

Зоо 9212

НКЗ СССР
БЕЛОРУССКИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

1937 г. № (28) № 8

Проф. Н. В. НАЙДЕНОВ

Труды

**Аналитическая формулировка
кормовых норм**

Институт Н. В. Найденко
ул. Советская, 22
Минск, БССР
Тел. 2-2-10



ИЗДАНИЕ
БЕЛОРУССКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИНСТИТУТА
ГОРЬГОРКИ БССР-1937

0229
110552201P
МКБ

Проф. Н. В. НАЙДЕНОВ

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛИРОВКА КОРМОВЫХ НОРМ

Современное учение о кормлении сельскохозяйственных животных требует, чтобы животные кормились по определенным нормам, под которыми разумеется количество кормовых единиц (или крахмальных эквивалентов) и переваримого белка, необходимых животному в зависимости от его живого веса и продуктивности, а для растущего молодняка в зависимости от его прироста. Чем больше животное способно вырабатывать продуктов, тем больше полагается ему и норма кормления.

Современные кормовые нормы для с. х. животных были получены в результате соответствующих опытных исследований.

В большинстве случаев кормовые нормы для с. х. животных даются в форме соответствующих таблиц.

В качестве примера можно привести кормовые нормы для молодых животных шведского зоотехника Н. Хансона. Н. Хансон дает эти нормы в виде следующих таблиц:

Табл. 1

Кормовые нормы Н. Хансона для молодняка молочного скота

Возраст в месяцах	Средний живой вес в кг	На 100 кг живого веса полагается:		
		корм. едн. датск. кг	корм. едн. овсяных кг	перевар. белка кг
2—3	70	3,0	3,5	0,33
3—4	100	2,7	3,1	0,30
4—6	160	2,1	2,4	0,22
6—12	220	1,7	2,0	0,17
12—18	300	1,4	1,6	0,14
18—24	400	1,1	1,3	0,11
Старше 24	450	1,0	1,2	0,10

Табл. 2

Кормовые нормы Н. Хансона для молодняка—овец

Возраст в месяцах	Средний живой вес кг	На 100 кг живого веса полагается:		
		корм. едн. датск. кг	корм. едн. овсяных кг	перевар. белка кг
5—6	28	2,5	2,9	0,25
6—8	35	2,0	2,3	0,20
8—11	40	1,8	2,1	0,16
11—15	45	1,5	1,8	0,12
15—20	50	1,4	1,6	0,10



**Кормовые нормы Н. Хансона для молодняка
племенных свиней**

Живой вес кг	На 100 кг живого веса полагается:		
	корм. един. датских кг	корм. един. овсяных кг	перев. белка кг
10—15	6,0	7,0	0,77
15—20	6,0	7,0	0,74
20—30	5,5	6,4	0,67
30—40	4,5	5,3	0,50
40—50	4,0	4,7	0,41
50—60	3,8	4,4	0,36
60—70	3,5	4,1	0,30
70—80	3,3	3,9	0,27
80—90	3,0	3,5	0,24
90—100	2,9	3,4	0,22
100—110	2,7	3,2	0,21
110—120	2,6	3,0	0,20
Свыше 120	2,5	2,9	0,19

Из этих таблиц, например, из таблицы 2, видно, что при живом весе ягненка в 28 кг ему полагается из расчета на 100 кг живого веса или, иначе говоря, в процентах по отношению к живому весу ягненка, 2,9 кг овсяных кормовых единиц и 0,25 кг переваримого белка. Следовательно, если ягненок весит 28 кг, то в его суточном рационе должно содержаться кормовых единиц $\frac{2,9 \cdot 28}{100} = 0,81$ кг и переваримого белка $\frac{0,25 \cdot 28}{100} = 0,07$ кг.

Из таблицы 2 также видно, что в нормах для ягнят предусматривается только пять случаев в отношении живого веса. Если же в практике встретится случай другого живого веса, например, 31 кг, тогда, очевидно, надо брать для такого ягненка из расчета на 100 кг живого веса кормовую норму, лежащую где-то в промежутке между 2,9 и 2,3 кормовых единиц.

Рассматривая таблицы кормовых норм Хансона, можно заметить, что между живым весом животного, для которого дается кормовая норма, и самой кормовой нормой существует некоторая зависимость, а именно: чем больше живой вес животного, тем меньше в процентах по отношению к его живому весу требуется кормовых единиц. Как видно из таблиц, такая зависимость имеет место по отношению к разным видам молодняка с. х. животных: к телятам, к ягнятам и к пороссятам. Чем моложе животное и, следовательно, чем меньше оно по своему живому весу, тем больше полагается ему по нормам Хансона кормовых единиц на каждый килограмм его живого веса.

Такая зависимость не случайна. Она вытекает из физиологических особенностей растущего организма.

Вообще говоря, кормовая норма в своем составе имеет две части. Одна часть питательных веществ из кормового рациона идет на поддержание жизни животного, т. е. на пополнение тех затрат организма, которые связаны с так называемым основным обменом организма животного. Проще всего представить себе эту часть потребностей животного, если взять взрослое животное, практически закончившее свой рост и не производящее никаких продуктов и никакой работы, например: взрослого вола в нерабочее время.

Хотя такое животное и не работает и не производит никаких продуктов, тем не менее ему всетаки нужно известное количество питательных веществ для поддержания своего существования, т. е., для покрытия потерь составных частей тела, связанных с основным обменом, с теми основными физиологическими процессами, которые поддерживают его существование.

Если взять молодое растущее животное, то и про него можно сказать, что ему точно также нужно некоторое количество переваримых питательных веществ, чтобы компенсировать затраты организма, связанные с существованием животного; но, кроме этого, ему, как, растущему организму, необходимы еще добавочные питательные вещества на образование прироста тела, т. е., так называемый продуктивный корм.

Как та, так и другая часть кормовой нормы для более молодых животных составляет больший процент по отношению к живому весу, чем у более взрослых животных. Поддерживающая часть нормы у молодых животных составляет большую часть по отношению к живому весу потому, что норма поддерживающего кормления, как это установлено в учении о кормлении с.х. животных, изменяется в отношении живого веса не прямо пропорционально живому весу, а пропорционально корню кубическому из квадрата живого веса,

т. е. пропорционально величине: $\sqrt[3]{W^2}$, где W —живой вес животного, поэтому, чем моложе, а, следовательно, и мельче животное, тем больше, как общее правило, оно требует поддерживающего корма на каждый килограмм своего живого веса.

Что же касается продуктивной части корма, т. е., количества переваримых питательных веществ, которые необходимы на прирост составных частей тела животного, то и эта часть для молодых животных, выраженная в процентах по отношению к живому весу, бывает обычно больше, чем у более взрослых животных. Происходит это потому, что в молодом возрасте организм растет интенсивнее, чем в более взрослом периоде. Прирост его, выраженный в процентах по отношению к живому весу, бывает больше, чем у более взрослых животных, а, следовательно, и доля продуктивной части кормовой нормы для молодых животных, выраженная в процентах по отношению к живому весу, составляет большую величину, чем для более взрослого животного.

Все это можно иллюстрировать следующими данными роста молодых организмов. Так, например, Вейске в своих опытах с растущими ягнятами получил следующие результаты:

Данные опыта Вейске по выращиванию ягнят

Табл. 4

Периоды	Суточный прирост живого веса г	Съедлось на 50 кг живого веса переваримых питат. веществ г	Отложилось азота г
I	363	1101	6,75
II	271	1073	5,16
III	206	917	3,71
IV	153	901	4,37
V	86	809	3,06
VI	63	811	2,94
VII	85	762	3,77
VIII	95	733	3,09
IX	—	735	1,84

Вейске ставил на опыт ягнят в возрасте 4 месяцев. Наблюдения велись по периодам, из которых каждый продолжался около 1½ месяца. В качестве корма служили хорошее луговое сено и гороховая дерть.

Приведенные данные показывают, что в первые месяцы жизни отложение азота достигает заметной высоты, но потом мало-помалу падает, достигая минимума в половине второго года, следовательно, способность использовать белок корма и превращать этот белок в составные части своего тела особенно хорошо выражена у молодого организма, а с возрастом эта способность падает.

Аналогичные данные, более обширные, приводит в своей книге Армсби, что можно видеть из нижеследующей таблицы.

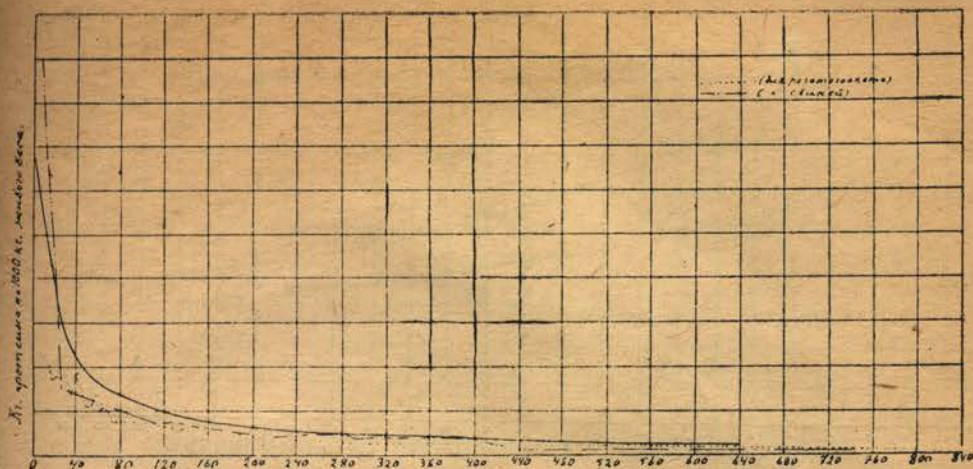
Табл. 5

Скорость прироста протеина в разном возрасте, перечисленная на 1000 кг живого веса и в процентном отношении к содержавшемуся в теле протеину

Средний возраст	Прирост протеина		Средний возраст	Прирост протеина	
	В % к протеину, содержащемуся в теле животного.	На 1000 кг живого веса кг		В % к протеину, содержащемуся в теле животного	На 1000 кг живого веса кг
Рогатый скот			Свиньи		
8 дней	2,347	3,994	5,5 дней	5,553	9,029
15 "	2,076	3,552	7 "	7,269	5,621
18 "	1,644	2,803	8 "	6,852	5,757
21 "	1,722	3,024	13 "	4,129	6,675
32 "	1,693	2,755	21 "	1,840	3,257
37 "	1,335	2,276	26 "	0,757	1,470
38 "	1,246	2,124	114 "	0,442	0,663
40 "	1,795	2,945	134 "	0,483	0,740
45 "	1,449	2,419			
47 "	1,248	2,161			
50 "	1,082	1,844			
54 "	1,026	—	140 "	0,372	0,651
57 "	1,320	2,284	177 "	0,307	0,499
62 "	0,939	1,611	214 "	0,219	0,360
63 "	0,678	1,209	254 "	0,288	0,449
64 "	0,655	1,209	285 "	0,233	0,475
65 "	1,020	1,723	290 "	0,272	0,303
68 "	0,948	1,719	293 "	0,179	0,284
69 "	1,062	1,823	315 "	0,182	0,370
74 "	0,713	1,271	328 "	0,160	0,264
100 "	0,711	1,192	360 "	0,180	0,360
150 "	0,480	0,830	366 "	0,238	0,382
182 "	0,410	0,760	390 "	0,158	0,315
214 "	0,330	0,640	405 "	0,178	0,301
297 "	0,220	0,470	436 "	0,033	0,061
840 "	0,064	0,089	458 "	0,068	0,074
			521 "	0,087	0,096
			745 "	0,067	0,069

Из приведенных данных Армсби видно, что хотя в отдельных случаях и встречаются отклонения, но общий характер в изменении прироста протеина совершенно ясен. Скорость роста протеиновых тканей, определенная, как по отношению к количеству содержащегося в теле протеина, так и по отношению к живому весу, значительно выше у новорожденных животных, и она быстро уменьшается с возрастом, ассимптотически приближаясь к нулевой линии.

Если приведенные данные Армсби нанести на график, то он будет иметь следующий вид:



Диагр. 1. Скорость прироста протеина.

Данная кривая начерчена таким образом: по линии абсцисс отложен возраст в днях, по линии ординат—прирост протеина, вычисленный на 1000 кг живого веса животного. Сплошной линией проведена кривая, которая выражается следующим эмпирическим уравнением гиперболы:

$$y = \frac{135}{x + 20}$$

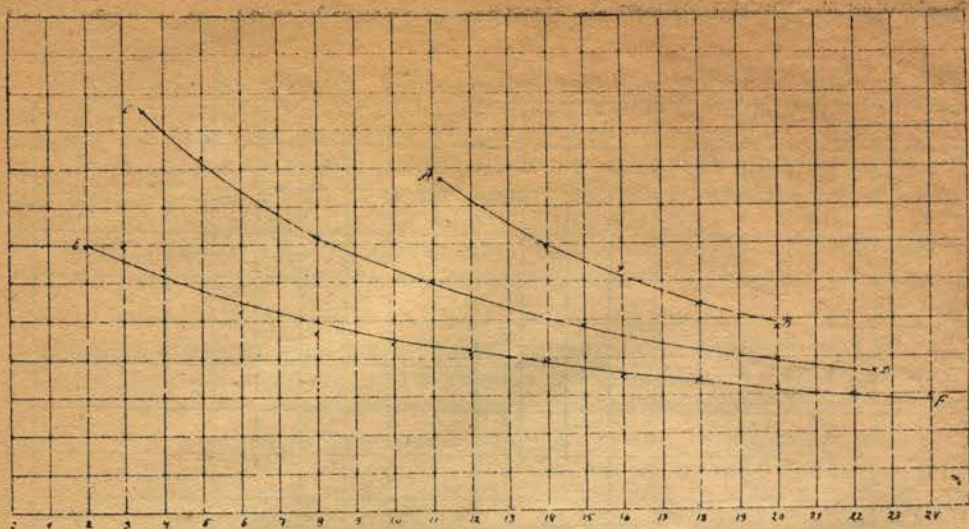
Эта кривая достаточно хорошо соответствует средним данным прироста протеина для овец и крупного рогатого скота, показанным в таблице 5.

Само собой разумеется, что от данной кривой могут быть индивидуальные отклонения, и поэтому на данную формулу следует смотреть, как на приближенное аналитическое выражение средней скорости прироста протеина у жвачных животных в различном возрасте.

Приведенные в таблицах цифры и график подтверждают сделанное раньше замечание о том, что та зависимость между живым весом животных и кормовыми нормами для них, которая выражена в приведенных кормовых нормах Хансона, является не случайной, а имеет известную степень закономерности.

Эта зависимость обнаруживается и в таблицах кормовых норм Хансона, Кельнера и др. Ее можно более наглядно представить в виде графиков.

Если по оси абсцисс отложить живой вес растущего молодняка, напр., ягнят, телят и поросят, а по оси ординат количество кормовых единиц, необходимых согласно норм Хансона на каждые 100 кг живого веса, то получим следующие кривые.



Диагр. 2. Кормовые нормы для молодняка в корм. един. из расчета на 100 кг жив. веса.
 (AB—для овец. По линии абсцисс 1 дел.=2,5 кг ж. вес, по линии ордин. 1 дел.=1/3корм.ед.)
 (CD—для рога-
 того скота " " 1 " =20 кг " " " " 1 " =1/3 " "
 (EF—для свиней " " 1 " =5 кг " " " " 1 " =1 " "

Рассматривая кривые предыдущих графиков, можно заметить, что общая форма их сходна для молодняка разных видов с.х. животных.

Из кривых видно, что с увеличением абсцисс ординаты уменьшаются, при чем это уменьшение для первых абсцисс больше, а для последующих становится все меньше и меньше, т. е., кривая сначала дает большой изгиб, а потом постепенно приближается к положению, параллельному с осью абсцисс и, следовательно, по форме имеет сходство с кривой графика № 1, т. е., с кривой прироста протеина у растущего молодняка. Это сходство наводит на мысль о возможности формулировать существующие кормовые нормы для растущего молодняка формулами типа:

$$y = \frac{a}{b+x} \dots \dots \dots (1),$$

где y будет обозначать количество кормовых единиц или переваримого белка, необходимое животным на 100 кг живого веса, а x —живой вес растущего животного.

Попробуем применить этот напрашивающийся вывод к формулировке кормовых норм и в виде первого примера сделаем это применение для кормовых норм Хансона для растущих ягнят.

Вывод формулы для кормовых норм Хансона для растущих ягнят

Как указано выше в формуле типа:

$$y = \frac{a}{b+x} \dots \dots \dots (1)$$

под y надо разуметь количество кормовых единиц, потребное жи-

вотному на 100 кг живого веса, а под x — живой вес животного, по этому, пользуясь данными таблицы кормовых норм Хансона, выразим зависимость между живым весом ягнят и количеством кормовых единиц для тех случаев живого веса, которые даны в нормах Хансона, в виде следующих уравнений:

Для живого веса в 28 кг :	$2,9 = \frac{a}{b + 28}$
" " " " 35 " :	$2,3 = \frac{a}{b + 35}$
" " " " 40 " :	$2,1 = \frac{a}{b + 40}$
" " " " 45 " :	$1,8 = \frac{a}{b + 45}$
" " " " 50 " :	$1,6 = \frac{a}{b + 50}$

Эти уравнения можно переписать в следующей форме:

Для живого веса в 28 кг :	$81,2 = a - 2,9 \cdot b$
" " " " 35 " :	$80,5 = a - 2,3 \cdot b$
" " " " 40 " :	$84,0 = a - 2,1 \cdot b$
" " " " 45 " :	$81,0 = a - 1,8 \cdot b$
" " " " 50 " :	$80,0 = a - 1,6 \cdot b$

Получилась система линейных уравнений типа:

$$t_1 = a - bz_1$$

$$t_2 = a - bz_2$$

$$t_3 = a - bz_3$$

и т. д.

В этих уравнениях под t разумеется произведение нормы кормовых единиц на живой вес, следовательно:

$$t_1 = 2,9 \cdot 28 = 81,2$$

$$t_2 = 2,3 \cdot 35 = 80,5$$

$$t_3 = 2,1 \cdot 40 = 84,0$$

и т. д.

a и z означает кормовую норму, т. е.: $z_1 = 2,9$; $z_2 = 2,3$; $z_3 = 2,1$ и т. д.

В дальнейшем задача сводится к тому, чтобы найти такие значения для „ a “ и „ b “, которые удовлетворяли бы наилучшим образом системе уравнений:

$$t_1 = a - bz_1$$

$$t_2 = a - bz_2$$

$$t_3 = a - bz_3$$

и т. д.

Для такой системы уравнений, вообще говоря, нельзя найти значения „а“ и „b“, которые удовлетворяли бы полностью одновременно всем уравнениям этой системы. При тех или иных значениях „а“ и „b“ всегда будут получаться разности:

$$t_1 - (a - bz_1) = v_1$$

$$t_2 - (a - bz_2) = v_2$$

$$t_3 - (a - bz_3) = v_3$$

и т. д.

Чтобы „а“ и „b“ удовлетворяли данной системе уравнений наилучшим образом, необходимо, как известно из метода наименьших квадратов, чтобы сумма квадратов этих разностей была наименьшей величиной, т. е. необходимо, чтобы

$$(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2 + \dots) = \text{minim};$$

значит, необходимо, чтобы

$$[t_1 - (a - bz_1)]^2 + [t_2 - (a - bz_2)]^2 + [t_3 - (a - bz_3)]^2 + \dots = \text{minim}.$$

Или, если написать в общей форме, необходимо, чтобы

$$\Sigma [t - (a - bz)]^2 = \text{minim}.$$

Так как:

$$[t - (a - bz)]^2 = t^2 + a^2 + b^2z^2 - 2at + 2tbz - 2abz,$$

то, если мы имеем систему n уравнений, мы получим:

$$\Sigma [t - (a - bz)]^2 = \Sigma(t^2) + na^2 + b^2\Sigma(z^2) - 2a\Sigma(t) + 2b\Sigma(tz) - 2ab\Sigma(z).$$

Чтобы определить значения „а“ и „b“, которые дали бы $\Sigma[t - (a - bz)]^2 = \text{minim}$, необходимо найти сначала частные производные по „а“ и по „b“ и, приравнявши их нулю, найти нормальные уравнения.

Имеем:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Sigma [t - (a - bz)]^2}{\partial a} &= \frac{\partial [\Sigma(t^2) + na^2 + b^2\Sigma(z^2) - 2a\Sigma(t) + 2b\Sigma(tz) - 2ab\Sigma(z)]}{\partial a} = \\ &= 2na - 2\Sigma(t) - 2b\Sigma(z) \end{aligned}$$

и аналогично:

$$\frac{\partial \Sigma [t - (a - bz)]^2}{\partial b} = 2b\Sigma(z^2) + 2\Sigma(tz) - 2a\Sigma(z)$$

Приравнявши каждую производную нулю и сокративши на 2, получим:

$$na - \Sigma(t) - b\Sigma(z) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

и

$$b\Sigma(z^2) + \Sigma(tz) - a\Sigma(z) = 0 \dots \dots \dots (3);$$

откуда будем иметь:

$$a = \frac{\Sigma(t)}{n} + \frac{b\Sigma(z)}{n},$$

или
$$a = M_t + b \cdot M_z \dots \dots \dots (4),$$

где под M_t разумеется $\frac{\Sigma(t)}{n}$ и $M_z = \frac{\Sigma(z)}{n}$, т. е., средние арифметические для всех значений t и для всех значений z .

Из уравнения (3) находим значение для b :

$$b \Sigma(z^2) = a \Sigma(z) - \Sigma(tz)$$

Подставляя вместо „а“ найденное для него значение из (4), получим:

$$b \Sigma(z^2) = (M_t + b M_z) \cdot \Sigma(z) - \Sigma(tz),$$

или так как: $M_z = \frac{\Sigma(z)}{n}$ и, следовательно, $\Sigma(z) = n \cdot M_z$, то

$$b \Sigma(z^2) = n \cdot M_z \cdot M_t + b \cdot n \cdot M_z^2 - \Sigma(tz),$$

откуда

$$b = \frac{n \cdot M_z \cdot M_t - \Sigma(tz)}{\Sigma(z^2) - n \cdot M_z^2} \dots \dots \dots (5)$$

Применяя формулы (4) и (5) к системе наших уравнений:

$$81,2 = a - 2,9b$$

$$80,5 = a - 2,3b$$

$$84,0 = a - 2,1b$$

$$81,0 = a - 1,8b$$

$$80,0 = a - 1,6b$$

легко будет найти значения для a и b .

Составим для этого таблицу для вычисления $M_z, M_t, \Sigma(z^2)$ и $\Sigma(tz)$

Табл. 6.

Вычисление значений $M_z, M_t, \Sigma(z^2)$ и $\Sigma(tz)$.

z	t	z^2	tz
2,9	81,2	8,41	235,48
2,3	80,5	5,29	185,15
2,1	84,0	4,41	176,40
1,8	81,0	3,24	145,80
1,6	80,0	2,56	128,00
10,7	406,7	$\Sigma(z^2) = 23,91$	$\Sigma(tz) = 870,83$
$M_z = 2,14$	$M_t = 81,34$		

Таким образом имеем:

$$M_z = 2,14$$

$$M_t = 81,34$$

$$\Sigma(z^2) = 23,91$$

$$\Sigma(tz) = 870,83$$

$$n = 5$$

Пользуясь формулами (4) и (5), находим значения для b и a :

$$b = \frac{n \cdot M_z \cdot M_t - \Sigma(tz)}{\Sigma(z^2) - n \cdot M_z^2} = \frac{5 \cdot 2,14 \cdot 81,34 - 870,83}{23,91 - 5 \cdot 2,14^2} = -0,486$$

$$a = M_t + b \cdot M_z = 81,34 - 0,486 \cdot 2,14 = 80,3$$

Таким образом, $a = 80,3$ или округленно 80 и $b = -0,486$ или округленно $-0,5$.

Подставляя эти значения в формулу (1): $y = \frac{a}{b+x}$, получим аналитическое выражение для формулировки кормовых норм Н. Хансона для ягнят:

$$y = \frac{80}{x-0,5} \dots \dots (6),$$

где под x разумеется живой вес ягненка, а под y —количество кормовых единиц, необходимое ему из расчета на 100 кг живого веса

В нижеследующей таблице сопоставлены кормовые нормы, данные Хансоном для случаев, предусмотренных в его таблице (табл. 2), и нормы, вычисленные по формуле (6): $y = \frac{80}{x-0,5}$.

Табл. 7.

Сопоставление кормовых норм Хансона для ягнят с нормами, вычисленными по формуле:

$$y = \frac{80}{x-0,5}$$

Живой вес кг	Овсяных кормовых единиц на 100 кг живого веса	
	По Хансону кг	По формуле кг
28	2,9	2,91
35	2,3	2,32
40	2,1	2,03
45	1,8	1,80
50	1,6	1,62

Как видно из этого сопоставления норм Хансона и норм, вычисленных по выведенной формуле, расхождение между теми и другими ничтожное. Совпадение почти полное.

Практическое значение выведенной формулы заключается прежде всего в том, что при помощи ее можно интерполировать кормовую норму для любого живого веса ягнят, в пределах от 28 до 50 кг.

Сделаем такие вычисления для разных случаев живого веса ягненка.

Табл. 8

Кормовые нормы для ягнят, вычисленные на 100 кг живого веса

по формуле: $y = \frac{80}{x - 0,5}$

При живом весе кг	Норма на 100 кг живого веса
	кормов. единиц кг
28	2,91
30	2,71
32	2,54
34	2,39
36	2,26
38	2,14
40	2,03
42	1,93
44	1,84
46	1,76
48	1,69
50	1,62

В данной таблице кормовые нормы для ягнят вычислены в процентах по отношению к живому весу, или, иначе говоря, на 100 кг живого веса, но можно, пользуясь той же формулой (6), вычислять норму сразу в абсолютных величинах; так, например, если требуется узнать норму на ягненка, который имеет вес 40 кг, то, очевидно, надо произвести такие несложные вычисления:

$$k = \frac{80 \cdot 40}{(40 - 0,5) \cdot 100} = \frac{0,8}{(40 - 0,5)} \cdot 40 = 0,81 \text{ кг кормов. единиц;}$$

и вообще на тот или иной живой вес ягненка в пределах от 28 до 50 кг живого веса кормовую норму в абсолютных величинах можно вычислить по формуле:

$$k = \frac{0,8 \cdot x}{x - 0,5}, \dots \dots (7),$$

в которой под x разумеется живой вес ягненка, а под k количество кормовых единиц, потребное ему в сутки.

Совершенно аналогично тому, как выводилась формула для потребного количества кормовых единиц, также можно вывести формулу для норм переваримого белка для ягнят.

На основании данных таблицы 2 можно написать:

$$0,25 = \frac{a}{b + 28}$$

$$0,20 = \frac{a}{b + 35}$$

$$0,16 = \frac{a}{b + 40}$$

$$0,12 = \frac{a}{b + 45}$$

$$0,10 = \frac{a}{b + 50}$$

или выражая эти уравнения в форме: $t = a - bz$, будем иметь:

$$7 = a - b \cdot 0,25$$

$$7 = a - b \cdot 0,20$$

$$6,4 = a - b \cdot 0,16$$

$$5,4 = a - b \cdot 0,12$$

$$5,0 = a - b \cdot 0,10$$

Составляем для этой системы уравнений таблицу, аналогичную таблице 6.

Табл. 9

Вычисления для вывода формулы белковых норм для ягнят

z	t	z ²	tz
0,25	7,0	0,0625	1,750
0,20	7,0	0,0400	1,400
0,16	6,4	0,0256	1,024
0,12	5,4	0,0144	0,648
0,10	5,0	0,0100	0,500
0,83	30,8	0,1525	5,322
$M_z = 0,166$	$M_t = 6,16$		

$$b = \frac{0,83 \cdot 6,16 - 5,322}{0,1525 - 5 \cdot 0,166^2} = \frac{5,1128 - 5,3220}{0,1525 - 0,1378} = -14,23$$

$$a = M_t + b \cdot M_z = 6,16 - 0,166 \cdot 14,23 = 3,8$$

Следовательно, формула для белковой кормовой нормы для ягнят будет такая:

$$y = \frac{3,8}{x - 14} \dots \dots \dots (8)$$

Вычислим по этой формуле белковые нормы для ягнят и сопоставим их с нормами Хансона.

Табл. 10

Сопоставление белковых кормовых норм для ягнят Хансона с нормами, вычисленными

по формуле: $y = \frac{3,8}{x - 14}$

Живой вес кг	На 100 кг живого веса переваримого белка	
	По Хансону кг	По формуле кг
28	0,25	0,27
35	0,20	0,18
40	0,16	0,15
45	0,12	0,12
50	0,10	0,11

Как видно, расхождение между теми и другими нормами получилось небольшое. При вычислении норм белка в абсолютных величинах максимальная разница (и то только для одного случая) составит всего 7 г белка, а для остальных случаев эта разница еще меньше. В практике кормления такие небольшие отклонения в ту или иную сторону, как 4—7 г, конечно, не имеют значения.

Таким образом кормовые нормы Хансона для растущих ягнят можно аналитически формулировать в виде следующих двух формул:

1) По расчету на 100 кг живого веса, или иначе говоря, в процентах по отношению к живому весу:

$$\text{количество кормовых единиц } y_k = \frac{80}{x - 0,5}$$

$$\text{количество переваримого белка } y_p = \frac{3,8}{x - 14}$$

2) в абсолютных величинах на тот или иной живой вес:

$$\text{количество кормовых единиц } k = \frac{0,8 \cdot x}{x - 0,5} \text{ кг}$$

$$\text{количество переваримого белка } p = \frac{0,038 \cdot x}{x - 14} \text{ кг}$$

Обе формулы относятся к случаям живого веса в пределах от 28 до 50 кг.

Что касается вычисления кормовых норм для ягнят, имеющих живой вес меньше 28 или больше 50 кг, то на эти случаи данные формулы не рассчитаны, потому что в состав того эмпирического материала, на основе которого выведены эмпирические формулы кормовых норм, не входили случаи с живым весом ягнят меньше 28 и больше 50 кг.

Надо твердо помнить, что метод наименьших квадратов, при помощи которого выводились формулы (6) и (8), приспособляет их только к тем эмпирическим опытным данным, которые были использованы для вывода формул, и поэтому, вообще говоря, нет гарантии, что зависимость между переменными величинами (в нашем случае, между живым весом и кормовой нормой) за пределами того эмпирического цифрового материала, который лег в основу вывода формул, будет выражаться аналитически теми же уравнениями. Зависимость эта может быть очень сложной и определяться многими факторами физиологического и другого порядка. Из способа вывода формул видно, что эти факторы непосредственно не включались в вывод формул, включены в вывод только результаты взаимодействия этих факторов на определенном отрезке роста ягненка, в пределах от 28 до 50 кг, поскольку указанные факторы отразились в эмпирических нормах Хансона, поэтому ручаться, что эти формулы будут годны и для случаев живого веса вне указанных пределов, конечно, нельзя.

Чтобы дать формулу, охватывающую более широкий период роста ягненка, необходимо сначала получить из опыта по кормлению ягнят соответствующие цифровые данные, относящиеся к случаям живого веса, вне пределов 28 и 50 кг, и включить их в вывод формулы, тогда формула будет носить реальный характер и для других случаев роста ягнят. В том же виде, в каком формулы выведены,

они реальны только для живых весов ягненка в пределах 28—50 кг. Для других же случаев данные формулы могут оказаться не только не верными, но и вообще не реальными. Попробуем, например, по формуле для белковых норм найти количество белка, потребного для ягненка живого веса в 10 кг. Подставляя вместо x число 10 в

формулу $p = \frac{0,038 \cdot x}{x - 14}$, мы получим отрицательную величину, потому что знаменатель будет отрицательной величиной. Ясно, что отрицательная величина для количества переваримого белка в данном случае будет величиной нереальной. В пределах же 28—50 кг живого веса ягнят такой нереальности быть, конечно, не может.

Нормы Хансона для растущих ягнят даны для случаев живого веса, начиная с 28 кг, а по возрасту с 5 месяцев, т. е., они рассчитаны на выращивание ягнят после отъема их от маток. Для подсосного периода Хансон не дает норм, так как для этого периода затруднительно применять их, ибо ягнята получают от маток молоко, а учесть его практически трудно.

Вывод формул для кормовых норм Хансона для молодняка племенных свиней.

На основании кормовых норм Хансона для молодняка племенных свиней (см. табл. 3) можно написать следующие уравнения:

$$\begin{array}{ll} 7 = \frac{a}{b + 10} & 3,9 = \frac{a}{b + 70} \\ 7 = \frac{a}{b + 15} & 3,5 = \frac{a}{b + 80} \\ 6,4 = \frac{a}{b + 20} & 3,4 = \frac{a}{b + 90} \\ 5,3 = \frac{a}{b + 30} & 3,2 = \frac{a}{b + 100} \\ 4,7 = \frac{a}{b + 40} & 3,0 = \frac{a}{b + 110} \\ 4,4 = \frac{a}{b + 50} & 2,9 = \frac{a}{b + 120} \\ 4,1 = \frac{a}{b + 60} & \end{array}$$

или, выражая эти уравнения в форме: $t = a - b \cdot z$, будем иметь:

$$\begin{array}{ll} 70 = a - 7b & 273 = a - 3,9b \\ 105 = a - 7b & 280 = a - 3,5b \\ 128 = a - 6,4b & 306 = a - 3,4b \\ 159 = a - 5,3b & 320 = a - 3,2b \\ 188 = a - 4,7b & 330 = a - 3,0b \\ 220 = a - 4,4b & 348 = a - 2,9b \\ 246 = a - 4,1b & \end{array}$$

Составляем для этой системы уравнений таблицу, аналогичную таблице 6.

Табл. 11.

Вычисления для вывода формулы кормовых норм для молодняка племенных свиней

z	t	z ²	tz
7	70	49	490
7	105	49	735
6,4	128	40,96	819,2
5,3	159	28,09	842,7
4,7	188	22,09	883,6
4,4	220	19,36	968,0
4,1	246	16,81	1008,6
3,9	273	15,21	1064,7
3,5	280	12,25	980,0
3,4	306	11,56	1040,4
3,2	320	10,24	1024,0
3,0	330	9,00	990,0
2,9	348	8,41	1009,2
58,8 M _z = 4,523 n = 13	2973 M _t = 228,7	Σ(z ²) = 291,98	Σ(tz) = 11855,4

Пользуясь формулами (4) и (5), находим значения для b и a:

$$b = \frac{13 \cdot 4,523 \cdot 228,7 - 11855,4}{291,98 - 13 \cdot 4,523^2} = 61,12$$

$$a = 228,7 + 61,12 \cdot 4,523 = 505,14$$

или округленно: a = 505 и b = 61.

Подставляя эти значения в формулу (1), получим аналитическое выражение для формулировки кормовых норм Н. Хансона для молодняка племенных свиней:

$$y = \frac{505}{x + 61},$$

где под x разумеется живой вес поросенка, а под y — количество кормовых единиц, необходимое ему в сутки из расчета на 100 кг живого веса.

Внижеследующей таблице 12 сопоставлены кормовые нормы, данные Хансоном для случаев, предусмотренных в его таблице (табл. 3),

и нормы, вычисленные по формуле:

$$y = \frac{505}{x + 61}$$

Табл. 12.

Сопоставление кормовых норм Хансона для племенного молодняка свиней с нормами, вычисленными по формуле

Живой вес кг	Овсяных кормовых единиц на 100 кг живого веса в сутки	
	По Хансону кг	По формуле кг
10	7,0	7,1
15	7,0	6,7
20	6,4	6,2
30	5,3	5,5
40	4,7	5,0
50	4,4	4,5
60	4,1	4,2
70	3,9	3,9
80	3,5	3,6
90	3,4	3,4
100	3,2	3,1
110	3,0	3,0
120	2,9	2,8

Как видно из таблицы 12, наибольшая разница между нормами Хансона и нормами, вычисленными по формуле, приходится на случай живого веса поросенка в 40 килограммов. Для поросенка в 40 кг по Хансону надо $\frac{4,7 \cdot 40}{100} = 1,88$ кг кормовых единиц, а по формуле:

$\frac{505 \cdot 40}{(40 + 61) \cdot 100} = 2$ кг кормовых единиц, следовательно, расхождение составляет только 0,12 кг кормовых единиц. С точки зрения практики кормления и распределения кормов животным, эта величина в 0,12 корм. един. является, конечно, незначительной. Для других случаев живого веса разница между теми и другими нормами, как видно из таблицы 12, будет еще меньше, чем для случая живого веса в 40 килограммов, при этом необходимо заметить, что эти различия не только незначительны по абсолютной величине, но еще и с разными знаками, что в конечном счете сглаживает расхождение между теми и другими нормами и, следовательно, формулой $y = \frac{505}{x + 61}$ с вполне

недостаточной для практики кормления точностью можно аналитически выразить кормовые нормы Хансона для племенных свиней.

Что касается формулы белковых норм для племенных поросят, то их тоже можно аналитически формулировать соответствующим уравнением. С этой целью на основании данных таблицы 3 составим нижеследующую таблицу 13 для нахождения величин a и b , которые надо будет вставить в формулу белковых норм. В таблице 13 буква z , как и в других аналогичных таблицах (6, 9 и 11), означает кормовую норму, а буква t —произведение чисел, обозначающих белковую кормовую норму и живой вес.

Табл. 13.

Вычисления для вывода формулы белковых кормовых норм для молодняка племенных свиней

z	t	z^2	tz
0,77	7,7	0,5929	5,929
0,74	11,1	0,5476	8,214
0,67	13,4	0,4489	8,978
0,50	15,0	0,2500	7,500
0,41	16,4	0,1681	6,724
0,36	18,0	0,1296	6,480
0,30	18,0	0,0900	5,400
0,27	18,9	0,0729	5,103
0,24	19,2	0,0576	4,608
0,22	19,8	0,0484	4,356
0,21	21,0	0,0441	4,410
0,20	22,0	0,0400	4,400
0,19	22,8	0,0361	4,332
5,08	223,3	2,5262	76,434
$M_z = 0,3908$	$M_t = 17,18$	$n = 13$	

Пользуясь формулами (4) и (5), находим значения для b и a :

$$b = \frac{5,08 \cdot 17,18 - 76,434}{2,5262 - 13 \cdot 0,3908^2} = 20,05$$

$a = 17,18 + 20,05 \cdot 0,3908 = 25,01$, или округленно $a = 25$ и $b = 20$.

Подставляя эти значения в формулу (1), получим аналитическое выражение для формулировки белковых кормовых норм Хансона для молодняка племенных свиней:

$$y = \frac{25}{x + 20}$$

Вычислим по этой формуле и по нормам Хансона в абсолютных величинах количество переваримого белка, необходимое племенным пороссятам при разном их живом весе (см. табл. 14).

Табл. 14

Количество переваримого белка
для племенных пороссят на голову
в сутки

Живой вес кг	Граммов переваримого белка на голову	
	По Хансону г	По формуле г
10	77	83
15	111	107
20	134	125
30	150	150
40	164	167
50	180	179
60	183	187
70	189	195
80	192	200
90	198	204
100	210	208
110	220	211
120	228	215

Как видно из таблицы 14, разница в количестве переваримого белка, вычисленном по таблице Хансона и по формуле $y = \frac{25 \cdot x}{(x+20)100}$, незначительная, следовательно, эта формула достаточно хорошо аналитически формулирует белковые кормовые нормы Хансона для племенных пороссят.

Итак кормовые нормы Хансона для молодняка племенных свиней можно достаточно точно аналитически формулировать такими уравнениями:

1) по расчету на 100 кг живого веса:

$$y_k = \frac{505}{x + 61} \text{ кг кормовых единиц}$$

$$y_p = \frac{25}{x + 20} \text{ кг переваримого белка}$$

или же 2) в абсолютных величинах на тот или иной живой вес:

$$k = \frac{5,05 \cdot x}{x + 61} \text{ кг кормовых единиц}$$

$$p = \frac{0,25 \cdot x}{x + 20} \text{ кг переваримого белка}$$

Инд. 1963 в БА 22390 8р

Вывод формул для кормовых норм Хансона для молодняка молочного скота

На основании данных таблицы 1 составляем таблицу 15 для нахождения постоянных величин a и b , которые определяют аналитическое выражение, устанавливающее зависимость между живым весом животного и количеством кормовых единиц, потребных ему на каждые 100 кг веса.

Табл. 15
Вычисления для вывода формулы норм, выраженных в кормовых единицах, для молодняка
молочного скота

z	t	z^2	tz
3,5	245	12,25	857,5
3,1	310	9,61	961,0
2,4	384	5,76	921,6
2,0	440	4,00	880,0
1,6	480	2,56	768,0
1,3	520	1,69	676,0
1,2	540	1,44	648,0
15,1	2919	37,31	5712,1
$M_z = 2,157$	$M_t = 417$	$n = 7$	

Пользуясь формулами (4) и (5), находим значения для b и a :

$$b = \frac{7 \cdot 2,157 \cdot 417 - 5712,1}{37,31 - 7 \cdot 2,157^2} = 123,33$$

$$a = 417 + 123,33 \cdot 2,157 = 683$$

таким образом, $a = 683$ и $b = 123,33$, или округленно $b = 123$.

Подставляя эти значения в формулу (1), получим уравнение для формулировки кормовых норм в кормовых единицах для молодняка молочного скота:

$$y_k = \frac{683}{x + 123} \text{ кг кормовых единиц.}$$

Аналогично выведем уравнение для формулировки белковых кормовых норм для молодняка молочного скота, для чего составим таблицу 16.

Табл. 16
Вычисления для вывода формулы белковых кормовых
норм для молодняка молочного скота

z	t	z^2	tz
0,33	23,1	0,1089	7,623
0,30	30,0	0,0900	9,000
0,22	35,2	0,0484	7,744
0,17	37,4	0,0289	6,358
0,14	42,0	0,0196	5,880
0,11	44,0	0,0121	4,840
0,10	45,0	0,0100	4,500
1,37	256,7	$\Sigma(z^2) = 0,3179$	$\Sigma(tz) = 45,945$
$M_z = 0,1957$	$M_t = 36,67$	$n = 7$	

$$b = \frac{7 \cdot 0,1957 \cdot 36,67 - 45,945}{0,3179 - 7 \cdot 0,1957^2} = 86,3$$

$$a = 36,67 + 86,3 \cdot 0,1955 = 53,5$$

Следовательно, уравнение для белковых кормовых норм для молодняка молочного скота будет такое:

$$y_p = \frac{53}{x + 86} \text{ кг переваримого белка на } 100 \text{ кг живого веса.}$$

В нижеследующей таблице 17 дадим сопоставление кормовых норм Хансона, взятых из таблицы 1, с нормами, вычисленными по только что выведенным формулам.

Табл. 17

Сопоставление кормовых норм Хансона с нормами, вычисленными по формулам, для молодняка молочного скота

Живой вес кг	На 100 кг живого веса необходимо:			
	кг кормовых единиц		кг переваримого белка	
	По Хансону	По формуле	По Хансону	По формуле
70	3,5	3,53	0,33	0,34
100	3,1	3,06	0,30	0,29
160	2,4	2,41	0,22	0,22
220	2,0	1,99	0,17	0,17
300	1,6	1,61	0,14	0,14
400	1,3	1,30	0,11	0,11
450	1,2	1,19	0,10	0,10

Как видно из этой таблицы, совпадение между нормами Хансона и нормами, вычисленными по формулам, получилось почти полное.

Таким образом, хансоновские кормовые нормы для молодняка молочного скота могут быть аналитически сформулированы:

1) по расчету на 100 кг живого веса такими двумя уравнениями:

$$y_k = \frac{683}{x + 123} \text{ кг кормовых единиц}$$

$$y_p = \frac{53}{x + 86} \text{ кг переваримого белка}$$

2) в абсолютных величинах на тот или иной живой вес такими уравнениями:

$$k = \frac{6,83 \cdot x}{x + 123} \text{ кг кормовых единиц}$$

$$p = \frac{0,53 \cdot x}{x + 86} \text{ кг переваримого белка,}$$

где x означает живой вес животного, а y_k — количество кормовых единиц из расчета на 100 кг живого веса, y_p — количество переваримого белка из того же расчета, k — количество кормовых единиц, потребное животному в сутки при том или ином живом весе, p — количество переваримого белка в сутки на голову.

К выведенным уравнениям, формулирующим кормовые нормы Хансона для ягнят, племенных поросят и молодняка молочного скота, добавим еще, не излагая самого вывода, два уравнения для формулировки кормовых норм Хансона для откармливаемого молодняка свиней. При тех же обозначениях (x , u_k , u_p , k и p), которые приняты выше, кормовые нормы Хансона для молодняка откармливаемых свиней могут быть аналитически выражены следующими уравнениями:

1) при расчетах на 100 кг живого веса:

$$u_k = \frac{812}{x + 106} \text{ кг кормовых единиц}$$

$$u_p = \frac{36}{x + 34} \text{ кг переваримого белка}$$

2) при вычислениях в абсолютных величинах на тот или иной живой вес:

$$k = \frac{8,12 \cdot x}{x + 106} \text{ кг кормовых единиц}$$

$$p = \frac{0,36 \cdot x}{x + 34} \text{ кг переваримого белка}$$

Если вычислить по этим формулам кормовые нормы для откормочного молодняка-свиней и сопоставить их с нормами, которые дает в своих таблицах Хансон, получится следующее сравнение (табл. 18)

Табл. 18

Сравнение для молодняка откармливаемых свиней
кормовых норм, вычисленных по формулам:

$$u_k = \frac{812}{x+106} \text{ и } u_p = \frac{36}{x+34}, \text{ с нормами Хансона.}$$

Живой вес кг	На 100 кг живого веса полагается:			
	Килогр. кормовых единиц (овсяных)		Килогр. переваримого белка	
	По Хансону	По формуле	По Хансону	По формуле
10	7,0	7,0	0,77	0,818
15	7,0	6,71	0,74	0,735
20	6,4	6,44	0,68	0,667
30	5,7	5,97	0,55	0,562
40	5,5	5,56	0,50	0,486
50	5,2	5,20	0,44	0,429
60	5,0	4,89	0,38	0,383
70	4,7	4,61	0,34	0,346
80	4,4	4,37	0,31	0,316
90	4,1	4,14	0,28	0,290
100	4,0	3,94	0,27	0,269
110	3,7	3,76	0,25	0,250
120	3,6	3,59	0,24	0,234
130	3,5	3,44	0,22	0,220

Как видно из таблицы 18, совпадение между теми и другими нормами получилось большое.

Возможность аналитической формулировки кормовых норм уравнениями прямоугольной гиперболы распространяется не только на

приведенные случаи кормовых норм Хансона, но и на большое число кормовых норм других авторов. Так, например, кормовые нормы Кельнера для растущего молодняка сельскохозяйственных животных тоже могут быть формулированы уравнениями прямоугольной гиперболы, что можно видеть из нижеследующих таблиц, в которых сделано сопоставление кормовых норм Кельнера с нормами, вычисленными на основе аналитических формулировок этих норм.

Табл. 19

Сопоставление кормовых норм Кельнера для ягнят мясных пород с нормами, вычисленными по соответствующим формулам

Живой вес кг	Крахмальных эквивалентов на 100 кг живого веса		Переваримого белка на 100 кг живого веса	
	По Кельнеру кг	По формуле: $y = \frac{91}{22+x}$ кг	По Кельнеру кг	По формуле: $y = \frac{8,8}{x-11}$ кг
30	1,72	1,75	0,45	0,46
38	1,54	1,52	0,35	0,33
46	1,38	1,34	0,25	0,25
54	1,14	1,20	0,20	0,20
70	1,02	0,99	0,15	0,15

Табл. 20

Сопоставление кормовых норм Кельнера для ягнят шерстных пород с нормами, вычисленными по соответствующим формулам

Живой вес кг	Крахмальных эквивалентов на 100 кг живого веса		Переваримого белка на 100 кг живого веса	
	По Кельнеру кг	По формуле: $y = \frac{38}{x-4}$ кг	По Кельнеру кг	По формуле: $y = \frac{3,6}{x-17}$ кг
28	1,64	1,58	0,3	0,327
33	1,30	1,31	0,25	0,225
38	1,07	1,12	0,18	0,172
41	1,02	1,03	0,15	0,150
45	0,97	0,93	0,12	0,129

Табл. 21

Сопоставление кормовых норм Кельнера для молодняка мясных, молочных и рабочих пород рогатого скота

Для молочных и рабочих пород			Для мясных пород		
Крахмальных эквивалентов на 100 кг живого веса					
Живой вес кг	По Кельнеру кг	По формуле: $y = \frac{455}{168+x}$ кг	Живой вес кг	По Кельнеру кг	По формуле: $y = \frac{582}{210+x}$ кг
70	1,85	1,91	75	1,95	2,04
140	1,52	1,48	150	1,65	1,62
240	1,15	1,12	250	1,35	1,27
320	0,90	0,93	350	1,00	1,04
400	0,80	0,80	430	0,90	0,91

Очень хорошо также могут быть интерпретированы математически кормовые нормы Митчела ¹⁾ для растущих и откармливаемых поросят, что можно видеть из следующей таблицы 22.

Табл. 22

Кормовые нормы Митчела для поросят (в день на голову)

Живой вес кг	Физиологически-полезной энергии (терм)		„Чистой“ энергии (терм)		Переваримого протеина (кг)	
	По Митчелу	По формуле: $y = \frac{16,1 \cdot x}{102 + x}$	По Митчелу	По формуле: $y = \frac{12,2 \cdot x}{102 + x}$	По Митчелу	По формуле: $y = \frac{0,15 \cdot x}{11 + x}$
13,6	1,91	1,89	1,45	1,43	0,084	0,083
22,7	2,88	2,93	2,18	2,22	0,098	0,101
45,4	4,64	4,96	3,53	3,75	0,120	0,120
68,0	6,43	6,44	4,89	4,88	0,140	0,129
90,7	8,00	7,58	6,08	5,74	0,138	0,134
113,4	8,33	8,48	6,33	6,42	0,128	0,137

Как видно из таблицы 22, оригинальные нормы Митчела и нормы, вычисленные по выведенным для них формулам, дают между собою довольно близкое совпадение.

Приведем еще аналитическую формулировку для кормовых норм проф. И. С. Попова, которые он дает для поддерживающего кормления свиней. Для этих норм зависимость между живым весом животного и количеством крахмальных эквивалентов, необходимых на 100 кг живого веса, очень точно можно сформулировать таким уравнением:

$$y = \frac{143}{40 + x},$$

где x означает живой вес поросенка, а y — количество кг крахмальных эквивалентов.

Сравнение оригинальных норм проф. И. С. Попова и норм, вычисленных по уравнению $y = \frac{143}{40 + x}$, дает почти полное совпадение их между собою, что можно видеть из таблицы 23.

Табл. 23.

Кормовые нормы проф. И. С. Попова для поддерживающего кормления свиней

Живой вес кг	Крахмальных эквивалентов на 100 кг живого веса для поддерживающего кормления (кг)	
	По И.С.Попову:	По формуле:
40	1,8	1,79
50	1,6	1,59
60	1,4	1,43
70	1,3	1,30
80	1,2	1,20
90	1,1	1,10
100	1,0	1,02
110	0,9	0,95
120	0,9	0,90
130	0,8	0,84

¹⁾ The energy and protein requirements of growing swine and the utilization of feed energy in growth. H.H. Mitchell and T. S. Hamilton.

Таким образом, все вышеизложенное достаточно убедительно подтверждает сделанное в начале работы предположение о возможности аналитической формулировки кормовых норм для растущего молодняка. Во всех рассмотренных случаях кормовых норм Хансона, Кельнера, Митчела для растущих животных обнаружилось, что зависимость, которая существует между живым весом животного и потребным количеством, как кормовых единиц и крахмальных эквивалентов, так и переваримого белка, аналитически выражается уравнениями так называемой прямоугольной гиперболы.

Этот факт, повидимому, не случайный. Потребность молодого организма в питательных веществах связана с процессом нарастания составных частей тела организма. Это нарастание, как показано выше на данных Армсби, находится в функциональной зависимости от живого веса животного, связано с этим весом в каждый момент роста животного и выражается тоже уравнениями прямоугольной гиперболы.

Формулировка кормовых норм для растущего молодняка уравнениями прямоугольной гиперболы, повидимому, схватывает некоторую сущность процессов, обуславливающих потребности молодого растущего организма в питательных веществах и дает возможность математически интерпретировать эти потребности.

Использование метода аналитической формулировки кормовых норм для обработки материалов, получающихся в опытах по кормлению.

Изложенный выше метод дает возможность не только формулировать в аналитической форме сложившиеся на данный момент кормовые нормы, такие, как нормы Хансона, Кельнера и др., но этот метод может быть с успехом применен и оказаться очень полезным при обработке сырого материала, получающегося в опытах по кормлению с. ж. животных.

В качестве примера для иллюстрации произведем такую обработку данных, полученных в обширных опытах по кормлению цыплят на одной из опытных станций США (Storrs Agricultural Experiment Station, Bulletin 96).

На этой опытной станции были проведены опыты по кормлению 1028 цыплят лехгорнской породы и 865 цыплят породы род-айланд. В результате были получены такие данные относительно живого веса цыплят и количества корма, которое они с'едали к концу каждой недели их жизни, считая с момента выхода цыплят из инкубатора (см. табл. 24).

Просмотр этой (24) таблицы дает возможность лишь в самом общем виде сделать вывод о том, что с возрастом цыплят и увеличением их живого веса количество поедаемого ими корма увеличивается, но выявить в достаточно определенной и четкой форме зависимость, в которой находятся между собой потребление корма и живой вес цыплят, без надлежащей обработки приведенного в таблице 24 материала, очевидно, нельзя.

Попробуем обнаружить и сформулировать эту зависимость, применяя изложенный выше метод.

Для этого прежде всего необходимо представить цифровой материал, данный в таблице 24, в несколько иной форме.

Из таблицы 24 видно, что, например, к концу пятой недели жизни

цыпленка лехгорнской породы, за все время, считая от выхода из инкубатора, цыпленок с'ел 644 г корма и имел живой вес 227 г. К концу шестой недели цыпленок с'ел 889 г корма и имел живой вес 333 г, следовательно, за шестую неделю цыпленок лехгорнской породы с'едал в среднем: $889 - 644 = 245$ г корма и приростал на $333 - 227 = 106$ г.

Табл. 24.

Количество корма, которые с'едали цыплята, и их живой вес на конец каждой недели

Возраст в неделях	Лехгорны		Род-айланды	
	Количество всего с'еденного корма г	Живой вес г	Количество всего с'еденного корма, г	Живой вес г
0	—	36	—	36
1	41	50	45	50
2	127	82	132	73
3	258	118	254	118
4	426	172	431	163
5	644	227	671	240
6	889	333	989	331
7	1229	408	1340	435
8	1592	494	1790	553
9	2000	553	2240	690
10	2449	640	2730	817
11	2926	708	3240	912
12	3416	817	3810	1039
13	3920	875	4360	1080
14	4420	934	4910	1160
15	4960	998	5510	1250
16	5490	1070	6160	1310
17	6140	1130	6880	1420
18	6770	1190	7630	1480
19	7430	1230	8340	1560
20	8120	1310	9130	1670
21	8790	1380	9930	1750
22	9450	1410	10740	1810
23	10110	1460	11530	1890
24	10810	1530	12350	1950

Средний живой вес цыпленка лехгорнской породы за шестую неделю был, следовательно, $\frac{227 + 333}{2} = 280$ г.

Чтобы найти уравнение, которое выражало бы зависимость между весом цыпленка и количеством поедаемого им в сутки корма, выраженным в процентах от живого веса, надо прежде всего на основании данных, приведенных в таблице 24, вычислить средний живой вес цыпленка за каждую неделю, затем вычислить количество корма, которое он с'едал в день каждой недели и выразить последнее в процентах по отношению к живому весу. Все это сделано в таблице 25.

Из таблицы 25 видно, что потребность у цыплят в корме, выраженная в процентах по отношению к их живому весу, является наибольшей в возрасте на второй и третьей неделе, т. е., у самых маленьких цыплят. Первую неделю не следует принимать во внимание, так как в первые дни по выходе из инкубатора цыпленок имеет в теле большие запасы желтка, который используется для роста

тканей, поэтому, а также и потому, что первые дни цыпленок еще приучается к поеданию кормов, он с'едает их, конечно, мало, беря материал, необходимый для роста тканей, из запасов желтка.

Табл. 25

Средний живой вес цыплят за каждую неделю и количество корма, выраженное в процентах по отношению к живому весу, которое с'едалось в сутки

Недели	Лехгорны			Род-айланды		
	Средний живой вес за неделю, г.	Количество корма в день		Средний живой вес за неделю, г.	Количество корма в день	
		в г	в % по отношению к живому весу		в г	в % по отношению к живому весу
1-я	43	6	14	43	6,4	15
2-я	66	12,3	18,5	61	12,4	20,4
3-я	100	18,7	18,7	96	17,4	18,1
4-я	145	24,0	17,0	141	25,3	17,9
5-я	200	31,2	15,5	202	34,3	17,0
6-я	270	35,0	13,0	286	45,4	15,9
7-я	360	48,6	13,5	383	50,1	13,1
8-я	451	51,9	11,5	494	64,3	13,0
9-я	524	58,3	11,0	622	64,3	10,3
10-я	597	64,3	11,0	754	70,0	9,3
11-я	674	68,1	10,0	865	72,9	8,4
12-я	763	70,0	9,5	976	81,4	8,3
13-я	846	72,0	8,5	1060	78,6	7,4
14-я	905	71,0	8,0	1120	78,6	7,0
15-я	966	77,2	8,0	1205	85,7	7,1
16-я	1034	75,7	7,3	1280	92,8	7,3
17-я	1100	93,0	8,4	1370	102,9	7,5
18-я	1160	90,0	7,8	1450	107,1	7,4
19-я	1210	94,0	7,8	1520	101,4	6,7
20-я	1270	98,0	7,7	1615	112,8	7,0
21-я	1345	96,0	7,2	1710	114,3	6,7
22-я	1395	94,0	6,8	1780	115,7	6,5
23-я	1435	94,0	6,6	1850	112,9	6,1
24-я	1495	100,0	6,7	1920	117,1	6,1

На второй и третьей неделе цыпленок с'едает такое количество корма, которое составляет по отношению к весу цыпленка 18,5% и 18,7% у лехгорнов, а у род-айландов даже до 20,4%. Дальше количество корма начинает постепенно снижаться и на 24-ой неделе, составляет только около 6% по отношению к живому весу цыпленка, следовательно, характер изменений в потреблении количества корма с возрастом цыплят похож на тот, с которым мы встречались при рассмотрении изложенных выше кормовых норм Хансона, Кельнера и др., поэтому вполне естественна мысль попробовать применить и к данному случаю уравнение ректангулярной гиперболы для формулировки зависимости между живым весом цыплят и их потребностью в кормах.

Обработка в этом смысле материалов, полученных по кормлению цыплят, действительно, показала, что указанная зависимость достаточно удовлетворительно может быть выражена двумя следующими уравнениями:

$$1) \text{ для лехгорнов: } y = \frac{14}{0,7 + x}$$

$$2) \text{ для род айландов: } y = \frac{14,6}{0,68 + x}$$

где x означает живой вес цыпленка в килограммах, а y — количество необходимого корма в сутки, выраженное в процентах по отношению к живому весу цыпленка. Например, если живой вес цыпленка 0,4 кг, то количество корма на каждые 100 г его веса получится из таких расчетов:

$$\text{для лехгорнов: } y = \frac{14}{0,7 + 0,4} = 12,7 \text{ грамм.}$$

следовательно, в сутки на этого цыпленка, который весит в нашем примере 400 грамм, потребуется: $12,7 \times 4 = 50,8$ грамм зерна.

Если по этим уравнениям вычислить количество потребного цыпленку в сутки корма, для разных случаев живого веса, и сопоставить полученные величины с количеством корма, которое фактически подалось в опытах упомянутой выше американской станции, то получится следующая сравнительная таблица 26.

Табл. 26.

Сопоставление количества корма (выраженного в зерновом концентрате), которое подалось цыплятами в опыте, с количеством, вычисленным по формуле

Лехгорны			Род-айланды		
Живой вес г	Необходимо корма в сутки:		Живой вес г	Необходимо корма в сутки:	
	по опытам станции г	по формуле г		по опытам станции г	по формуле г
66	12,3	12,1	61	12,4	12,1
100	18,7	17,5	96	17,4	18,0
145	24,0	24,1	141	25,3	25,1
200	31,2	31,2	202	34,3	33,3
270	35,0	38,9	286	45,4	43,2
360	48,6	47,5	385	50,1	52,5
451	51,9	55,0	494	64,3	61,3
524	58,3	59,9	622	64,3	69,7
597	64,3	64,5	754	70,0	76,9
674	68,1	68,7	865	72,9	81,7
763	70,0	73,0	976	81,4	85,9
846	72,0	76,1	1060	78,6	89,0
905	71,0	78,9	1120	78,6	90,7
966	77,2	81,1	1205	85,7	92,8
1034	75,7	83,5	1280	92,9	94,7
1100	93,0	85,8	1370	102,9	97,5
1160	90,0	87,0	1450	107,1	100,0
1210	94,0	88,7	1520	101,4	100,9
1270	98,0	90,2	1615	112,9	102,7
1345	96,0	92,1	1710	114,3	104,3
1395	94,0	93,3	1780	115,7	105,6
1435	94,0	94,1	1850	112,9	106,8
1495	100,0	95,4	1920	117,2	107,8

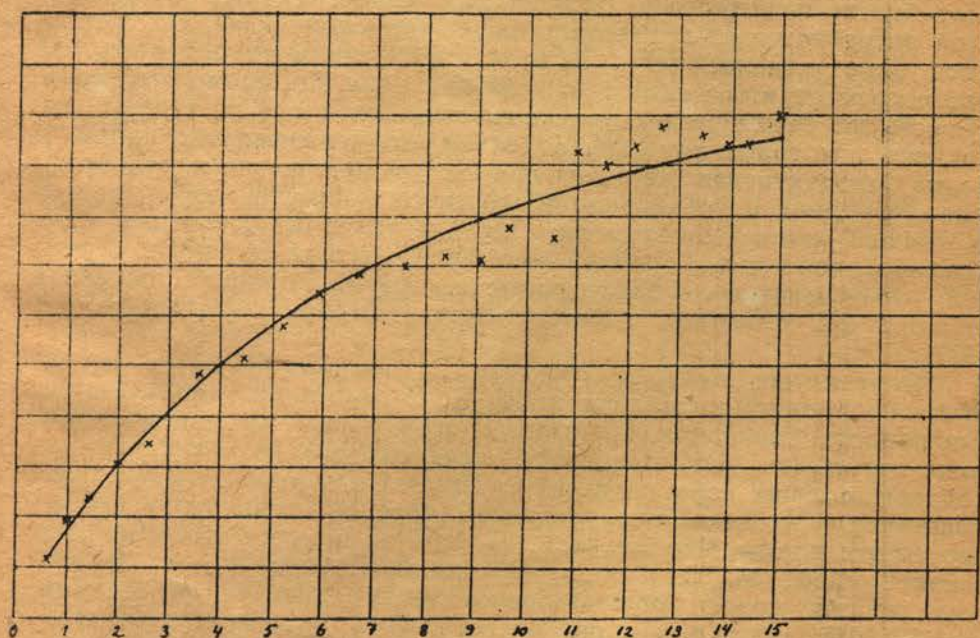
Данные таблицы 26 для цыплят породы лехгорн можно представить в виде следующей диаграммы¹⁾ (см. диаграмму на стр. 179).

¹⁾ На этой диаграмме эмпирические данные относительно съедавшегося корма нанесены в виде точек, а сплошной линией проведена кривая, вычисленная по формуле:

$$y = \frac{0,14x}{0,7+x}$$

Обращается при этом внимание, что в этой формуле x и y берутся в килограммах.

Как видно из таблицы 26 и из диаграммы 3, совпадение между количеством корма, которое цыплята с'едали в опыте станции, с количеством, вычисленным по формулам, получилось довольно удовлетворительное. Некоторые небольшие с точки зрения практики кормления расхождения объясняются повидимому, вполне естественными колебаниями в самом цифровом опытном материале. При вполне ясном характере в изменении количества поедаемого корма, в зависимости от живого веса цыплят, как это видно из таблицы 26, в отдельных случаях встречаются отклонения от общей тенденции. Так, например, при живом весе цыплят, род-айландов, в 976 граммов цыпленок поедал в среднем за сутки 81,4 грамма корма, а при живом весе в 1120 граммов, когда естественно ожидать, что цыплята должны были с'есть больше корма, они с'едали его, как зарегистрировано опытом, только 78,6 грамма, т. е., меньше, чем при весе в 976 граммов. Такого рода колебания в опытных данных, конечно, вполне естественны, так как всякому опытному цифровому материалу присуще вариирование в известных границах в связи с вариированием внешних условий, что в некоторых случаях уменьшает рельефность существующей функциональной зависимости между изучаемыми явлениями.



Диагр. 3. Количество корма в зависимости от живого веса для лехгорнов (в сутки) (по линии абсцисс одно деление = 0,1 кг живого веса, по линии ординат одно деление = 0,01 кг корма).

Если принять во внимание эти соображения, станет понятным, что расхождения между опытными и вычисленными цифровыми данными в таблице 26 вполне естественны, и их нельзя считать значительными.

Эмпирические данные, выражающие в нашем случае зависимость между живым весом цыплят и их потребностью в корме, как и следо-

вало ожидать, носят в известной степени ступенчатый характер. Математическая интерпретация этой зависимости выпрямляет эту ступенчатость, в результате чего возникают для отдельных случаев отклонения эмпирической кривой от кривой, которая математически интерпретирует полученный в опыте цифровой материал, при чем эти отклонения, как это видно из таблицы 26 и из графика, не только являются небольшими по абсолютной величине, но и получают для разных случаев с разными знаками, что в конечном итоге сглаживает рассматриваемую разницу, поэтому с достаточной убедительностью можно считать, что выведенные уравнения вполне удовлетворительно формулируют потребности цыплят в корме, конечно применительно к тем конкретным условиям, в которых содержались цыплята на опытной станции, где они пользовались огороженными выгулами, как это принято в больших птицеводных хозяйствах.

Применимость аналитической формулировки к кормовым нормам, составленным по принципу отдельного расчета поддерживающего и продуктивного корма.

В настоящее время, как известно, большинство кормовых норм для растущего молодняка составлены по принципу расчета общей потребности животного в питательных веществах, без разделения этой потребности на поддерживающее кормление и на так называемое „продуктивное“ (т. е., на прирост). К таким нормам относятся рассмотренные выше нормы Хансона, Кельнера. Но, кроме этих норм, существуют также отдельные кормовые нормы для растущего молодняка, в которых показаны отдельно поддерживающая норма и норма „продуктивная“ (т. е., на прирост, в дополнение к поддерживающей норме). К таким нормам относятся, например, нормы автора настоящей работы, составленные им для телят на основании опытов, проведенных на Горецкой зональной опытной станции в период 1927—1930 годов и опубликованные в „Трудах Горецкой зональной станции“ под названием: „Исследование кормовых норм для телят“ 1931 г.

По этому же принципу разделения поддерживающего и продуктивного корма составлены проф. И. С. Поповым кормовые нормы для поросят. Такие, так называемые, отдельные кормовые нормы, тоже могут быть сформулированы аналитически. В частности, для поддерживающих норм проф. И. С. Попова для поросят мною уже выше (стр. 174) было дано уравнение, которое очень точно формулирует эти нормы. Что же касается норм на прирост, которые даны в книге проф. И. С. Попова („Кормление свиней“), то их совсем просто можно формулировать таким уравнением прямой: $y = 1 + 0,0066 \cdot x$, где под y разумеется количество крахмальных эквивалентов, необходимых на 1 кг прироста поросенка при весе его от 16 до 90 кг, а под x разумеется живой вес поросенка (в кг).

Упомянутые кормовые нормы автора настоящей работы для телят тоже могут быть сформулированы аналитически. Поддерживающая норма достаточно точно может быть определена таким уравнением:

$y = \frac{3 \cdot x}{100 + x}$, которое пригодно для вычисления поддерживающей нормы для телят при живом весе их от 20 кг до 100 кг. Для случаев же живого веса от 101 до 300 кг пригодно такое уравнение прямой: $y = 0,75 + 0,0084 \cdot x$. В этих уравнениях x означает живой вес те-

ленка, а y — количество кормовых единиц, необходимых ему в поддерживающей норме (в кг).

В нижеследующей таблице 27 сделано сопоставление поддерживающих норм для молодняка рогатого скота, вычисленных по формуле Ми (при условии, что на 454 кг живого веса рогатому скоту требуется 4,24 кг кормовых единиц) и по приведенным выше формулам.

Табл. 27

Поддерживающие нормы для молодняка рогатого скота (на голову-сутки)

Живой вес кг	Кормовых единиц (кг)		Живой вес кг	Кормовых единиц (кг)	
	По формуле Ми	По формуле: $y = \frac{3 \cdot x}{100 + x}$		По формуле Ми	По формуле: $y = 0,75 + 0,0084x$
20	0,52	0,50	110	1,63	1,67
25	0,62	0,60	120	1,73	1,75
30	0,70	0,69	130	1,83	1,84
35	0,77	0,78	140	1,93	1,92
40	0,83	0,86	150	2,02	2,01
45	0,92	0,93	160	2,12	2,09
50	0,98	1,00	170	2,20	2,18
55	1,03	1,06	180	2,28	2,26
60	1,10	1,13	190	2,37	2,35
65	1,17	1,18	200	2,45	2,43
70	1,22	1,24	210	2,53	2,51
75	1,27	1,29	220	2,62	2,60
80	1,33	1,33	230	2,68	2,68
85	1,38	1,38	240	2,77	2,77
90	1,43	1,42	250	2,85	2,85
95	1,48	1,46	260	2,92	2,93
100	1,55	1,50	270	3,00	3,02
—	—	—	280	3,07	3,10
—	—	—	290	3,13	3,19
—	—	—	300	3,22	3,27

Как видно из таблицы, совпадение между теми и другими нормами получилось очень большое.

Что касается продуктивных норм для телят, т. е., норм на привес, которые брались в упомянутой работе по данным Армсби, то эти нормы легко формулируются таким уравнением прямой: $y = 1,6 + 0,16 \cdot x$, где под x разумеется текущий месяц возраста теленка, а под y — количество кг кормовых единиц, которое необходимо добавить в сутки к поддерживающей норме на каждый килограмм привеса; так, например, если теленку идет второй месяц, то, значит, на каждый килограмм привеса ему необходимо в добавление к поддерживающей норме давать: $y = 1,6 + 0,16 \cdot 2 = 1,92$ кг кормовых единиц.

Таким образом, из приведенных примеров видно, что и отдельные кормовые нормы тоже могут быть формулированы аналитически.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическое значение математической интерпретации кормовых норм заключается прежде всего в том, что этот метод дает возможность выявить и сформулировать ту функциональную зависимость между живым весом (возрастом) растущего молодого организма и

его потребностью в питательных веществах, которая лежит в основе тех или иных кормовых норм. Этот метод дает возможность формулировать эту зависимость очень сжато, кратко и вместе с тем вполне определенно. В обычных таблицах кормовых норм для молодняка, в которых нормы даются для 4—5 случаев, как, например, в нормах Хансона для телят, эту зависимость нельзя уловить с такой определенностью, с какой эта зависимость выявляется при аналитической формулировке кормовых норм. Благодаря математическому оформлению этой функциональной зависимости, получается возможность составлять с какой угодно степенью детализации таблицы кормовых норм, которые будут выгодно отличаться от прежних обычных таблиц, где нормы даются только для небольшого числа отдельных случаев возраста и живого веса, и которые вследствие этого носят характер отрывочных указаний. В противоположность этому таблицы, составленные на основе аналитической формулировки кормовых норм, будут иметь характер детальных и систематических указаний и отвечать на любой случай живого веса животного, конечно, как было отмечено раньше, в пределах тех размеров живого веса, для которых выведена данная аналитическая формулировка.

Для иллюстрации сказанного составим на основании аналитической формулировки таблицы кормовых норм для молодняка молочного скота и племенных свиней.

Табл. 28.

Кормовые нормы для молодняка молочного скота

Живой вес кг	Кормовых единиц кг	Перевар. белка кг	Живой вес кг	Кормовых единиц кг	Перевар. белка кг	Живой вес кг	Кормовых единиц кг	Перевар. белка кг
70	2,47	0,238	205	4,26	0,373	340	5,00	0,423
75	2,58	0,247	210	4,30	0,376	345	5,02	0,424
80	2,68	0,255	215	4,33	0,378	350	5,04	0,425
85	2,78	0,263	220	4,37	0,381	355	5,06	0,427
90	2,88	0,271	225	4,40	0,383	360	5,07	0,428
95	2,97	0,278	230	4,44	0,386	365	5,09	0,429
100	3,05	0,285	235	4,47	0,388	370	5,11	0,430
105	3,14	0,291	240	4,50	0,390	375	5,13	0,431
110	3,22	0,297	245	4,53	0,392	380	5,14	0,432
115	3,29	0,303	250	4,56	0,394	385	5,16	0,433
120	3,36	0,309	255	4,59	0,396	390	5,18	0,434
125	3,43	0,314	260	4,62	0,398	395	5,19	0,435
130	3,50	0,319	265	4,65	0,400	400	5,21	0,436
135	3,56	0,323	270	4,68	0,402	—	—	—
140	3,62	0,328	275	4,70	0,403	—	—	—
145	3,68	0,332	280	4,73	0,405	—	—	—
150	3,74	0,337	285	4,76	0,407	—	—	—
155	3,80	0,341	290	4,78	0,409	—	—	—
160	3,85	0,345	295	4,81	0,410	—	—	—
165	3,90	0,348	300	4,83	0,412	—	—	—
170	3,95	0,352	305	4,85	0,413	—	—	—
175	4,00	0,355	310	4,88	0,415	—	—	—
180	4,04	0,359	315	4,90	0,416	—	—	—
185	4,09	0,361	320	4,92	0,418	—	—	—
190	4,13	0,365	325	4,94	0,419	—	—	—
195	4,18	0,368	330	4,96	0,420	—	—	—
200	4,22	0,371	335	4,98	0,422	—	—	—

Кормовые нормы для молодняка племенных свиней

Живой вес кг	Кормовых единиц кг	Перевари- мого белка кг	Живой вес кг	Кормовых единиц кг	Перевари- мого белка кг
10	0,71	0,083	66	2,63	0,192
12	0,83	0,094	68	2,66	0,193
14	0,94	0,103	70	2,70	0,195
16	1,05	0,111	72	2,73	0,196
18	1,15	0,119	74	2,77	0,197
20	1,25	0,125	76	2,80	0,198
22	1,34	0,131	78	2,83	0,199
24	1,43	0,137	80	2,87	0,200
26	1,51	0,141	82	2,90	0,201
28	1,59	0,146	84	2,93	0,202
30	1,66	0,150	86	2,95	0,203
32	1,74	0,154	88	2,98	0,204
34	1,81	0,157	90	3,01	0,205
36	1,87	0,161	92	3,04	0,205
38	1,94	0,164	94	3,06	0,206
40	2,00	0,166	96	3,09	0,207
42	2,06	0,170	98	3,11	0,207
44	2,12	0,173	100	3,14	0,208
46	2,17	0,175	102	3,16	0,209
48	2,23	0,177	104	3,18	0,210
50	2,28	0,179	106	3,20	0,210
52	2,32	0,181	108	3,23	0,211
54	2,37	0,182	110	3,25	0,211
56	2,42	0,184	112	3,27	0,212
58	2,46	0,186	114	3,29	0,212
60	2,50	0,188	116	3,31	0,213
62	2,55	0,189	118	3,33	0,213
64	2,59	0,190	120	3,35	0,214

Р Е З Ю М Е

1. Изучение кормовых норм для растущего молодняка с-х животных обнаружило, что функциональная зависимость между живым весом животного и его потребностью в питательных веществах может быть формулирована аналитически.

2. Большинство кормовых норм для растущего молодняка наиболее точно формулируются уравнениями ректангулярной гиперболы:

$(y = \frac{a}{x+b})$, а для некоторых случаев пригодно уравнение прямой:

$(y = a + bx)$. В этих уравнениях x означает живой вес в кг, а y — кормовую норму.

3. Постоянные величины a и b , входящие в уравнения, которые формулируют ту или иную кормовую норму, находились при помощи метода наименьших квадратов.

4. В результате исследования получены следующие уравнения для формулировки кормовых норм:

а) для норм, включающих в себе поддерживающий и продуктивный корм вместе (нераздельных норм)

Вид животного	Автор нормы	Уравнения для вычисления кормовых норм из расчета:		Для каких пределов живого веса выведено и пригодно уравнение
		на 100 кг живого веса	на абсолютный живой вес	
Молодняк молочного скота	Хансон	$y = \frac{683}{x + 123}$	$k = \frac{6,83 \cdot x}{x + 123}$	70—450 кг
тоже	тоже	$y = \frac{53}{x + 86}$	$p = \frac{0,53 \cdot x}{x + 86}$	тоже
Племенные свиньи	тоже	$y = \frac{505}{x + 61}$	$k = \frac{5,05 \cdot x}{x + 61}$	10—120 кг
тоже	тоже	$y = \frac{25}{x + 20}$	$p = \frac{0,25 \cdot x}{x + 20}$	тоже
Откормочные свиньи	тоже	$y = \frac{812}{x + 106}$	$k = \frac{8,12 \cdot x}{x + 106}$	10—130 кг
тоже	тоже	$y = \frac{36}{x + 34}$	$p = \frac{0,36 \cdot x}{x + 34}$	тоже
Ягнята	тоже	$y = \frac{80}{x - 0,5}$	$k = \frac{0,8 \cdot x}{x - 0,5}$	28—50 кг
тоже	тоже	$y = \frac{3,8}{x - 14}$	$p = \frac{0,038 \cdot x}{x - 14}$	тоже
Рогатый скот молочных и рабочих пород	Кельнер	$y = \frac{455}{x + 168}$	$k = \frac{4,55 \cdot x}{x + 168}$	70—400 кг
Рогатый скот мясных пород	тоже	$y = \frac{582}{x + 210}$	$k = \frac{5,82 \cdot x}{x + 210}$	75—430 кг
Ягнята шерстных пород	тоже	$y = \frac{38}{x - 4}$	$k = \frac{0,38 \cdot x}{x - 4}$	28—45 кг
тоже	тоже	$y = \frac{3,6}{x - 17}$	$p = \frac{0,036 \cdot x}{x - 17}$	тоже

а) для норм, включающих в себе поддерживающий и продуктивный корм вместе (нераздельных норм)

Вид животного	Автор нормы	Уравнения для вычисления кормовых норм из расчета:		Для каких пределов живого веса выведено и пригодно уравнение
		на 100 кг живого веса	на абсолютный живой вес	
Ягнята мясных пород	Кельнер	кг крахмальных эквивалентов $y = \frac{91}{x + 22}$		30—70 кг
тоже	тоже	кг переваримого белка $y = \frac{8,8}{x - 11}$		тоже
Свиньи	Митчел	терм физиологически-полезной энергии $y = \frac{1608}{x + 102}$		13,6—113,4 кг
тоже	тоже	терм чистой энергии $y = \frac{1218}{x + 102}$		тоже
тоже	тоже	кг переваримого протеина $y = \frac{15}{x + 11}$		тоже
Куры породы леггорн		кг зернового корма $y = \frac{14}{x + 0,7}$		0,036—1,53 кг
Куры породы род-айланд		кг зернового корма $y = \frac{14,6}{x + 0,68}$		0,036—1,95 кг
б) для раздельных кормовых норм				
Вид животного	Автор нормы	Уравнения для поддерживающей кормовой нормы из расчета:		При живом весе кг
		на 100 кг живого веса	на абсолютный живой вес	
Свиньи	Попов	кг крахмальных эквивалентов $y = \frac{143}{x + 40}$		40—120 кг
Рогатый скот	Найденов	кг овсяных кормовых единиц $y = \frac{300}{x + 100}$		20—100 кг
тоже	тоже			$k = 0,75 + 0,0084 x$ 101—300
Свиньи	Попов	Уравнения для продуктивной нормы (на прирост 1 кг жив. веса) $y = 1 + 0,0066 x$ кг крах. экв.		16—90 кг

Рогатый
скот

Армсби

(в последнем уравнении x означает текущий месяц возраста теленка)

$$y = 1,6 + 0,16x \text{ кг овсян. к.е.}$$

при возрасте от
рождения до 1 года

Prof. N. V. NAIDENOV

The Analytic Formulation of Feeding Standards

S u m m a r y

1. The study of feeding standards for growing young live-stock has revealed that the functional relation between live weight and maintenance requirement in nutrients may be formulated analytically.

2. The most part of feeding standards for growing young live-stock may be formulated by equations of rectangular hyperbola ($y = \frac{a}{b+x}$), and for certain cases the equation of a straight line ($y = a + bx$) is available. In these equations x represents the live weight in kg, and y—amount of nutrients required (expressed in food units, starch value and in kg true protein).

3. The values of the constants „a“ and „b“ of those equations which formulate any feeding standard were determined by means of the method of least squares.

4. As results of investigation the following equations for the formulation of feeding standards have been received:

a) for total standards including maintenance requirement and nutrients for gain of live weight.

Animals	Author of standard	Equations for the computation of feeding standards		For what limits of the live weight is the equation derived and available
		per day and 100 kg live weight	per day and head	
Young dairy cattle	Hansson	$y = \frac{683}{x + 123}$	$k = \frac{6,83x}{x + 123}$	70—450 kg
Young dairy cattle	Hansson	$y = \frac{53}{x + 86}$	$p = \frac{0,53x}{x + 86}$	70—450 kg
Purebred swines	Hansson	$y = \frac{505}{x + 61}$	$k = \frac{5,05x}{x + 61}$	10—120 kg
Purebred swines	Hansson	$y = \frac{25}{x + 20}$	$p = \frac{0,25x}{x + 20}$	10—120 kg

Animals	Author of standard	Equations for the computation of feeding standards		For what limits of the live weight is the equation derived and available.
		per day and 100 kg live weight	per day and head	
Fattening swines	Hansson	$y = \frac{812}{x + 106}$	$k = \frac{8,12 x}{x + 106}$	10—130 kg
Fattening swines	Hansson	$y = \frac{36}{x + 34}$	$p = \frac{0,36 x}{x + 34}$	10—130 kg
Lambs	Hansson	$y = \frac{80}{x - 0,5}$	$k = \frac{0,8 x}{x - 0,5}$	28—50 kg
Lambs	Hansson	$y = \frac{3,8}{x - 14}$	$p = \frac{0,038 x}{x - 14}$	28—50 kg
Young dairy cattle	Kellner	$y = \frac{455}{x + 168}$	$k = \frac{4,55 x}{x + 168}$	70—400 kg
Beef cattle	Kellner	$y = \frac{582}{x + 210}$	$k = \frac{5,82 x}{x + 210}$	75—430 kg
Lambs of wool breeds	Kellner	$y = \frac{38}{x - 4}$	$k = \frac{0,38 x}{x - 4}$	28—45 kg
Lambs of wool breeds	Kellner	$y = \frac{3,6}{x - 17}$	$p = \frac{0,036 x}{x - 17}$	28—45 kg
Lambs of meat breeds	Kellner	$y = \frac{91}{x + 22}$	$k = \frac{0,91 x}{x + 22}$	30—70 kg
Lambs of meat breeds	Kellner	$y = \frac{8,8}{x - 11}$	$p = \frac{0,088 x}{x - 11}$	30—70 kg
Swines	Mitchell	$y = \frac{1608}{x + 102}$	$k = \frac{16,1 x}{x + 102}$	13,6—113,4 kg
Swines	Mitchell	$y = \frac{1218}{x + 102}$	$k = \frac{12,2 x}{x + 102}$	13,6—113,4 kg
Swines	Mitchell	$y = \frac{15}{x + 11}$	$p = \frac{0,15 x}{x + 11}$	13,6—113,4 kg

Animals	Author of standards	Equations for the computation of feeding standards		For what limits of the live weight is the equation derived and available
		per day and 100 kg live weight	per day and head	
Leghorn		kg grain food $y = \frac{14}{x + 0,7}$		0,036—1,53 kg $k = \frac{0,14 x}{x + 0,7}$
Rhod-Island		kg grain food $y = \frac{14,6}{x + 0,68}$		0,036—1,95 kg $k = \frac{0,146 x}{x + 0,68}$
b) for maintenance requirement standards and for gain production standards (separately)				
Animals	Author of standards	Equations for maintenance requirement standards		kg live weight
		per day and 100 kg live weight	per day and head	
Swines	Popov	kg starch equivalents $y = \frac{143}{x + 40}$		40—120 kg $k = \frac{1,43 x}{x + 40}$
Young dairy cattle	Naidenov	kg oat food units $y = \frac{300}{x + 100}$		20—100 kg $k = \frac{3 x}{x + 100}$
Young dairy cattle	Naidenov		$k = 0,75 + 0,0084 x$	101—300 kg
		Equation for production standards (per kg of increase in live weight in addition to the maintenance requirement)		
Swines	Popov	kg starch equivalents $y = 1,0 + 0,0066 x$		16—90 kg
Cattle	Armsby	kg oat food units $y = 1,6 + 0,16 x$		At the age from the birth to 1 year
(In the last equation x means current month of the age of calf)				