

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОТБОРА ЖИВОТНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРА

Ю. П. ПОЛУПАН, науч. сотр.

УкрНИИ разведения и искусств. осеменения круп. рогатого скота

Одной из наиболее распространенных практических задач в селекции является определение границы (критерия) отбора животных по какому-либо хозяйственно полезному признаку при заданной доле отбираемых животных ( $P$ ) и известных значениях средней для данного стада (или другой группы животных) величины признака ( $\bar{M}$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ). Иногда имеется необходимость в решении обратной задачи, а также нахождения среднего значения признака для отобранной части животных. Целью нашего исследования явилась разработка метода решения указанных задач с использованием программируемых микрокалькуляторов «Электроника БЗ-34», «МК-54» и «МК-56».

**Методика исследований.** Распределение количественных признаков (к ним относится большинство хозяйственно полезных признаков сельскохозяйственных животных), как правило, с достаточной точностью описывается формулами нормального распределения. Основными из них являются три функции нормированного отклонения (Плохинский Н. А., 1970; Снедекор Дж. У., 1961; Шталь В., Раш Д., Шилер Р., Вахал Я., 1973):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}, \quad (1)$$

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \quad (2)$$

$$F(x) = \frac{f(x)}{0,5 \pm \Phi(x)}, \quad (3)$$

где  $f_x$  — первая функция нормированного отклонения;  $x$  — нормированное отклонение, равное  $x = (V_1 - M) / \sigma$ ,  $\Phi_x$  — вторая функция нормированного отклонения;  $F_x$  — третья функция нормированного отклонения.

Все три функции нормированного отклонения табулированы и приводятся

в основных изданиях по селекции и биометрии.

Практически все существующие методы определения критериев отбора животных основаны на использовании закономерности нормального распределения.

Для определения доли отбираемых животных при заданном нормированном отклонении чаще используют формулу (1):

$$P = 0,5 \pm \Phi(x). \quad (4)$$

Знак «+» в этой формуле ставится при  $x < 0$ , а «-» — при  $x > 0$ .  $\Phi(x)$  находят по таблице для соответствующего значения  $x$ .

В. Е. Недава, В. И. Власов и М. З. Швиденко (1983, 1984) предлагают определять границу отбора лучших животных ( $M_n$ ) по формулам:  $M_n = \bar{M} + 2\sigma - (P_n - 2,5)\sigma / 13,5$ , если процент отбираемых животных ( $P_n$ ) меньше 16, и  $M_n = \bar{M} + 1\sigma - (P_n - 16)\sigma / 34 -$  для  $P_n > 16$  %.

Соответствующие формулы для определения границы выбраковки ( $M_o$ ) имеют вид:  $M_o = \bar{M} - 2\sigma + (P_o - 2,5)\sigma / 13,5$  при проценте выбраковки ( $P_o$ ) меньше 16 и  $M_o = \bar{M} - 1\sigma + (P_o - 16)\sigma / 34 -$  при  $P_o > 16$  %.

Эти формулы основаны на том, что при нормальном распределении 68 % особей размещаются в пределах  $\pm\sigma$  от среднего значения, а 95 % — в пределах  $\pm 2\sigma$ .

В. М. Рябко и А. И. Горлов (1984) предлагают определять критерий отбора в долях среднего значения ( $\beta = x_o / \bar{M}$ ) при помощи разработанных ими на основании закономерностей нормального распределения номограмм.

Последние два способа определения критерия отбора не требуют обращения к таблицам функций нормального распределения.

Среднее значение признака для отобранных особей ( $\bar{M}_1$ ) определяется по формуле (4):

$$\bar{M}_1 = \bar{M} \pm F(x) \cdot \sigma. \quad (5)$$

При выборе формул для расчета селекционных параметров на микрокалькуляторе мы руководствовались следующими принципами: точность определения доли отбираемых животных должна быть не ниже 0,1%; при расчетах не обращаться к табличным значениям  $\Phi(x)$  и  $F(x)$ ; программа должна быть удобной и простой в пользовании.

Учитывая изложенные выше требования, при составлении программ использовали формулы (1; 3—5). Определение второй функции нормированного отклонения проводили через функцию

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-x^2} dx, \text{ которая связана}$$

с функцией  $\Phi(x)$  следующим соотношением (Корн Г., Корн Т., 1984):

$$\Phi(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right). \quad (6)$$

Для определения функции  $\operatorname{erf}(x)$  использовали аппроксимацию рациональной функцией (Абрамовиц М., Стиган И., 1979):

### 1. Программа 1

Адрес	Кла- виши	Код	Адрес	Кла- виши	Код	Адрес	Кла- виши	Код
00	ИП8	68 27	ИП4	64 54	ИПО	60		
01	—	11 28	x	12 55	2	02		
02	ИП9	69 29	+	10 56	F÷	23		
03	÷	13 30	Fx	22 57	+	10		
04	П5	45 31	F	22 58	БП	51		
05	Fx	22 32	F÷	23 59	64	64		
06	F—	21 33	/—/	0L 60	2	02		
07	П6	46 34	1	01 61	F÷	23		
08	ИП1	61 35	+	10 62	ИПО	60		
09	x	12 36	2	02 63	—	11		
10	1	01 37	÷	13 64	П.	4—		
11	+	10 38	ПО	40 65	F÷	23		
12	ИП6	66 39	ИП6	66 66	ИП7	67		
13	Fx	22 40	Fx	22 67	x	12		
14	ИП2	62 41	2	02 68	ИП9	69		
15	x	12 42	÷	13 69	x	12		
16	+	10 43	/—/	0L 70	ИП8	68		
17	ИП6	66 44	F1	16 71	+	10		
18	Fx	22 45	F+	20 72	П/—/	4L		
19	ИП6	66 46	2	02 73	ИП.	6—		
20	x	12 47	x	12 74	2	02		
21	ИП3	63 48	F—	21 75	F0	15		
22	x	12 49	÷	13 76	x	12		
23	+	10 50	П7	47 77	с/п	50		
24	ИП6	66 51	ИП5	65 78	ИП/—/	6L		
25	Fx	22 52	F ШГ	5С	79	с/п 50		
26	Fx	22 53	60	60				

$$\operatorname{erf}(x) = 1 - \frac{1}{(1+a_1x+a_2x^2+a_3x^3+a_4x^4)^4} + \varepsilon(x), \quad (7)$$

где  $|\varepsilon(x)| \leq 5 \cdot 10^{-4}$ ,  $a_1 = 0,278393$ ,  $a_2 = 0,230389$ ,  $a_3 = 0,000972$ ,  $a_4 = 0,078108$ . С учетом формул (6) и (7)  $\Phi(x)$  примет вид:

$$\Phi(x) = \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{a_1}{\sqrt{2}}x + \frac{a_2}{2}x^2 + \frac{a_3}{2\sqrt{2}}x^3 + \frac{a_4}{4}x^4\right)^4} \right] = \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{1}{(1+a_1'x+a_2'x^2+a_3'x^3+a_4'x^4)^4} \right], \quad (8)$$

где  $a_1' = a_1/\sqrt{2} = 0,196854$ ,  $a_2' = a_2/2 = 0,115195$ ,  $a_3' = a_3/2\sqrt{2} = 0,000344$ ,  $a_4' = a_4/4 = 0,019527$ ,  $x$  — нормированное отклонение.

Исходя из формулы (8), для нахождения критерия отбора при заданной доле отбираемых животных ( $P_i$ ) следует решить нулевую функцию:

$$1 + a_1'x + a_2'x^2 + a_3'x^3 + a_4'x^4 - \frac{1}{(1 - 2\Phi(x))^{0,25}} \pm \varepsilon(x) = 0, \quad (9)$$

где  $\Phi(x)_i$  — вторая функция нормированного отклонения для заданной  $P_i$ ,  $\varepsilon(x)$  — точность определения (выбирается в размере  $|\varepsilon(x)| \leq 1 \cdot 10^{-3}$ , т. е. 0,1%).

**Результаты исследований.** В таблицах 1 и 2 представлены программы, предназначенные для определения доли отбора (%) и среднего значения признака для отобранной части особей при заданных границе отбора,  $\bar{M}$  и  $\sigma$  (программа 1) и для определения границы отбора при заданных  $\bar{M}$ ,  $\sigma$  и доле отбираемых животных (программа 2).

При работе с указанными программами следует руководствоваться соответствующими инструкциями.

### Инструкция работы с программой 1.

1. Нажать клавиши FBP.
2. Ввести программу.
3. Нажать F/—/.
4. Набрать  $a'_1$  (0,196854), нажать П1.
5. Набрать  $a'_2$  (0,115195), нажать П2.
6. Набрать  $a'_3$  (0,000344), нажать П3.
7. Набрать  $a'_4$  (0,019527), нажать П4.
8. Набрать  $\bar{M}$ , нажать П8.
9. Набрать  $\sigma$ , нажать П9.
10. Набрать границу (критерий) отбора, нажать в/о с/п. На индикаторе прочесть долю отбираемых животных, %.
11. Нажать с/п, на индикаторе прочесть среднее значение для отсеченной части животных.
12. Повторить команды 10 и 11 для всех интересующих значений критерия отбора.
13. Для расчетов по другой группе животных или другому признаку повторить команды 8—12.

### Инструкция работы с программой 2.

1. Нажать FBP.
2. Ввести программу.
3. Нажать F/—/.
4. Набрать  $a'_1$  (0,196854), нажать П1.
5. Набрать  $a'_2$  (0,115195), нажать П2.
6. Набрать  $a'_3$  (0,000344), нажать П3.
7. Набрать  $a'_4$  (0,019527), нажать П4.
8. Набрать  $\varepsilon_{(x)}$  (0,001), нажать ПСх.
9. Нажать 4 П5 2П60П7.
10. Набрать  $\bar{M}$ , нажать П8.
11. Набрать  $\sigma$ , нажать П9.
12. Набрать  $P_1$  (долю отбираемых животных, %), нажать в/о с/п. На индикаторе прочесть границу отбора.
13. Повторить команду 12 для всех интересующих значений  $P_1$ .
14. Для расчетов по другой группе или другому признаку повторить команды 10—13.

Время счета по программе 1—до 30 с, по программе 2—до 3 мин. Предлагаемые программы написаны для микрокалькулятора «Электроника БЗ-34». При работе на микрокалькуляторах «Электроника МК-54» и «МК-56» следует учитывать, что клавиши П и ИП на них обозначены символами соответственно  $x \rightarrow П$  и  $П \rightarrow x$ .

Программы 1 и 2 можно использо-

### 2. Программа 2

Адрес	Кла-виши	Код	Адрес	Кла-виши	Код	Адрес	Кла-виши	Код
00	ПО	40 33	x	12 66	0	00		
01	5	05 34	+	10 67	П7	47		
02	0	00 35	ПВП	4С 68	ИПВП	6С		
03	—	11 36	БП	51 69	с/п	50		
04	2	02 37	62	62 70	I	01		
05	F0	15 38	ИП8	68 71	ИП6	66		
06	÷	13 39	ИП6	66 72	ИП1	61		
07	П	4— 40	ИП9	69 73	x	12		
08	Fx	22 41	x	12 74	+	10		
09	F—	21 42	—	11 75	ИП6	66		
10	2	02 43	БП	51 76	Fx	22		
11	x	12 44	35 35	77	ИП2	62		
12	/—/	0L 45	ИП/—/ 6L	78	x	12		
13	1	01 46	F ШГ	5С 79	+	10		
14	+	10 47	57 57	80	ИП6	66		
15	F—	21 48	ИП6	66 81	Fx	22		
16	F—	21 49	ИП7	47 82	ИП6	66		
17	F÷	23 50	ИП5	65 83	x	12		
18	ПО	40 51	+	10 84	ИП3	63		
19	ПП	53 52	2	02 85	x	12		
20	70	70 53	÷	13 86	+	10		
21	Fx	22 54	П6	46 87	ИП6	66		
22	F—	21 55	БП	51 88	Fx	22		
23	ИПСx	6Г 56	19 19	89	Fx	22		
24	—	11 57	ИП6	66 90	ИП4	64		
25	F ШГ	5С 58	П5 45	91	x	12		
26	45	45 59	ИП7	67 92	+	10		
27	ИП	6— 60	БП	51 93	ИПО	60		
28	F ШГ	5С 61	51 51	94	—	11		
29	38	38 62	4 04	95	П'—/	4L		
30	ИП8	68 63	П5 45	96	в/о	52		
31	ИП6	66 64	2 02					
32	ИП9	69 65	П6 46					

вать и для расчета параметров выбраковки, учитывая, что  $P_{от} = 100 - P_v$ , где  $P_{от}$ —доля отбираемых животных, %;  $P_v$ —доля выбраковываемых животных, %.

В качестве контрольного примера можно использовать задачу по определению доли отбираемых коров и среднего удоя отобранной части животных при среднем удое стада 4000 кг молока, среднеквадратическом отклонении 600 кг и границах отбора 3500; 4000 и 4650 кг. Доля отбора в данном примере составит 79,8 %, 50 и 14,0 %, а средний удой отобранных коров—соответственно 4212; 4479 и 4954 кг.

Следует помнить, что предлагаемый метод определения параметров отбора (как и все ранее известные) применим только в случае нормального распреде-

ления количественных признаков. Соответствие эмпирического распределения нормальному можно проверить либо сравнением теоретических частот с эмпирическими с использованием кри-

терия  $\chi^2$ , либо проверкой достоверности показателей асимметрии и эксцесса (Снедекор Дж. У., 1961; Плохинский Н. А., 1970; Шталь В. и др., 1973).

**Вывод.** Расчет основных параметров отбора можно проводить с использованием программируемых микрокалькуляторов, что позволит быстро, с высокой точностью и без использования справочных таблиц проводить расчеты по любым группам животных и признакам. Метод удобен в работе и может быть использован как научными работниками (для моделирования отбора), так и зоотехниками-практиками (для решения практических задач селекции).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров.— М.: Наука, 1984.— 831 с.
- Недава В. Ю., Власов В. И., Швиденко М. З. Методика визначення критеріїв відбору корів за продуктивністю // Молоч.-м'ясн. скотарство.— К., 1983.— Вип. 63.— С. 40—44.
- Недава В. Е., Власов В. И., Швиденко М. З. Математические модели отбора первотелок по молочной продуктивности // Цитология и генетика.— 1984.— Т. 18, № 3.— С. 205—208.
- Плохинский Н. А. Биометрия.— М.: Изд-во МГУ, 1970.— 367 с.
- Рябко В. М., Горлов А. И. Экспресс-метод определения некоторых параметров отбора // Цитология и генетика.— 1984.— Т. 18, № 4.— С. 287—290.
- Снедекор Дж. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии.— М.: Сельхозгиз, 1961.— 503 с.
- Справочник по специальным функциям / Под. ред. М. Абрамовица и И. Стиган.— М.: Наука, 1979.— 832 с.
- Шталь В., Раиш Д., Шилер Р., Вахал Я. Популяционная генетика для животноводов-селекционеров.— М.: Колос, 1973.— 439 с.

Получена редколлегией 30.11.84.

УДК 636.082.2.

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЫ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

В. М. СЕРОКУРОВ, канд. с.-х. наук

УкраНИИ разведения и искусств. осеменения круп. рогатого скота

В последнее время при разработке программ селекции и перспективных планов племенной работы с породами молочного скота используют метод математического моделирования. Учитывают генетико-селекционные параметры данного стада, популяций животных, такие как коэффициент наследуемости, повторяемости, селекционные дифференциалы и генерационные интервалы в поколениях. Ученые-селекционеры и генетики при этом обосновывают генетическое совершенствование отдельных популяций молочного скота примерно от 20 до 70 кг молока в среднем от коровы в год. Такие темпы роста характерны для высокопродуктивных

стад с годовым удоем от коровы 4000 кг и выше. Естественно, что в подобных стадах более совершенные условия кормления коров и ремонтных телок. В связи с этим возникает вопрос, как прогнозировать продуктивность стада с годовым удоем 2500—3000 кг и ниже?

В практике много примеров, когда молочная продуктивность коров отдельных стад за 10—15 лет разведения животных удваивается. Изменчивость молочной продуктивности коров, как известно, обусловлена не только генетическими, но и множеством других факторов (кормовых, воспроизводительных, разведенческих и т. д.), находя-