

Возраст и размеры тела: РОСТОВЫЕ МОДЕЛИ



Егор ЛЕБЕДЬКО,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Брянская ГСХА

В последнее время в зоотехнии все чаще применяют математические методы исследований, инструменты количественного описания, что свидетельствует о том, что наука переходит на более высокую ступень развития. Одна из современных методик — создание ростовых моделей животных. В ее основе лежит алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление, обычные нелинейные уравнения.

Ростовая модель представляет собой набор отображающих поведение системы (организма) во времени формальных соотношений. Их относят к классу динамических (детерминистических), позволяющих дать прогноз увеличения живой массы или промера в виде числа, а не распределения вероятностей. Результаты анализа имеют форму, удобную для использования на практике.

Оценке разрешающих возможностей двух ростовых моделей, описывающих взаимосвязь возраст—размеры тела, посвящено наше исследование. Прогноз сопоставлялся с фактическим результатом. По их идентичности и т.д. определялась достоверность ростовой модели.

В зоотехнии были разработаны две ростовые модели для описания взаимосвязи возраст—размеры тела. Первая — в 1927 г. С. Броди, вторая — в 1928 г. Н.В. Найдёновым. Оба автора — выходцы из Республики Беларусь. С. Броди в начале XX в. эмигрировал в США.

Судьба этих двух моделей оказалась трудной. За полстолетия со времени их появления (1928—1978 гг.) только одиножды ростовая модель С. Броди была использована Н.Н. Колесником в 1936 г. для описания линейного роста швицкого скота. Спустя 40 лет, в 1976 г., желая упростить математические расчеты для зоотехников-практикантов, профессор Н.Н. Колесник предложил для пяти промеров и живой массы специальные шкалы, рассчитанные с помощью ростовой модели С. Броди. Д.А. Кисловский в 1936 г. включил в практикуму по разведению животных нелинейные уравнения С. Броди для описания роста и лактационной кривой коров. Однако после 1948 г. математизация зоотехнии приостановилась на 25 лет.

В странах Западной Европы и Америки ростовая модель С. Броди широко используется. А информацию о модели Н.В. Найдёнова полстолетия замалчивали и не изучали в вузах. Начиная с 1977 г. обе модели стали широко применять для описания роста телок и коров в Институте разведения и генетики животных Национальной академии аграрных наук Украины, но сравнительная характеристика этих моделей впервые дана в этой статье.

Методы объединяет единый подход — первое начало термодинамики. Кривая роста млекопитающих имеет пространственную сигмовидную конфигурацию. Ее условно можно разделить на три части: фаза прогрессивного роста (молодость) — у молочно-мясных пород до 80 месяцев; фаза стабильного роста (зрелость) — 6,5—10 лет; фаза регрессив-

ного роста (старость) — от 10 лет и далее. После интегрирования балансового уравнения, лежащего в основе первого начала термодинамики, ростовая модель С. Броди приняла следующий вид:

$$W = A - B \cdot e^{-Kt};$$

$$W = A [1 - e^{-K(t-t_1)}],$$

где W — живая масса, кг, или промер тела, см, в определенном возрасте; A — асимптота, усредненная величина живой массы, кг, или промера тела, см, полновозрастной коровы; B — асимптота, усредненная величина живой массы, кг, или промера тела, см, модельной коровы идеального типа; e — основание натурального логарифма, равное 2,718 282...; K — коэффициент роста (средняя норма прироста живой массы или промера тела); t — возраст, мес. (величина включает продолжительность внутриутробного периода развития, возраст оплодотворения); t_1 — временная поправка, мес., на неравномерность роста, определяемая графико-аналитическим методом.

В основе ростовой модели Н.В. Найдёнова лежит базовое уравнение

$$\Delta Y / \Delta X = (A - Y) K.$$

В результате интегрирования Н.В. Найдёнов предложил следующую ростовую модель:

$$Y = A (1 - 10^{-KX}),$$

где Y — прирост промера за время X (от зачатия), мес.; A — асимптота, величина промера в возрасте 72—80 месяцев, см; K — константа роста промера ($\lg [(A - Y) : A] : X$).

Таблица 1

Константы линейного роста коров для ростовых моделей, см

Промер	A_1	С. Броди		Н.В. Найдёнов		
		K	t_1 , мес.	K	K_1	$M \cdot K_1$
Длина головы	49	0,102	4	0,028	0,064	0,028
Ширина лба	23	0,11	1,6	0,046	0,091	0,04
Высота:						
в холке	142	0,09	0,9	0,038	0,086	0,037
в крестце	148,5	0,09	0,9	0,04	0,091	0,04
Глубина груди	70	0,081	3,5	0,025	0,057	0,025
Ширина:						
груди	46	0,079	3	0,024	0,055	0,024
зада в маклоках	53	0,065	3,8	0,017	0,04	0,017
Косая длина туловища	162,5	0,091	3,5	0,026	0,059	0,026
Длина зада	57	0,08	3,1	0,025	0,057	0,025
Обхват:						
груди	206	0,08	3,1	0,024	0,055	0,024
пясти	22	0,065	0,5	0,041	0,094	0,041

Результаты измерения животных и математического описания линейного роста, см

Промер	Новорожденные	Возраст, мес.														
		6			12			24			36			72		
		Измерение	По Броди	По Найдёнову	Измерение	По Броди	По Найдёнову	Измерение	По Броди	По Найдёнову	Измерение	По Броди	По Найдёнову	Измерение	По Броди	По Найдёнову
Длина головы	21,4	35	34	30	42	41	36	47	47	43	49	48	46	49	49	49
Ширина лба	13	15	18	16	19	20	19	22	22	22	23	23	23	23	23	23
Высота:																
в холке	76	107	104	104	122	120	120	136	134	134	141	139	140	142	142	142
в крестце	83	113	108	111	129	125	127	142	140	141	146	146	146	148	148	148
Глубина груди	28	48	43	41	58	54	50	66	64	59	68	65	65	70	70	69
Ширина:																
груди	18	30	29	26	39	35	32	43	42	39	44	44	42	46	46	46
зада в маклоках	16	31	28	24	39	36	30	48	45	39	51	49	45	53	53	52
Длина зада	22,5	38	36	33	46	44	40	55	52	49	57	55	53	57	57	57
Косая длина туловища	67	115	98	96	134	121	117	152	148	140	160	158	152	162	162	162
Обхват:																
груди	80,2	132	129	116	162	158	141	186	185	178	200	199	189	206	206	204
пясти	12,5	17	15	17	18	16	19	21	19	21	21	21	21	22	22	22

При последовательном решении базового уравнения с помощью интегрального исчисления была получена уточненная формула ростовой модели:

$$Y = A(1 - 10^{-Kx});$$

$$Y = A(1 - 10^{-Mx}).$$

В частности, введена величина K (основание натуральных логарифмов 2,718 282...) в пятое уравнение или модуль десятичных логарифмов ($M=0,4343...$) в шестое. Соответственно, упрощение величины K через величину K_1 следующее:

$$K_1 = \ln[(A - Y) : A] : X, \text{ или}$$

$$K_1 = \lg[(A - Y) : A] : X.$$

В количественном отношении величина K_1 приближается к характеристике относительной нормы роста по С. Броди или удельной скорости роста по И.И. Шмальгаузену, предложенной в 1932 г. При этом разрешающие возможности ростовой модели Н.В. Найдёнова не изменяются, поскольку $K = M \cdot K_1$. В уравнении С. Броди наибольшую сложность представляет определение величины t_1 — поправки на неравномерность роста с помощью графико-аналитического метода на полупрологарифмической бумаге. В методе Н.В. Найдёнова такая поправка не используется и создает сложности при применении ростовой модели.

Для решения поставленной математической задачи были использованы результаты 10-летних наблюде-

ний за группой телок и коров симментальской породы, потомков партии животных, поступивших из Германии. Численность группы — 12 голов. Измерение проведено в следующем порядке: новорожденные, 3-, 6-, 9-, 12-, 18-месячные, 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10-летние. Животные были полусестрами по отцу — Зениту 59, основателю линии в породе. В таблице 1 представлены константы линейного роста коров для ростовых моделей.

Живая масса животных оказалась следующей: при рождении — 38 кг, в 12 месяцев — 300, в 24 месяца — 510, в 84 месяца — 680 кг. До годовалого возраста ее определяли ежемесячно, на втором году — один раз в три месяца, далее — ежегодно на 5–6-м месяце лактации и при бонитировках.

Анализ данных таблицы 2 свидетельствует о том, что оба метода имеют высокую разрешающую возможность и достаточно надежны. По мере взросления животных или приближения к зрелому размеру (асимптоте) наблюдается большее совпадение фактических и расчетных данных. Наименьшие отклонения отмечены по следующим промерам: высота в холке — 2–3%, в крестце — 3–4, глубина груди — 4–8, ширина — 8–9, обхват груди — 2–4, пясти — до 1%.

Оба метода базируются на фундаментальной теоретической основе

и доступном математическом аппарате.

В методе Н.В. Найдёнова для характеристики темпов роста отдельных статей введена величина $P = 100 K$. Период роста разделен на отдельные этапы: от оплодотворения до 10 месяцев (0,5 месяца после рождения), от 11 до 20, от 21 до 30, от 31 до 40, от 41 до 80 месяцев.

На каждом этапе определяется величина K . Например, увеличение высоты в холке в эмбриональном периоде происходит в 3,54 раза быстрее, чем на следующем этапе.

Показатель $100 K$ используется также в методе С. Броди для количественной характеристики отклонений в росте, а также для сравнения его особенностей у телок разных пород.

Использование математических ростовых моделей позволяет описать возрастные кривые роста отдельных животных и их групп. Это в свою очередь дает возможность оценить его интенсивность на отдельных этапах постэмбриогенеза, внести коррективы в схемы кормления. В дальнейшем проводят сравнение с эталонами американских породных типов и ростовыми стандартами для элитных групп и установленными в требованиях к бонитировке. Применение описанных методик в отечественной зоотехнии в современных условиях производства весьма актуально и значимо.