10	1,13
	4	2,69	1,13	3,57	1,79	1,91
	5	3,57	1,91	4,44	2,57	2,74
	6	4,44	2,74	5,30	3,39	3,59
Открытое (вариант С табл.3)	1	0,00	0,00	1,07	0,11	0,00
	2	0,43	0,10	1,59	0,45	0,43
	3	0,89	0,54	2,04	0,88	0,88
	4	1,34	0,99	2,49	1,33	1,32
	5	1,79	1,44	2,93	1,78	1,77
	6	2,24	1,88	3,37	2,22	2,22

**Примечание.** N - племенное ядро; B - основное стадо.

Моделирование селекционного процесса в локальных популяциях показало, что:

1. Оптимальный размер племядра (быкопроизводящая часть стада) составляет 10-30%.
2. Около 30-60% коров племядра должно ремонтироваться лучшими телками из основной части стада (система разведения с открытым племядром).
3. В системах разведения с открытым племядром генетический прогресс повышается на 18%.
4. При открытом племядре скорость нарастания инбридинга почти в два раза ниже, чем при закрытом.
5. В локальных популяциях эффективность селекции можно повысить на 17% и более, если в основной части стада использовать только молодых быков, а в племядре - отобранных по потомству производителей.

В России значительное число малочисленных и исчезающих пород. Разработка и внедрение оптимальных программ селекций для этих локальных популяций будет способствовать не только

сохранению их генофонда, но и повышению генетического потенциала животных по хозяйственно-полезным признакам. Тем самым разведение этих пород станет экономически выгодным.

При разработке программы селекции коров в стаде проблема заключается в том, что из-за низкой репродуктивной способности, выбраковки по непродуктивным признакам и болезням возможности интенсивной селекции матерей коров крайне ограничены. Вклад матерей коров в генетический прогресс, как уже отмечалось, составляет около 5%. Однако через матерей коров осуществляется реализация генетического улучшения. Поэтому на экономическую эффективность племенной работы селекция матерей коров может оказывать существенное влияние.

До настоящего времени дискуссионным является вопрос о методах селекции коров: по происхождению или по собственной продуктивности за первую лактацию. Многие ученые и практики придерживаются того мнения, что селекция первотелок эффективнее, чем селекция телок по происхождению. При этом преимущество выбраковки первотелок рассматривалось только с точки зрения непосредственного воздействия отбора на среднюю продуктивность коров в стаде. Долговременное воздействие селекции на повышение генетического потенциала животных во внимание не принималось.

Используя компьютерную программу **OPTIHERD**, мы моделировали селекционный процесс в стаде при различной интенсивности браковки первотелок. Результаты представлены в табл. 5.

На основании приведенных данных можно заключить, что:

1. Наиболее эффективной как с генетической, так и с экономической точек зрения является комбинированная селекция, когда 66% телок отбирается по происхождению и 20% первотелок выбраковывается по собственной продуктивности (ремонт стада 26,5%).

2. С повышением интенсивности выбраковки первотелок удои на фуражную корову возрастают на 3-6%, но генетический прогресс снижается на 10-37%.

3. С повышением интенсивности выбраковки первотелок затраты на выращивание и содержание животных возрастают на 5-20%, себестоимость молока на 10-23%.

4. Экономическая эффективность долговременного воздействия селекции матерей коров на генетическое совершенствование стада была в 2,5 раза выше при умеренной выбраковке первотелок, чем при интенсивной.

#### 5. Характеристика разных вариантов селекции коров в стаде (2000 скотомест)

Показатели	Выбраковка первотелок, %			
	0	20	40	57 max
Отбор по родословной, %	56	66	81	100
Среднегодовое поголовье, голов	2192	2269	2391	2560
Ремонт стада, %	22,4	26,5	32,5	40,0
Число отелов на корову	4,5	3,8	3,1	2,5
Генерационный интервал, лет	5,8	5,5	5,1	4,7
Средний удой, кг				
- отобранных первотелок	3533	3732	3897	4046
- на фуражную корову	3861	3980	4101	4226
Генетический прогресс, кг/год				
- без учета быков	13,7	14,2	12,8	8,9
- с учетом быков	32,9	33,5	32,2	28,9
Относительная экономическая эффективность, %				
- затраты	100,0	104,8	111,3	119,8
- себестоимость молока	100,0	100,3	110,0	123,3
- дисконтированный чистый доход от генетического улучшения стада за счет селекции матерей коров	100,0	102,7	85,7	45,5

Результаты моделирования показали также, что рекомендации по практическому использованию того или иного варианта программы селекции коров в стаде должны основываться исходя из, во-первых, цели разведения животных в конкретном хозяйстве (генетическое совершенствование стада или производство молока), во-вторых, экономической эффективности этого варианта (будут ли и насколько повышенные затраты окупаться дополнительной продукцией).

Возможности программы **OPTiHERD** не ограничиваются оптимизацией селекции коров. С ее помощью можно определить степень влияния и последствия изменения различных биологических, зоотехнических, экономических факторов и организационных мероприятий на структуру стада, выращивание молодняка, использование быков, производство молока и мяса, генетический прогресс и экономическую эффективность разведения скота. То есть програм-

ма **OPTHERD** дает возможность активно управлять как селекционным, так и производственным процессами. Это свойство программы **OPTHERD** делает ее крайне необходимой для личных и кооперативных животноводческих хозяйств России.

В заключение следует отметить, что каждая популяция молочного скота (стадо или порода) имеет свои биологические особенности и генетическую структуру. Кроме того, природно-климатические и экономические условия, в которых разводятся животные, могут значительно различаться. Поэтому параметры оптимальной программы селекции, рассчитанной для одной популяции, нельзя переносить на другие, имеющие свои особенности, условия и возможности разведения. Значит, для каждой конкретной породы или стада необходимо разрабатывать свою оптимальную программу селекции. При этом необходимо использовать селекционно-генетические, зоотехнические и экономические параметры, характеризующие данную популяцию.