

В. А. СЛПУНОВ,

доктор с.-х. наук;

Л. И. БУРГАНСКАЯ,

ст. преподаватель

ПЛАНИРОВАНИЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА НА НАУЧНОЙ ОСНОВЕ

При организации кормовой базы в колхозах и совхозах важное значение имеет установление научно обоснованной структуры производства кормов, что связано со специализацией хозяйства и направлением развития животноводства. Расчеты, которыми пользуются до настоящего времени агрономы и зоотехники при подсчете потребности в кормах для животноводства, весьма трудоемки и часто дают несколько вариантов решений. Выбрать лучшие из них бывает трудно. Для решения этой задачи удобно пользоваться математическими методами и современными электронно-вычислительными машинами, которые позволяют быстро решить сложные экономические задачи и выбрать оптимальные варианты рационов для кормления животных.

В 1967 г. нами проводилась работа по нахождению оптимальных условий развития кормовой базы и животноводства в совхозе им. Фрунзе Минского района с применением методов линейного программирования. Это пригородное учебно-опытное хозяйство молочного направления с большой распаханностью земель. Всего имеется 2259 га сельскохозяйственных угодий, в том числе 2100 га пашни. Основой кормовой базы для молочного скота являются в летний период посевы однолетних и многолетних трав, используемые как пастбище и зеленая подкормка. В зимний период основными кормами являются силос из кукурузы и кормового люпина, яровая солома, сено сеяных трав и зерновые концентраты (ячмень, овес, рожь). Средняя урожайность и себестоимость

кормов в учхозе по многолетним данным приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средняя урожайность и себестоимость кормов в совхозе им. Фрунзе (1962—1967 гг.)

Культуры	Урожайность, ц/га	Выход кормовых единиц, ц/га	Себестоимость, руб/ц	
			урожаи	кормовых единиц
Рожь озимая	14,7	1731	7,09	6,01
Ячмень	12,1	1459	9,77	8,07
Овес	18,7	1870	6,1	6,1
Картофель	109,2	3276	7,05	23,5
Кормовые корнеплоды	225,7	2934	2,46	20,5
Кукуруза на силос	99,1	1983	2,56	12,8
Многолетние на сено	25,4	1268	2,11	4,22
Многолетние на зеленый корм	129,6	2851	0,48	2,0
Люпин на силос	150,5	2407	1,76	11,0
Люпин на зеленый корм	115,5	1848	0,76	4,75
Однолетние на зеленый корм	105,2	1683	0,96	6,89

В хозяйстве имелось 1200 голов крупного рогатого скота черно-пестрой породы, в том числе 540 коров, 60 нетелей, 218 голов молодняка старше года и 382 головы молодняка до года. Структура стада была следующей: коров — 45%, нетелей — 5%, молодняка старше года — 19%, молодняка в возрасте до года — 31%.

По плану развития животноводства предусматривалось получить по 3 тыс. килограммов молока на корову в год, живой вес телят при рождении — 32 кг, в 6 месяцев — 155, в 12 месяцев — 260, в 18 месяцев — 355, вес нетелей на конец периода — 460, коров — 500 кг. Затраты кормовых единиц на 1 кг привеса для телят до 6 месяцев — 4,9, с 6 до 12 месяцев — 7,6, с 12 до 18 месяцев — 10, с 18 до 24 месяцев — 11,5, для нетелей — 17,3 кормовой единицы.

В соответствии с планом роста, развития и продуктивности животных в основу были положены общепринятые

нормы кормления по возрастным группам скота. Содержание питательных веществ в кормах взято по таблицам М. Ф. Томмэ¹.

Для решения задачи методом линейного программирования по нахождению оптимального кормового рациона нами была разработана подробная информация и соответствующая математическая модель.

Задача решалась в двух вариантах. В первом варианте в информации были наложены ограничения только на отдельные группы кормов; ограничения на отдельные корма в группах не накладывались. Такое решение задачи привело к выпадению из рационов таких всхожих кормов, как корма многолетних пастбищ, силос кукурузный, корнеплоды, яровая солома, зерно овса и ячменя. Эти рационы были признаны непригодными. Они не позволяют правильно использовать имеющиеся кормовые ресурсы хозяйства.

Во втором варианте задачи в дополнение к ограничениям на группы кормов были наложены ограничения на большинство отдельных кормов внутри группы (с целью получения более разнообразного по набору кормов рациона).

Для этого была задана основная структура годового рациона в процентах по питательности с учетом имеющегося разнообразия кормов в хозяйстве.

На большинство отдельных кормов было наложено ограничение сверху, т. е. ставилось требование, что содержание определенного корма по кормовым единицам не должно превышать определенного процента.

В целях лучшего использования возможностей хозяйства в большинстве рационов по возрастным группам скота на корма многолетних культурных пастбищ, солому ячменную и силос кукурузный были наложены ограничения снизу и сверху. Никаких ограничений не было наложено на сено клеверо-тимофесное, зеленый корм из этих трав, на зерно ячменя (табл. 2).

В результате решения второго варианта задачи был получен оптимальный рацион с учетом полноценности и минимальной себестоимости (табл. 3).

Сравнивая разработанные рационы для дойных коров

¹ Томмэ М. Ф. Кормовые рационы и нормы кормления с.-х. животных. Сельхозиздат, 1963.

Таблица 2

Заданная структура рационов по группам кормов и ограничения внутри групп на отдельные корма в процентах по питательности

К о р м а	Коровы	Нетели	Молодняк старше года	Молодняк до года
Грубые (всего)	22	21	15	18,63
В т. ч.:				
сено клеверо-тимофесчаное	Без ограничений			
солома ячменная	20—50	20—40	10—20	до 5
солома овсяная	до 50	до 50	до 30	до 5
Сочные (всего)	27	27	30	16
В т. ч.:				
силос кукурузный	40—80	30—70	50—90	20—60
силос люпиновый	до 50	10—20	до 50	10—20
кормовые корнеплоды	до 2	до 5	до 1	до 5
картофель	до 2	до 5	до 3	до 10
Зеленые (всего)	35	36	33	28
В т. ч.:				
корма многолетних пастбищ	60—100	70—100	60—90	30—70
клевер и тимофеевка	Без ограничений			
вика и овес	до 4	до 5	до 5	до 10
люпин	до 2	до 3	до 2	до 5
кормовая капуста	до 2	до 2	до 2	до 1
Концентраты (всего)	16	16	22	28
В т. ч.:				
рожь	до 20	до 20	до 20	до 15
ячмень	Без ограничений			
овес	до 30	до 50	до 20	20—60
комбикорм	—	—	—	до 80
Молочные корма (всего)	—	—	—	9,37
В т. ч.:				
молоко цельное	—	—	—	56,6
молоко снятое	—	—	—	43,4
Заданная питательность годовых рационов, кг:				
кормовых единиц	3500	2400	2045	1280
переваримого протеина	385	270	206	145
кальция	≥ 25,2	≥ 21,6	≥ 18,4	≥ 10,7
фосфора	≥ 16,8	≥ 14,4	≥ 12,3	≥ 7
каротина, г	≥ 146	≥ 84	≥ 72	≥ 38

Таблица 3

Потребность в кормах на 1968—1971 гг. в центнерах
на голову в год (оптимальный рацион)

К о р м а	Коровы	Петели	Молод- няк стар- ше года	Молод- няк до года
Грубые корма (всего)	11,1	13,2	11,1	5,0
В т. ч.:				
сено клеверо-тимо- феечное	7,9	2,7	3,4	4,3
солома ячменная	3,2	6,4	2,1	0,3
солома овсяная	—	4,1	5,6	0,4
Сочные (всего)	66,3	38,6	37,0	14,2
В т. ч.:				
силос кукурузный	28,0	13,0	8,3	2,0
силос люпиновый	21,4	20,2	3,4	1,3
кормовые корнеплоды	16,2	5,4	24,3	10,2
картофель	0,7	—	1,0	0,7
Зеленые корма (всего)	58,2	43,1	35,8	16,8
В т. ч.:				
корма многолетних настиш	35,7	38,6	25,8	5,4
клевер и тимофеевка	20,5	—	10,0	11,4
вика и овес	—	2,1	—	—
люпин кормовой	2,0	1,4	—	—
кормовая капуста	—	1,0	—	—
Концентраты (всего)	5,7	3,3	2,9	3,1
В т. ч.:				
рожь	1,1	0,6	—	—
ячмень	3,3	1,6	1,3	2,4*
овес	1,3	1,1	1,6	0,7
молоко цельное	—	—	—	2,0
молоко снятое	—	—	—	4,0

* Комбикорм в 1 кг содержит 0,95 корм. ед. и 150 г переваримого протеина.

с фактически израсходованными кормами за прошлый год в совхозе им. Фрунзе, следует отметить, что они меньше по весу содержат соломы, концентратов и сеяных трав, используемых на зеленый корм. В предлагаемых рационах больше содержится сена, силоса, что значительно улучшает зимнее кормление коров.

Кормовые затраты в денежном выражении на центнер молока по средней себестоимости кормов за последние пять лет при внедрении оптимальных рационов должны составлять 8 р. 19 к., а фактически в учхозе они равны 11 р. 25 к. В калькуляции себестоимости кормовых затрат в рекомендуемом рационе значительно сокращаются затраты на зеленые корма и концентраты по сравнению с фактическими затратами. Общая экономия затрат на корма по сравнению с предыдущим годом составит 27,2% (табл. 4).

Таблица 4

Себестоимость и структура затрат кормов на производство центнера молока в совхозе им. Фрунзе (1967 г.)

Показатели	Затраты, руб.	
	фактические	по оптимальному рациону
Надой молока на корову		
в год, кг	2840	3000
Всего затрат	19,84	—
В т. ч. зарплата	4,24	—
Стоимость всех кормов	11,25	8,19
Стоимость грубых кормов	0,39	0,59
В т. ч.:		
сена	0,26	0,46
соломы	0,13	0,12
Стоимость сочных кормов	5,17	5,15
В т. ч.:		
силоса	1,10	3,66
корнеплодов	1,27	1,33
картофеля	2,41	0,16
пивной дробины	0,39	—
Стоимость зеленых кормов	2,50	0,87
Стоимость концентратов	3,19	1,59

На основании разработанных рационов была рассчитана годовая потребность в кормах для всего стада молочного скота учхоза и определена площадь посева кормовых культур с учетом их урожайности (табл. 5).

В 1968 г. мы решили методом параметрического линейного программирования найти структуру стада крупного рогатого скота при заданной земельной площади и

Таблица 5

Потребность в кормах и распределение посевных площадей
кормовых культур (1968—1971 гг.)

Кормовая культура	Урожай- ность, ц/га	Потреб- ность в кормах, т	Площадь под кормо- вые культу- ры, га
Рожь на зернофураж	14,7	63	42,8
Ячмень на зернофураж	12,1	307,8	254,4
Овес на зернофураж	18,7	138,4	74,0
Картофель	109,2	86,3	7,9
Кормовые корнеплоды	225,7	1826,6	80,9
Капуста кормовая	200,0	6,0	0,3
Кукуруза на силос	99,1	1847,3	186,4
Люпин на силос	150,5	1400,6	93,0
Люпин на зеленый корм	115,5	116,4	10,1
Вика, овес и другие одно- летние на зеленый корм	105,2	12,6	1,2
Многолетние пастбища	82,6	2928,1	354,5
Клевер и тимopheевка на зеленый корм	129,6	1760,5	135,8
Клевер и тимopheевка на сено	25,4	681,2	268,2
Солома ячменная	—	268,4	—
Солома овсяная	—	162,0	—
Всего			1509,5

структуре кормового рациона (табл. 3). При этом за-
данная молочная продуктивность коров менялась от
2700 до 3200 кг в год. Оптимальным условием было по-
лучение наибольшего дохода и наименьших денежных за-
трат в хозяйстве.

Для решения задачи были разработаны исходные
данные с учетом состояния и плана развития животно-
водства в хозяйстве на 1969—1970 гг., которые положены
в основу расчетов (табл. 6).

Структура стада определяет направление животно-
водства. Она зависит от степени воспроизводства, интен-
сивности использования и выбраковки коров, поступле-
ния приплода, возраста перевода телок в нетели и реали-
зации сверхремонтного молодняка. С учетом всех этих
возможностей можно составить множество структур.

Исходные данные и обозначения

Исходные данные	Количество	Обозначения
Наименьшее количество коров в стаде	500	$A = 42\%$
Общее количество голов крупного рогатого скота	1200	
Количество телят на 100 коров	90	$P = 0,9$
Прирост стада в процентах (перевод телок в нетели в 18 месяцев в %)	5 (0)	$T = 0,05 (0)$
Выбраковка коров в % (в т. ч. живым весом 420 кг)	15 (10)	$d = 0,15 (0,1)$
Процент бычков в приплоде, сдаваемых на мясо живым весом 260 кг при суточном привесе 500 г	50	$\delta_1' = 0,5$
Количество бракованных телок в %	20	$\delta_2 = 0,7$
Продано телок на племя по цене 209 руб. за 1 ц живого веса	70	$\delta_3 = 0,18$
Нижняя и верхняя граница годового удоя, кг	2700--3200	$\gamma_1 = 2700$ $\gamma_2 = 3200$
Фактические затраты на 1 ц молока в хозяйстве, руб.	19,84	
Цена реализации 1 ц молока базисной жирности, руб.	16	
Сдаточная цена в среднем 1 ц мяса в живом весе, руб.	138,72	
Фактические затраты на производство 1 ц мяса в живом весе, руб.	119,81	

Вышеприведенные условия, а также условия, связывающие отдельные группы, можно записать в виде линейных неравенств. Поэтому возможно решение методами линейного программирования. В качестве критерия

оптимальности мы брали получение наибольшего дохода по валовой продукции в денежном выражении, наибольшего чистого дохода по валовой продукции за вычетом себестоимости и наименьшие затраты. Эти критерии могут быть записаны в виде требования достижения максимума или минимума соответствующей линейной формы.

Для решения этой задачи нами разработана следующая математическая модель.

Найти максимум линейных форм:

$$I. (c_{11} - c_{12})t x_{11} + [(c_{31} - c_{12})\alpha t + c_{12}]x_{12} + \sum_{i=1}^n [c_{12} x_{12} + c_{13} x_{13} - c_{11} (x_{11} + x_{12} + x_{13})] - c_{22} x_{21};$$

$$II. c_{11}t x_{11} + (c_{11}\alpha t + c_{13}) x_{12} + \sum_{i=3}^n [c_{12} x_{12} + c_{13} x_{13}].$$

Найти минимум линейной формы:

$$III. c_{12}t x_{11} + c_{12}\alpha t x_{12} + c_{22}x_{21} + \sum_{i=3}^n c_{11} (x_{11} + x_{12} + x_{13}).$$

Условия:

$$(1) x_{11} + x_{12} + x_{21} + \sum_{i=3}^n (x_{11} + x_{12} + x_{13}) = 100 - \text{общее}$$

количество скота в процентах;

(2) $x_{11} + x_{12} \geq A$ — количество коров должно быть не меньше минимальной границы;

(3) $x_{n1} + x_{n2} + x_{n3} \leq p \frac{\beta_n}{\beta_1} (x_{11} + x_{12})$ — ограничения на количество телят в период 0—6 месяцев;

(4) $d(x_{11} + x_{12}) \leq B_2 \left(1 - T \frac{\beta_2}{\beta_1} \right) \frac{\beta_1}{\beta_2} x_{21}$ — связь между воспроизводством коров и количеством нетелей;

(5) $x_{21} \leq B_3 \left(1 - T \frac{\beta_3}{\beta_1} \right) \frac{\beta_2}{\beta_3} x_{21}$ — связь между количеством нетелей и количеством молодняка старшей группы;

(6) $x_{12} \leq d(x_{11} + x_{12})$ — ограничение на количество выбракованных коров;

$$(7) \quad x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} \leq B_{i+1} \left(1 - T \frac{\beta_{i+1}}{\beta_i}\right) \frac{\beta_i}{\beta_{i+1}} x_{i+1}, \quad i=3, \overline{n-1}$$

— связь между различными группами молодняка;

$$(8) \quad \sum_{i=3}^n \prod_{k=i}^{n-1} \left(1 + T \frac{\beta_k}{\beta_1}\right) x_{i2} + x_{n2} \geq \delta_1 (x_{n1} + x_{n2} + x_{n3})$$

— количество молодняка, продаваемого на мясо, должно быть не меньше количества бычков в приплоде;

$$(9) \quad \sum_{i=3}^n \prod_{k=i}^{n-1} \left(1 - T \frac{\beta_k}{\beta_1}\right) x_{i2} + x_{n2} \leq \delta_2 (x_{n1} + x_{n2} + x_{n3})$$

— ограничение сверху на количество молодняка, подлежащего выбраковке:

$$(10) \quad \sum_{i=3}^n \prod_{k=i}^{n-1} \left(1 + T \frac{\beta_k}{\beta_1}\right) x_{i3} + x_{n3} \leq \delta_3 (x_{n1} + x_{n2} + x_{n3})$$

— ограничение на количество молодняка, продаваемого на племя;

$$(11) \quad x_{ij} \geq 0; \quad i = 1, \overline{n}; \quad j = 1, 2, 3;$$

$$(12) \quad \gamma_1 \leq t \leq \gamma_2.$$

Обозначения:

t — продуктивность коров;

x_{11} — процент коров, остающихся в стаде;

x_{i2} — количество коров, подлежащих выбраковке в течение года;

x_{21} — количество нетелей;

x_{i1} — количество голов i -той группы молодняка, остающихся в стаде;

x_{i2} — количество голов i -той группы молодняка, подлежащих выбраковке;

x_{i3} — количество голов i -той группы молодняка, подлежащих продаже на племя ($i = 3, 4, \dots, n$, где n соответствует самой младшей группе молодняка);

A — минимальное количество коров на 100 голов;

B_i — коэффициент выживаемости i -той группы;

T — темп прироста коров в стаде;

d — коэффициент воспроизводства коров;

β_i — период, в течение которого i -тая группа содержится в стаде (затем происходит обновление);

- α — коэффициент, характеризующий, в какой период происходит выбраковка коров;
- δ_1 — процент бычков среди младшей группы;
- δ_2 — минимальное количество молодняка, подлежащего выбраковке (в процентах к младшей группе);
- δ_3 — максимальное количество молодняка, подлежащего продаже на племя (в процентах к младшей группе);
- c_{11} — цена реализации 1 ц молока;
- c_{12} — затраты на получение 1 ц молока;
- c_{12}' — цена реализации 1 коровы, выбракованной на мясо;
- c_{22} — затраты на содержание 1 головы нетелей в течение периода;
- c_{i1} — стоимость содержания 1 головы i -той группы скота в течение периода;
- c_{i2} — стоимость головы i -той группы скота при продаже на мясо;
- c_{i3} — стоимость головы i -той группы скота при продаже на племя.

В каждой группе молодняка выделено три подгруппы. В первую входит молодняк данного возраста, оставленный в стаде, во вторую — идущий на выбраковку (на мясо), в третью — молодняк, продаваемый на племя. Это дает возможность не только выяснить, какое количество молодняка данного возраста надо оставлять для воспроизводства стада, но и позволяет установить, в каком возрасте и сколько молодняка выгодно выбраковывать и продавать на племя в зависимости от различных критериев оптимальности.

В качестве критериев оптимальности приняты следующие показатели:

1. Получение максимального чистого дохода по валовой продукции в денежном выражении за вычетом себестоимости продукции.
2. Получение максимального дохода по валовой продукции в денежном выражении.
3. Минимальные затраты на содержание скота в денежном выражении.

При этом затраты в одном случае берутся фактические, а в другом — равные продажной цене продукции. Затем составляются уравнения, характеризующие соот-

ношения между различными группами скота. Исходим из того, что количество голов в старшей группе не должно быть больше, чем в примыкающей к ней младшей группе, оставленной на воспроизводство стада. Кроме того, если имеет место расширенное воспроизводство стада, то

вводится поправочный коэффициент $(1 - T \frac{\beta_{i+1}}{\beta_1})$, где

T — темп или величина прироста коров в стаде, β_1 — период, на который рассчитано содержание коров (обычно год), β_{i+1} — период содержания в стаде соответствующей группы. Вводится также множитель β_{i+1} , указывающий на коэффициент выживаемости или сохранения данной группы животных. Также вводится коэффициент $\frac{\beta_i}{\beta_{i+1}}$. Это связано с тем, что разные группы скота

содержатся в стаде разный период времени. Мы брали для молодняка периоды по 6, для нетелей — по 9, для коров — по 12 месяцев (табл. 7). Сравнение же по количеству голов различных групп можно производить лишь при условии равных периодов содержания. Поэтому берем количество голов и отношение к периодам содержания.

В уравнение, связывающее количество коров и нетелей, вводится дополнительно коэффициент воспроизводства коров d . Это связано с тем, что лишь определенный процент коров заменяется в текущем году нетелями. Часть коров выбраковывается, поэтому группа коров разделена на две части: x_{11} и x_{12} . Величина x_{12} соответствует той части коров, которая выбраковывается. В линейной форме вводится перед этой переменной коэффициент α , так как эта группа содержится в стаде полный период. Соотношение между группами задано с учетом расширенного воспроизводства стада коров.

Чтобы установить соотношение между приплодом и количеством коров, используется коэффициент P , показывающий, сколько молодняка младшего возраста приходится на одну корову. Мы исходили из того, что $P = 0,9$.

Последние уравнения накладывают ограничения сверху и снизу на количество молодняка, выбраковываемого на мясо. Нижняя граница обусловлена тем, что все бычки выбраковываются на мясо к 18 месяцам. Также

задана верхняя граница молодняка, продаваемого на племя. Параметр t , входящий в уравнение, означает продуктивность одной коровы в год.

Таблица 7

Технико-экономические коэффициенты по возрастным группам скота

Технико-экономические коэффициенты	Молодняк			Нете-ли	Коровы на выбраковку
	0-6 мес.	6-12 мес.	12-18 мес.	18-27 мес.	27 мес.
Группировка животных	V	IV	III	III	I
Продолжительность периода в месяцах	6	6	6	9	6
Вес в конце периода, ц	1,55	2,6	3,55	4,60	5,00
Привес в течение периода, ц	1,23	1,05	0,95	1,05	0,4
Стоимость одной головы при продаже по мясу (1 ц стоит 138,72 руб.), руб.	215,02	360,67	492,46	638,11	693,6
Стоимость одной головы при продаже на племя (1 ц стоит 209 руб.), руб.	323,95	543,4	741,95	961,4	--
Стоимость содержания одной головы в течение периода (1 ц мяса стоит 119,8 руб., 1 ц молока — 19,84 руб.), руб.	147,37	125,8	113,82	125,8	9,92 t
Стоимость содержания одной головы в течение периода (1 ц мяса стоит 138,72 руб., 1 ц молока — 16 руб.), руб.	170,63	145,66	131,78	145,66	8 t

На основании приведенных данных и вышеописанной математической модели поставлена следующая задача:

Найти минимум линейной формы:

$$I. 19,84x_1 + 9,92(x_2 + 125,8x_3 + 113,82(x_4 + x_5 + x_6) + 125,8(x_7 + x_8 + x_9) + 147,37(x_{10} + x_{11} + x_{12})).$$

Найти максимум линейной формы:

$$II. 16x_1 + (81 + 693,6)x_2 + 492,46x_3 + 741,95x_4 + 360,67x_5 + 543,4x_6 + 215,02x_{11} + 323,95x_{12};$$

$$\text{III. } - 3,84x_1 + (693,6 - 1,92)x_2 - 125,8x_3 - 113,82x_4 + \\ + 378,65x_5 + 628,13x_6 - 125,8x_7 + 234x_8 + 417,6x_9 - \\ - 147,37x_{10} + 67,65x_{11} + 176,58x_{12};$$

$$\text{IV. } 693,6x_2 + 360,67x_5 + 610,17x_6 + 215,02x_8 + 397,74x_9 + \\ + 44,39x_{11} + 153,33x_{12}.$$

Условия:

I. Расширение воспроизводства стада (прирост 5%):

$$(1) x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + \\ + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{22} = 100;$$

$$(2) x_1 + x_2 + x_{13} + x_{23} = 42;$$

$$(3) - 0,45x_1 - 0,45x_2 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} = 0;$$

$$(4) x_7 + x_8 + x_9 - 0,975x_{10} + x_{15} = 0;$$

$$(5) x_4 + x_5 + x_6 - 0,975x_7 + x_{16} = 0;$$

$$(6) x_3 - 1,46x_4 + x_{17} = 0;$$

$$(7) x_2 - 0,642x_3 + x_{18} = 0;$$

$$(8) - 0,15x_1 + 0,85x_2 + x_{19} = 0;$$

$$(9) - 1,05x_5 - 1,025x_8 + 0,5x_{10} - 0,5x_{11} + 0,5x_{12} + x_{20} = 0;$$

$$(10) 1,05x_5 + 1,025x_8 - 0,7x_{10} + 0,3x_{11} - 0,7x_{12} + x_{21} = 0;$$

$$(11) 1,05x_6 + 1,025x_9 - 0,18x_{10} - 0,18x_{11} + 0,82x_{12} + x_{24} = 0.$$

II. Стабильное стадо:

$$(1) x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + \\ + x_{12} + x_{22} = 100;$$

$$(2) x_1 + x_2 + x_{13} + x_{23} = 42;$$

$$(3) - 0,45x_1 - 0,45x_2 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} = 0;$$

$$(4) x_7 + x_8 + x_9 - x_{10} + x_{15} = 0;$$

$$(5) x_4 + x_5 + x_6 - x_7 + x_{16} = 0;$$

$$(6) x_3 - 1,5x_4 + x_{17} = 0;$$

$$(7) x_2 - 0,67x_3 + x_{18} = 0;$$

$$(8) - 0,1x_1 + 0,9x_2 + x_{19} = 0;$$

$$(9) - x_5 - x_8 + 0,5x_{10} - 0,5x_{11} + 0,5x_{12} + x_{20} = 0;$$

$$(10) x_5 + x_8 - 0,7x_{10} + 0,3x_{11} - 0,7x_{12} + x_{21} = 0;$$

$$(11) x_6 + x_9 - 0,18x_{10} - 0,18x_{11} + 0,82x_{12} + x_{24} = 0.$$

Первая линейная форма дает минимальные затраты на содержание всех возрастных групп животных, вторая — максимальный доход в виде валовой продукции в денежном выражении. В третьем варианте за максимум взят наибольший чистый доход по валовой продукции в денежном выражении за вычетом фактической себестоимости её. В четвертом случае за максимум взята валовая продукция в денежном выражении за вычетом цены реализации её (молока, мяса).

Таблица 8

Варианты решения задачи в зависимости от прироста стада (возрастные группы скота в %)

Группа скота	Прирост стада 5 %				Стабильное стадо			
	Наименьшие затраты	Наибольший доход	Наибольший чистый доход	Наибольшая чистая прибыль	Наименьшие затраты	Наибольший доход	Наибольший чистый доход	Наиб. чистая прибыль
Варианты задач (x)	1	2	3	4	1	2	3	
Коровы:								
Остаются в стаде (x_1)	35,70	55,06	35,70	35,70	37,80	67,56	37,80	37,80
Выбраковка на								
мясо (x_2)	6,30	9,72	6,30	6,30	4,20	7,51	4,20	4,20
Истели в стаде (x_3)	7,62	7,59	4,92	4,92	8,00	5,65	3,16	3,16
Молодняк старше года								
Остается в стаде (x_4)	5,22	5,20	3,37	3,37	5,33	3,76	2,11	2,11
Слача на мясо (x_5)	8,20	0	10,77	9,14	8,33	0	11,70	12,84
Продажа на								
племя (x_6)	2,95	0	3,11	3,24	3	0	3,40	3,30
Молодняк 6—12 месяцев								
Остается в стаде (x_7)	16,79	5,33	17,69	16,16	16,67	3,76	17,20	18,25
Слача на мясо (x_8)	0	0	0	2,27	0	0	1,53	0
Продажа на								
племя (x_9)	0	0	0	0	0	0	0	0
Молодняк до 6 месяцев								
Остается в стаде (x_{10})	17,22	5,47	18,14	18,90	16,67	3,76	18,90	18,34
Слача на								
мясо (x_{11})	0	8,55	0	0	0	5,88	0	0
Продажа на								
племя (x_{12})	0	3,08	0	0	0	2,12	0	0

Пояснения критерия оптимальности по вариантам задачи:

1. Наименьшие затраты производства приводятся в денежном выражении.

2. Наибольший доход — валовая продукция в денежном выражении.

3. Наибольший чистый доход — валовая продукция в денежном выражении за вычетом фактической себестоимости продукции.

4. Наибольшая чистая прибыль — валовая продукция в денежном выражении за вычетом цены реализации продукции.

Из табл. 8 видно, что, когда за критерий оптимальности взяты наименьшие затраты и наибольший чистый доход (т. е. тоже учтены затраты), получается минимальное количество коров в стаде, а когда критерием оптимальности выбирается только доход, выраженный в валовой продукции, количество коров в стаде увеличивается до 64% в первой задаче и до 75% во второй. Значит, содержание коров выгодно с точки зрения получения дохода и невыгодно с точки зрения затрат. Это указывает на необходимость снижения затрат на производство молока.

Во втором случае (наибольший доход) стадо получает молочное направление при продаже молодняка в возрасте до 6 месяцев, что практически невозможно. Во всех остальных трех случаях стадо имеет тенденцию к мясному направлению. Молодняк выгодно продавать в возрасте 12—18 месяцев (табл. 9).

Таблица 9
Структура реализации мяса в %

Группа скота	Прирост стада на 5 %		Стабильное стадо	
	Наименьшие затраты	Наибольший чистый доход*	Наименьшие затраты	Наибольший чистый доход*
Коровы:				
по весу	44	38	34	26
по количеству голов	36	30	27	20
Молодняк старше года:				
по весу	56	62	64	74
по количеству голов	64	70	73	80

* Валовая продукция в денежном выражении за вычетом себестоимости ее.

Анализируя результаты решения всех задач по структуре стада, кроме второго варианта, следует отметить, что они близки к общепринятым расчетам, определяемым по обороту стада. Это указывает на правильность решений. Во всех вариантах, кроме второго, в структуре стада в среднем имеется 42% коров, 3—8% нетелей, 16—18% молодняка старше года и 34—37% молодняка до года (табл. 10).

Таблица 10

Оптимальная структура стада крупного рогатого скота в %

Группа скота	Прирост стада на 5 %		Стабильное стадо	
	Наименьшие затраты	Наибольший чистый доход*	Наименьшие затраты	Наибольший чистый доход*
Коровы	42	42	42	42
Нетели	7	5	8	3
Молодняк старше года	16	16	16	18
Молодняк до года	35	37	34	37

* Валовая продукция в денежном выражении за вычетом себестоимости ее.

Эти структуры стада, как средние, могут быть рекомендованы для внедрения в производство. Для совхоза им. Фрунзе наиболее пригодна структура при стабильном стаде для получения наибольшего чистого дохода.

Структура стада, полученная во втором варианте решения задачи на максимум валовой продукции, указывает на большие возможности молочной производительности дойных коров.

Однако в связи с тем, что существующий масштаб цен на молоко и мясо дает преимущества производителям последнего, а себестоимость молока в учхозе сравнительно высокая, то эта структура стада в хозяйстве мало эффективна. Кроме того, по этой структуре предусматривается продажа 2—3% молодняка крупного рогатого скота на племя и 6—8% на мясо в возрасте до 6 месяцев, что практически невозможно и нецелесообразно. Эта структура стада в учхозе не может быть принята.

В ы в о д ы

1. При фактической урожайности и современном уровне затрат на производство молока можно увеличить поголовье скота в совхозе им. Фрунзе. Аналогичные экономико-математические задачи могут быть решены для любого хозяйства.

2. При составлении плана кормовой базы и развития животноводства на научной основе следует пользоваться экономико-математическими методами с применением современных электронно-вычислительных машин. Это позволяет быстро решать вопросы структуры посевных площадей и определять оптимальные кормовые рационы с учетом их себестоимости.

3. Для нахождения оптимального кормового рациона методом линейного программирования следует составить необходимую информацию с ограничениями на отдельные корма и учетом правильного использования имеющихся кормов в хозяйстве. Решение задач при свободном выборе полноценности, а также при критерии минимальной себестоимости, без ограничения на отдельные корма, приводит к выпадению основных кормов и непригодности рациона.

4. Применение метода линейного программирования позволяет определить оптимальную структуру стада крупного рогатого скота с учетом направления продуктивности и минимальной себестоимости продукции. Это значительно облегчает расчеты, связанные с составлением оборота стада. При составлении информации следует обратить серьезное внимание на ограничения и реальный рост продуктивности животноводства.

5. Возраст реализации сверхремонтного молодняка определяется направлением продуктивности стада. В хозяйствах молочного направления в структуре реализованного мяса на долю взрослого скота приходится более четверти его количества. Удельный вес молодняка в возрасте старше года и до года изменяется в зависимости от направления стада.

6. Для хозяйств, которые в равной мере интенсивно занимаются производством молока и говядины, сюда можно отнести и совхоз им. Фрунзе; возраст реализации молодняка может колебаться от 8 до 18 месяцев, а удельный вес коров в стаде — от 40 до 50%.