

М.П. ГРИНЬ, И.Н. КОРОНЕЦ, В.М. КРАСОВСКАЯ,  
Ж.И. ШЕМЕТОВЕЦ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА В ПОПУЛЯЦИИ СКОТА БЕЛОРУССКОЙ ЧЁРНО-ПЁСТРОЙ ПОРОДЫ

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по животноводству»

**Введение.** Опыт стран с развитым молочным скотоводством показывает, что эффективность племенной работы можно в 2-3 раза повысить путём использования принципов и методов крупномасштабной селекции. По современным представлениям, крупномасштабная селекция – это система племенной работы по генетическому улучшению породной или зональной популяции скота, базирующаяся на достижениях в области размножения животных, популяционной генетики, методах объективной оценки их племенной ценности, интенсивном выращивании, отборе и использовании быков, а также централизованном управлении селекционным процессом с помощью ЭВМ. Важнейшим элементом этой системы является научно-обоснованная программа селекции скота [1, 2]. При разработке программ крупномасштабной селекции молочного скота учитывают три группы факторов, характеризующих конкретную популяцию: популяционно-генетические, селекционные и экономические. Параметры этих факторов используют при моделировании селекционного процесса и оптимизации программ крупномасштабной селекции. Наряду с постоянными величинами популяционно-генетических и экономических факторов выделяют в качестве переменных некоторые селекционные факторы [1, 3, 4].

Согласно современной генетической теории, процесс разведения и селекции скота можно представить таким образом: ремонтные бычки и тёлочки, отобранные на основании данных о происхождении (первый этап селекции), рассматриваются как потенциальные родители следующей генерации животных. После второго этапа селекции (коров – по молочной продуктивности, быков – по качеству потомства) эти животные распределяются на 4 категории племенных животных: отцы быков и отцы коров, матери быков и матери коров. Следовательно, в породной популяции существует четыре пути передачи генов от родителей к потомкам. При моделировании селекционного процесса и оптимизации программы селекции количество племенных животных каждой категории определяется размером популяции, интенсивностью

отбора, методами оценки племенной ценности, наследуемостью селекционируемых признаков и т.д. [4, 5].

Модель селекции – это комплекс математических выражений, составляющий в совокупности единую систему, в которой отражаются важнейшие характеристики селекционного процесса. Моделирование проводится путём использования различного количества переменных факторов и их ограничений. Главными факторами модели селекционного процесса в популяции являются: количество линий (комплексов), по которым разводится популяция; количество отцов нового поколения ремонтных бычков в каждой линии (комплексе); число «эффективных» дочерей, по которым оценивают быка по потомству; количество спермодоз, получаемых от каждого быка в процессе его использования. Вспомогательными переменными факторами могут быть: доля коров активной части популяции, осеменяемых спермой проверяемых быков; доля бычков, отбираемых по энергии роста и качеству спермы и т. д. В модель вводят конкретные параметры переменных факторов, которые позволяют ограничить число вариантов, вырабатываемых ЭВМ [6, 7].

Следовательно, моделирование селекционного процесса в популяции молочного скота является важнейшей предпосылкой разработки программы крупномасштабной селекции. В белорусской чёрно-пёстрой породе на современном этапе её совершенствования моделирование селекционного процесса не проводилось.

В связи с изложенным мы поставили перед собою цель: провести моделирование селекционного процесса в популяции скота белорусской чёрно-пёстрой породы и определить оптимальную модель программы селекции.

**Материал и методика исследований.** Для достижения поставленной цели была использована опубликованная в литературе генетико-математическая модель, которая воспроизводит основные процессы селекции в популяциях молочного скота [5]. Общий вид этой модели представлен в таблице 1.

Для каждой категории племенных животных определяли генетическое превосходство и генерационный интервал. Путём деления суммарной величины генетического превосходства на сумму генерационных интервалов устанавливали ожидаемый генетический прогресс популяции по удоям коров. Генетическое превосходство племенных животных определяли с использованием показателей интенсивности их отбора, точности оценки племенной ценности и генетического стандартного отклонения признака.

Таблица 1 – Генетико-математическая модель селекции молочного скота

Категория племенных животных	Доля отбора животных	Интенсивность отбора	Точность оценки племенной ценности	Генет. станд. отклонение признака	Генетическое превосходство	Генерационный интервал
Отцы быков (ВВ)	$P_{ВВ}$	$i_{ВВ}$	$R_{A_{ВВ}}$	$\sigma'_A$	$I_{ВВ} = i_{ВВ} * R_{АВВ} * \sigma'_A$	$L_{ВВ}$
Оцененные быки (РВ)	$P_{РВ}$	$i_{РВ}$	$R_{A_{РВ}}$	$\sigma'_A$	$I_{РВ} = (1-P) * i_{РВ} * R_{АРВ} * \sigma'_A$	$(1-P) L_{РВ}$
Матери быков (МВ)	$P_{МВ}$	$i_{МВ}$	$R_{A_{МВ}}$	$\sigma_A$	$I_{МВ} = i_{МВ} * R_{АМВ} * \sigma_A$	$L_{МВ}$
Матери коров (ММ)	$P_{ММ}$	$i_{ММ}$	$R_{A_{ММ}}$	$\sigma_A$	$I_{ММ} = i_{ММ} * R_{АММ} * \sigma_A$	$L_{ММ}$

Интенсивность отбора устанавливали по величинам доли отбора, которые определяли для каждой категории племенных животных, руководствуясь алгоритмом расчётов, приведённым в монографии Н.З Басовского и др. [5] и данными собственных исследований по оценке популяционно-генетических и селекционных параметров, характеризующих современную популяцию скота белорусской чёрно-пёстрой породы [8]. Генерационный интервал племенных животных рассчитан по данным использования коров в племенных хозяйствах и быков – на госплемпредприятиях [9, 10].

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Популяционно-генетические и селекционные параметры, использованные при определении доли отбора племенных животных, приведены в таблице 2. При определении доли отбора отцов быков использованы параметры таких признаков, как количество отцов ремонтных бычков, количество «эффективных» дочерей в расчёте на проверяемого быка; количество стельных коров, необходимых для получения одной «эффективной» дочери; доля коров активной части популяции, осеменяемых спермой проверяемых быков, и размер (число) коров активной части популяции. По отношению количества отцов ремонтных быков к количеству проверяемых быков установили, что доля отбора первых (отцов быков) равна 0,03, а интенсивность отбора – 2,27 величины стандартного отклонения ( $\sigma$ ).

Долю отбора быков, оцененных по качеству потомства, определяли путём отношения числа быков, отобранных для воспроизводства стада, к числу быков, проверяемых по потомству. Её величина составила 0,25 (108/434), а интенсивность отбора – 1,27  $\sigma$ .

Таблица 2 – Популяционно-генетические и селекционные параметры признаков, характеризующих популяцию скота белорусской чёрно-пёстрой породы

Признаки	Обозначение признака	Величина признака
Размер всей популяции коров, тысяч голов	$N$	1200
Средний удой коровы за 1-ю лактацию, кг	$\bar{P}$	3700
Фенотипическое стандартное отклонение по удою, кг	$\sigma_{\phi}$	950
Коэффициент наследуемости удоя коров по первой лактации	$h^2$	0,25
Коэффициент наследуемости удоя по трем лактациям	$h^2_m$	0,40
Коэффициент повторяемости удоя	$t$	0,50
Число коров активной части популяции, тыс.	$N_a$	480
Число потенциальных матерей быков для получения одного ремонтного быка	$N_m$	5,4
Число отобранных коров-матерей быков для получения одного ремонтного бычка	$d$	2,6
Число лактаций, по которым отбирают потенциальную мать будущего быка	$m$	3
Число спермодоз, необходимых для плодотворного осеменения одной коровы	$Q$	3
Число стельных коров, необходимых для получения одной «эффективной» дочери	$H$	5,3
Доля первотелок в популяции, %	$PL$	0,27
Средний возраст коров при 1-ом отеле, мес.	$WP$	30
Средний возраст коров при 3-ем отеле, мес.	$WT$	54
Продолжительность межотельного периода, мес.	$MOP$	12
Число спермодоз, получаемых для длительного хранения от каждого проверяемого быка в год, тыс. доз	$C$	15
Доля быков, выбракованных по энергии роста	$P_1$	0,10
Доля быков, выбракованных по воспроизводительной способности	$P_2$	0,10
Доля отбора матерей по молочной продуктивности	$P_{MK}$	0,73

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Генерационный интервал отцов ремонтных бычков, лет	$L_{OB}$	8
Генерационный интервал бычков, отобранных после оценки бычков по потомству, лет	$L_{ПБ}$	7,3
Генерационный интервал бычков ремонтных бычков, лет	$L_{РБ}$	2,4
Генерационный интервал матерей ремонтных бычков, лет	$L_{МБ}$	7,2
Генерационный интервал ремонтных тёлочек, лет	$L_{MT}$	4,7
Период использования спермы бычков, отобранных после оценки по потомству, для осеменения коров популяции, мес.	$\Pi$	12

По отношению численности коров, отобранных для получения ремонтных бычков, к числу коров - потенциальных матерей бычков установлена доля отбора матерей бычков. Она равна 0,56 (1605/2890), а интенсивность отбора – 0,7 $\sigma$ .

Долю отбора матерей коров определяли по формуле:

$$P_{MM} = PE / x_1 * x_2 * x_3 * x_4,$$

где PE – доля первотелок в популяции (0,27),  $x_1$  – вероятность рождения телёнка от стельной коровы в течение года (0,92),  $x_2$  – вероятность рождения тёлочки (0,50),  $x_3$  – доля чистопородных тёлочек в популяции (0,90),  $x_4$  – вероятность превращения тёлки в нетель (0,90). Установлено, что доля отбора матерей ремонтных тёлочек равна 0,72 [0,27: (0,92\*0,5\*0,9\*0,9)], а интенсивность отбора – 0,51 $\sigma$ .

Величина генетического превосходства различных категорий племенных животных в породной популяции определяется генетической изменчивостью признаков, по которым ведётся их отбор, точностью оценки племенного достоинства и интенсивностью селекции. Исходя из этого положения, среднее генетическое превосходство группы отобранных животных определяли по формуле:

$$I = i * R_a * \sigma_a,$$

где I – генетическое превосходство отобранных для дальнейшего использования групп животных, i – интенсивность отбора животных,  $R_a$  – точность оценки генетического превосходства животных,  $\sigma_a$  – генетическая изменчивость признака, установленная путём умножения величины фенотипического стандартного отклонения на корень квадрата из коэффициента наследуемости признака.

Точность оценки генетического превосходства ( $R_a$ ) и генетическую изменчивость удоев животных разных категорий определяли путём

использования алгоритма формул, описанных в литературе по крупномасштабной селекции [5]. Установлено, что точность оценки генетического превосходства отцов быков равна 0,79; быков, оцененных по качеству потомства – 0,70, а матерей быков – 0,50. Фенотипическая изменчивость удоев коров популяции белорусской чёрно-пёстрой породы составляет 950 кг, а генетическая – 475 кг ( $\sigma_a = \sigma_p * \sqrt{h^2}$ ). Для быков, отобранных по качеству потомства, её величина равна 400 кг. С использованием полученных показателей интенсивности отбора, точности оценки генетического превосходства различных категорий племенных животных, генетической изменчивости удоев и вышеприведённой формулы установлены параметры генетического превосходства отцов быков, быков, оцененных по качеству потомства, матерей быков и матерей коров. Их величины равны 632, 356, 166 и 120 кг молока, соответственно.

Суммарное генетическое превосходство всех четырёх категорий племенных животных (отцы быков, отцы коров, матери быков и матери коров) составляет 1274 кг молока (632+356+166+120), а их суммарный генерационный интервал – 27,2 (8+7,3+7,2+4,7).

В процессе моделирования обычно изменяют параметры признаков, оказывающих наибольшее влияние на величину генетического прогресса. К таким признакам относят: долю коров активной части популяции, осеменяемых спермой проверяемых быков; численность отцов ремонтных быков в линии (комплексе); численность линий (комплексов) в популяции; количество «эффективных» дочерей, используемых для оценки быка по потомству и число спермодоз, получаемых от одного проверяемого быка. От показателей этих признаков, выбранных в качестве переменных, величина генетического прогресса зависит на 91,9 %. С их использованием разработано уравнение множественной регрессии, позволяющее оперативно рассчитывать различные варианты программы селекции:

$$U = 48,8 - 3,0 * x_1 - 1,17 * x_2 - 0,67 * x_3 + 0,03 * x_4 - 0,0001,$$

где 48,8 – свободный член,  $x_1$  – доля коров активной части популяции, осеменяемых спермой проверяемых быков,  $x_2$  – численность отцов ремонтных быков в линии (комплексе),  $x_3$  – количество линий в популяции,  $x_4$  – количество «эффективных» дочерей, используемых для оценки быка по потомству,  $x_5$  – количество спермодоз, получаемых от одного проверяемого быка.

Подставляя в формулу значения переменных факторов, величина которых определяется как сложившимися условиями, так и желаниями селекционеров, можно легко рассчитать новые значения генетического прогресса популяции и определить модель селекции.

Проведено моделирование селекционного процесса в белорусской

чёрно-пёстрой породе с использованием следующих значений переменных факторов: 1) доля коров активной части популяции, осеменяемых спермой проверяемых быков – 0,2-0,3; 2) численность отцов ремонтных быков в линии – 1-2; 3) количество линий в популяции -6; 4) количество «эффетивных» дочерей, используемых для оценки быка по потомству – 25-50; 5) количество спермодоз, получаемых от одного проверяемого быка, – 30-40 тыс. Изменяя значения этих переменных факторов, разработано десять вариантов модели селекции. Результативность этой работы показана в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты моделирования селекционного процесса в белорусской чёрно-пёстрой породе с использованием различных переменных факторов

Варианты модели	Переменные факторы и их значения					Величина генетического прогресса по удою, кг
	1	2	3	4	5	
	0,2-0,3	1-2	6	25-50	30000-40000	
1	0,3	1	6	25	30000	40,5
2	0,25	1	6	25	30000	40,6
3	0,2	1	6	25	30000	40,8
4	0,3	2	6	25	30000	39,3
5	0,25	2	6	25	30000	39,4
6	0,2	2	6	25	30000	39,6
7	0,3	1	6	35	30000	40,8
8	0,3	2	6	35	40000	38,6
9	0,3	1	6	50	30000	41,2
10	0,3	2	6	50	40000	39,0

Как видно из представленных данных, наибольшая величина генетического прогресса по удою коров может быть достигнута при следующих условиях: в породной популяции используют 6 линий (комплексов), для проверки быка по качеству потомства требуется 50 «эффетивных» дочерей (265 коров и тёлоч осеменяют спермой проверяемого быка), спермой проверяемых быков осеменяют 30 % коров активной части популяции, быков новой генерации получают от шести лучших производителей (по одному из каждой линии), за время проверки быков по потомству заготавливают 30 тыс. доз спермы от каждого. При данных условиях величина генетического прогресса коров в породной популяции (1,2 млн. коров) возможна на уровне 41,2 кг молока в расчёте на корову за год. Следовательно, этот вариант можно считать оптимальной моделью селекции скота белорусской чёрно-пёстрой породы.

**Заключение.** Проведено моделирование селекционного процесса в белорусской чёрно-пёстрой породе с использованием генетико-математической модели селекции, популяционно-генетических и селекционных параметров, характеризующих популяцию скота, и пяти переменных факторов (доли коров активной части популяции, осеменяемых спермой проверяемых быков, численности отцов ремонтных быков в линии, количества линий в популяции, количества «эффективных» дочерей, используемых для оценки быка по потомству, и количества спермодоз, получаемых от одного проверяемого быка). Разработана оптимальная модель селекции скота белорусской чёрно-пёстрой породы, обеспечивающая наибольший генетический прогресс популяции по удою (41,2 кг молока). Согласно этой модели в породной популяции необходимо использовать быков шести линий (комплексов), для проверки быка по потомству осеменять 265 коров и тёлочек, спермой проверяемых быков осеменять 30 % коров активной части популяции, быков новой генерации получать от 6 лучших производителей, за время проверки быка по потомству заготавливать по 30 тыс. доз спермы.

#### Литература

1. Басовский, Н. З. Популяционная генетика и селекция молочного скота / Н. З. Басовский. – М. : Колос, 1983. – 255 с.
2. Дмитриев, Н. Г. Достижения и перспективы селекции в молочном скотоводстве / Н. Г. Дмитриев // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 11. – С. 59-64.
3. Гринь, М. П. Повышение эффективности племенной работы с белорусской популяцией чёрно-пёстрого скота на основе принципов крупномасштабной селекции : дисс. ... д-ра с.-х. наук / Гринь М.П. – Жодино, 1987. – 301 с.
4. Казаровец, Н. В. Система совершенствования популяции чёрно-пёстрого скота на основе принципов крупномасштабной селекции : автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук / Казаровец Н.В. – Жодино, 1999. – 39 с.
5. Крупномасштабная селекция в животноводстве / Н. З. Басовский [и др.]. – Киев, 1994. – 374 с.
6. Lindhe, B. Model simulation of AI – breeding within a dualpurposebreed of cattle / B. Lindhe // Acta Agr. Scand. – 1968. – № 18. – P. 26
7. Powell, R. Trends in breeding value and production / R. Powell, H. D. Norman, F. N. Dickinson // J. of Dairy Sci. – 1977. – Vol. 60, № 8. – P. 1316-1320.
8. План племенной работы с белорусской чёрно-пёстрой породой крупного рогатого скота в Республике Беларусь на 2008-2010 гг. и на период до 2015 года / М. П. Гринь [и др.] // Республиканская программа по племенному делу в животноводстве на 2007-2010 годы. Основные зоотехнические документы по селекционно-племенной работе в животноводстве : сб. технол. документации. – Жодино, 2008. – С. 102-152.
9. Генерационный интервал племенных животных различных категорий и селекционные параметры популяции скота белорусской чёрно-пёстрой породы / М. П. Гринь [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2009. – Т. 44, ч. 1. – С. 77-84.
10. Саянова, О. П. Повышение темпов генетического прогресса по продуктивности скота белорусской чёрно-пёстрой породы путем оптимизации программы селекции : дисс. ... канд. с.-х. наук / Саянова О.П. – Жодино, 2005. – 129 с.

(поступила 7.02.2011 г.)