

МОДЕЛИ ОБОРОТА СТАДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

В.А.Кардаш, А.А.Цуруль

В комплексе мероприятий, направленных на увеличение производства продуктов животноводства, важная роль принадлежит определению правильной структуры стада крупного рогатого скота в каждом хозяйстве. Правильно запланированный и реализуемый оборот стада обеспечивает нужные темпы воспроизводства поголовья при наиболее рациональном использовании кормов, определяет оптимальную политику откорма и реализации поголовья, дает рациональное соотношение между основной и дополнительной продукциями в соответствии с направлением специализации животноводства.

Многовариантность и экстремальный характер проблемы

При составлении оборота стада первостепенное значение имеет его глубокое экономическое обоснование, и поэтому остановимся на рассмотрении тех факторов, которые влияют на экономическую эффективность животноводства.

Известно, что на экономическую эффективность каждой отрасли в сельскохозяйственном предприятии влияют следующие факторы:

Естественные. Технологические варианты, связанные с характером биологических процессов, определяют естественные границы изменения экономического эффекта.

Организационно-хозяйственные. Эти факторы определяют пределы для конечного результата производства в связи с теми

конкретными условиями и требованиями, при которых будет совершаться производственный процесс.

Экономические. Важную роль при определении самого критерия эффективности играют внешние связи хозяйства через цены на корма, средства производства, продукцию (например, сезонность цен на продукцию влияет на хозяйственную политику откорма и реализации скота).

При планировании оборота стада исходят из таких естественных условий воспроизводства поголовья, как переход животных из одной хозяйственно-возрастной группы в другую в течение определенного календарного периода; продолжительность беременности; период между растелом и покрытием коров; момент достижения половой и полной физической зрелости; получение телят на 100 коров и нетелей с учетом возможной яловости коров и отхода молодняка; сроки хозяйственной службы животных.

Естественные условия воспроизводства связаны с организационно-хозяйственными и экономическими условиями производства. Например, если в хозяйстве организуется пункт искусственного осеменения, то норма нагрузки на одного быка-производителя значительно возрастает. Естественные условия определяют план случек и отелов, но вместе с этим существуют наиболее целесообразные сроки отелов, выращивания молодняка, откорма и нагула отдельных групп животных. Всестороннее экономическое обоснование организационно-хозяйственных мероприятий при составлении оборота стада безусловно необходимо в каждом хозяйстве.

На практике в планировании животноводства принимают участие разные специалисты, каждый из которых рассматривает один и тот же вопрос под своим углом зрения. Зоотехник, лучше знающий требования к кормлению и содержанию животных, а также физиологические процессы, составляет план случек и отелов, определяет моменты перехода животных в другие хозяйственные группы, составляет план нагула и откорма, и, наконец, — оборот стада. Он же выбирает рационы для различных половозрастных групп, на основе которых рассчитывается общая потребность в кормах, в лучшем случае с учетом их физического состава и содержания в них питательных веществ. Агроном, со своей стороны, определяет возможности производства этих кормов. На долю плановика-экономиста остаются, в основном, функции мелких корректив и проверок окончательных балансов по кормам с учетом возможных закупок, выполнения поквартальных заданий по сдаче продукции и т.п. Отсюда получается, что только задним числом учитываются экономические

показатели плана, сопоставляются конечные затраты и результаты.

Идеальным был бы такой порядок планирования, когда уже при решении технологических вопросов каждый вариант оценивался бы с точки зрения конечного экономического результата. Даже при самом близком контакте колхозных и совхозных специалистов, высокой и разносторонней их квалификации такое планирование обычными методами неосуществимо из-за большого числа возможных вариантов решения даже мелких организационно-технических вопросов и необходимости сопоставлять их экономическую эффективность, выяснять влияние каждого частного варианта на конечные затраты и результат, что потребовало бы очень много времени.

Однако такое планирование возможно с помощью методов линейного программирования, которые, будучи применены к решению организационно-экономических задач, позволяют учесть большой комплекс производственных условий и за приемлемый срок выбрать из многих вариантов наилучшие с точки зрения заранее установленного критерия.

В частности, для задачи по обороту стада необходимо, чтобы каждый специалист в своей области дал обоснованные нормативы, количественно характеризующие основные производственные связи, и правильно определил технологически и организационно допустимые границы варьирования средствами и условиями производства.

Составляя оборот стада крупного рогатого скота в конкретных условиях хозяйства, нужно определить такой план откорма, реализации скота, случек и отелов, чтобы одновременно выполнялось задание по сдаче мясопродукции государству по периодам, достигался бы максимально возможный темп роста поголовья коров (при молочном направлении), а также обеспечивалась такая структура стада, которая гарантировала бы нормальный ход его воспроизводства в следующие за плановым периоды. Даже при фиксированных рационах, когда определены уровни продуктивности (удой, привесы), оборот стада неоднозначен и наиболее рациональный вариант его не очевиден.

В Советском Союзе уже ведутся методические разработки определения рациональной структуры стада с помощью линейного программирования и ЭВМ. Известна, например, работа Ф.Т.Баскина^х, в которой предложена модель решения задачи о структуре стада для экономического района, области, края, автономной республики. В результате решения задач по предлагаемой методике для указанных

^х) Применение математических методов в экономических исследованиях по сельскому хозяйству. Москва, 1964, стр.61-72.

районов определяется возможный темп роста поголовья скота при максимальном выходе основной продукции, необходимый сброс поголовья, если по каким-либо соображениям темп роста должен быть ниже возможного, устанавливаются достижимые уровни производства мяса и молока. Сама же структура стада, получаемая из решения, носит усредненный характер и большого значения в качестве непосредственного руководства для практики не имеет. Реализация плана по росту поголовья и выходу продукции, полученного, скажем, для экономического района, осуществляется на основе выполнения конкретных планов по животноводству в каждом хозяйстве, где складываются самые различные организационно-экономические условия, определяющие оптимальный вариант стада, его динамическую структуру.

Построение математических моделей оборота стада крупного рогатого скота

Решение организационно-экономических вопросов математическими методами предполагает их математическое моделирование.

Рассмотрим варианты модели оборота стада крупного рогатого скота в хозяйстве в порядке их усложнения. Модель усложняется за счет введения новых хозяйственных связей и более комплексной постановки вопроса. С усложнением затрудняется ее решение, поэтому варианты модели можно рассматривать как этапы методического и практического решения поставленной проблемы. Последняя носит динамический характер и представляема в динамических моделях.

Первый вариант модели

Воспроизводство поголовья не соразмеряется с наличием и созданием кормовой базы в хозяйстве. Рационы предполагаются заданными, а вместе с ними задана и продуктивность. Критерием оптимальности берется максимум основной продукции при каком-либо задании по дополнительной продукции (выход дополнительной продукции на одну структурную голову; фиксированные объемы по периодам и т.д.). Производственный эффект изменяется за счет вариантов соотношения между мясной и молочной продукцией в каждом из рассматриваемых периодов.

Обозначения, принятые при описании модели:

$t = 1, 2, \dots, T$ - номера периодов, на которые планируется оборот стада;

$D_j, j=0,1,\dots,n$, - исходное поголовье j -ой хозяйственно-возрастной группы скота, множество индексов j обозначим через \mathcal{J} ;

$Q^{(t)}$ - количество молока, которое необходимо произвести в t -ый период;

$P(t)$ - количество мяса, которое необходимо произвести в t -ый период;

q_0 - продуктивность коров;

\bar{p}_j - средний живой вес одной головы скота j -ой хозяйственно-возрастной группы;

P_0 - выход мясopодyкции, запланированный на одну структурную корову;

$a_j^{(\kappa)}$ - некоторые коэффициенты соотношений между половозрастными группами скота, выражающие естественные условия воспроизводства стада (см., например, стр. 48).

$X_j^{(t)}$ - здесь $\{j, t\} \in \mathcal{J}$;

$X_j^{(t)}$ - поголовье скота j -ой группы, оставшееся в хозяйстве на $(t+1)$ -ый период;

$y_j^{(t)}$ - поголовье скота j -ой группы, реализуемое в течение t -го периода.

Математическая формулировка задачи (мясное направление скотоводства):

Найти по

$$X_j^{(t)}, y_j^{(t)} \geq 0 \quad \max \sum_{j,t} p_j y_j^{(t)}$$

при условиях:

$$1) \quad X_j^{(1)} + y_j^{(1)} = D_j, \quad j=0,1,\dots,n;$$

$$2) \quad X_j^{(t)} - X_{j+1}^{(t+1)} - y_{j+1}^{(t+1)} = 0, \quad j=0,1,\dots,n; \quad t=1,2,\dots,T-1;$$

$$3) \quad q_0(X_0^{(t+1)} - X_0^{(t)}) \geq 0 \quad \text{или} \quad q_0(X_0^{(t)}) \geq Q^{(t)};$$

$$4) \quad \sum_{j=0}^n a_j^{(\kappa)} X_j^{(\tau)} \geq 0, \quad \kappa \in \mathcal{J}.$$

При постановке задачи в случае молочного направления вместе с ограничениями (3) вводятся ограничения вида:

$$3a) \quad \sum_{j=0}^n p_j y_j^{(t)} - \sum_{j=0}^n p_j y_j^{(t+1)} \leq 0, \quad \text{или} \quad \sum_{j=0}^n p_j y_j^{(t)} - P_0 X_0^{(t)} \geq 0,$$

$$\text{или} \quad \sum_{j=0}^n p_j y_j^{(t)} \geq P(t), \quad \text{где} \quad t=1,2,\dots,T.$$

Функция цели запишется так:

Найти по

$$X_j^{(t)}, y_j^{(t)} \geq 0 \quad \max \sum_{t=1}^T q_0 X_0^{(t)}.$$

Кратко поясним сформулированную задачу.

Сначала необходимо установить продолжительность тех промежутков времени, на которые разбивается весь планируемый период. Если, например, интервал времени устанавливается в 6 месяцев, то, естественно, определяются и 12 хозяйственно-возрастных групп: две группы — теляки и бычки от рождения до 6 месяцев; две группы — теляки и бычки от 6 до 12 месяцев; две группы от 12 до 18 месяцев; две группы от 18 до 24 месяцев и группы нетелей, коров, быков-производителей и взрослых животных на откорме (быки-кастраты и выбракованные коровы). Ограничения 1) означают, что по каждой группе исходное поголовье в первый период разделяется на остающееся в хозяйстве на второй период $X_j^{(1)}$ и реализуемое (выбывающее из хозяйства) в течение первого периода $y_j^{(1)}$. Ограничения 2) выражают балансы поголовья по группам с учетом перехода в течение периода из одной хозяйственной группы в другую. Их нужно понимать так: поголовье, остающееся на конец предыдущего t -го периода, в следующий $t+1$ период перейдет в другую хозяйственно-возрастную группу и разделится на поголовье, остающееся в хозяйстве на $t+2$ период и реализуемое в течение $t+1$ периода. Ограничение 3) выражает требование производить молочной продукции в следующий период не меньше чем в предыдущий, или не менее $Q^{(t)}$ центнеров в t -ый период. При фиксированной продуктивности коров ($q_0 > 0$) необходимо лишь, чтобы $X_0^{(t+1)} \geq X_0^{(t)}$, то есть, чтобы поголовье коров не уменьшалось.

Ограничения 4) выражают требования сохранения условий дальнейшего воспроизводства стада в следующие после T периоды. Для этого необходимо в последний момент соблюдение некоторых общих требований к структуре стада. В связи с этими ограничения 4) запишутся так:

$$(4a) \quad X_0^T - X_0^{T-1} < 0,6 X_1^T.$$

Поголовье нетелей, которое перейдет в коровы в период $T+1$, должно быть не меньше чем прирост поголовья коров за предыдущий период. По-видимому, темп воспроизводства в последующие за плановым периоды можно задать по-другому. Требования к соотношению поголовья для других групп сформулируются, естественно, так: при-

ход телок из предыдущей группы должен компенсировать переход их в следующую возрастную группу:

$$(4\text{а}) \quad X_2^{(T)} \geq 0,6 X_1^{(T)} \quad (\text{для телок от 18 до 24 месяцев});$$

$$(4\text{в}) \quad X_3^{(T)} \geq X_2^{(T)} \quad (\text{для телок от 12 до 18 месяцев});$$

$$(4\text{г}) \quad X_4^{(T)} \geq X_3^{(T)} \quad (\text{для телок от 6 до 12 месяцев});$$

$$(4\text{д}) \quad \frac{1}{2} [a_1^{(4)} X_1^{(T)} + a_0^{(4)} X_0^{(T)}] \geq X_4^{(T)} \quad (\text{для телок от 0-6 месяцев}),$$

где $a_1^{(4)}$ и $a_0^{(4)}$ - соответственно коэффициенты выхода телят от нетелей и коров.

Ограничения (3а) выражают требование производить мяса 1 ± 1 период не меньше чем в t -ый период, или не меньше P_0 центнеров на одну структурную корову, или не меньше $P(t)$ центнеров за t -ый период.

Такие естественные условия, как выбраковка скота (% выбраковки), нагрузки на 1 быка-производителя и др., выражаются своими нормативами. О выборе таких коэффициентов в задаче будет сказано ниже. Для упрощения задачи здесь предполагается равномерность покрытия и отелов по периодам.

Второй вариант модели

Вопрос об оптимальном воспроизводстве стада рассматривается в комплексе с вопросом о кормовой базе (наличие и производство кормов). Рационы для различных половозрастных групп фиксированы, а вместе с ними фиксирована и продуктивность. Функция цели здесь - максимум продукции - зависит уже и от плана использования кормов для производства мясной или молочной продукции в связи с планами покрытия и отелов, откорма, нагула и реализации по срокам. В течение года формирование и использование кормовой базы имеет определенную цикличность. Зимой запасы кормов только расходуется, хотя некоторые виды кормов в этот период можно закупать. В этом случае в задачу вводятся способы закупки: прибавка единицы соответствующего корма к уже имеющимся ресурсам и затраты в рублях на эту единицу корма, если закупки ограничены суммой выделенных денежных средств.

Начиная с весны, к переходящим запасам кормов добавляется зеленый корм. Зимний рацион сменяется весенне-летним, в связи с этим изменяются возможности получения мясной и молочной продукции.

В летние и осенние месяцы начинается поступление кормов с пашни. Летние рационы сменяются осенне-зимними.

Если периоды определить по времени действия сезонного рациона, то движение поголовья и использования кормов можно согласовать так, чтобы реализовались все возможности получения максимума продукции при определенных требованиях к ее распределению во времени. При этом, естественно, определяется и целесообразный сброс поголовья по группам в соответствии с возможностями кормовой базы. Приведем лишь принципиальную схему второго варианта модели для 4 периодов (см. стр. 50 табл. I).

Здесь \bar{D} - вектор, означающий исходное поголовье скота по половозрастным и хозяйственным группам; \bar{B}_i - наличие кормов по группам или видам в начальный момент, например, на I января; A_1 - матрица зимних рационов для различных групп скота; A_2 - матрица весенне-летних рационов; A_3 - матрица летне-осенних рационов. Множитель $1/2$ выражает тот факт, что реализуемое поголовье выбывает из хозяйства не обязательно в начале периода, поэтому предполагается, что половину периода оно потребляет корма в хозяйстве. Переменные $\bar{X}^{(t)}$ и $\bar{Y}^{(t)}$ означают то же, что и в предыдущей модели. Переменные $\bar{Z}_1, \bar{Z}_2, \bar{Z}_3, \bar{Z}_4$ - возможные закупки кормов в I, 2, 3 и 4 периоды. \bar{U}_3 - выход кормов с пашни и угодий. При этом в ограничениях по кормам должны выражаться условия закупки и производства кормов: лимит денежных ресурсов на покупку кормов в каждый период или в целом за год; плсмади и продуктивность кормовых угодий, урожайности по кормовым культурам. Возможны другие реальные ограничения по производству кормов. "Переброс" остатков кормов на следующий период осуществляется путем повторения записи ресурсов и потребления за предыдущий период.

Т р е т и й в а р и а н т м о д е л и

Оптимальный оборот стада определяется в комплексе с вопросами развития кормовой базы хозяйства и организации кормления животных. При этом возможны два случая.

а) Нормы кормления по периодам (всего в кормовых единицах) фиксированы для всех групп скота. Рационы выбираются для каждой группы из определенного набора кормов в хозяйстве. Нижние и верхние границы норм скармливания по каждой группе кормов определяются физиологическими и другими условиями кормления.

б) Продуктивность животных зависит от интенсивности кормления. Поэтому можно взять несколько вариантов норм кормления.

Таблица I

Схеме второго варианта модели

Группы нормативов	Период	Переменные	Коэффициенты функции цели	Коэффициенты ограничений							
				I		II		III		IV	
				по обороту стада	по кормам	по обороту стада	по кормам	по обороту стада	по кормам	по обороту стада	по кормам
Блок нормативов по обороту стада и по-прежнему кормов	I	$X^{(1)}$ $Y^{(1)}$	q_0 0	-1 -1	$-A_1$ $-\frac{1}{2}A_1$	1 0	$-A_1$ $-\frac{1}{2}A_1$	0 0	$-A_1$ $-\frac{1}{2}A_1$	0 0	$-A_1$ $-\frac{1}{2}A_1$
	II	$\bar{X}^{(2)}$ $\bar{Y}^{(2)}$	q_0 0	0 0	0 0	-1 -1	$-A_2$ $-\frac{1}{2}A_2$	1 0	$-A_2$ $-\frac{1}{2}A_2$	0 0	$-A_2$ $-\frac{1}{2}A_2$
	III	$\bar{X}^{(3)}$ $\bar{Y}^{(3)}$	q_0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-1 -1	$-A_3$ $-\frac{1}{2}A_3$	1 0	$-A_3$ $-\frac{1}{2}A_3$
	IV	$\bar{X}^{(4)}$ $\bar{Y}^{(4)}$	q_0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-1 -1	$-A_1$ $-\frac{1}{2}A_1$
Блок нормативов по кормовым целям	I	\bar{Z}_1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
	II	\bar{Z}_2	0	0	0	0	1	0	1	0	1
	III	\bar{Z}_3 \bar{Z}_4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	0 0	1 1
	IV	\bar{Z}_4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Правые части ограничений				-D	\bar{B}_1	0	\bar{B}_1	0	\bar{B}_1	0	\bar{B}_1
Характер ограничений				-	>	-	>	-	>	-	>

Тогда конечный производственный результат будет зависеть от распределения кормов между половозрастными группами не только через структуру рационов, но и через варианты норм кормления. Математическую формулировку задачи приведем для случая а).

Найти

$$\max q_0 \sum_{t=1}^T X_0^{(t)}$$

при условиях:

$$\sum_{i=0}^m z_{ij}^{(t)} \leq B_j^{(t)} + u_j^{(t)}, \quad t=1,2,\dots,T; \quad j=1,2,\dots,n. \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^n z_{ij}^{(t)} - a_i^{(t)} \left(x_i^{(t)} + \frac{1}{2} y_i^{(t)} \right) &\geq 0, \\ \sum_{j=1}^n \beta_j z_{ij}^{(t)} - b_i^{(t)} \left(x_i^{(t)} + \frac{1}{2} y_i^{(t)} \right) &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} i=0,1,2,\dots,m; \\ t=1,2,\dots,T. \end{aligned} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} z_{ij}^{(t)} - c_{ij} \left(x_i^{(t)} + \frac{1}{2} y_i^{(t)} \right) &\geq 0, \\ -z_{ij}^{(t)} + f_{ij} \left(x_i^{(t)} + \frac{1}{2} y_i^{(t)} \right) &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} j=1,2,\dots,n; \\ i=0,1,2,\dots,m; \\ t=1,2,\dots,T. \end{aligned} \quad (3)$$

$$x_i^{(t)} + y_i^{(t)} = d_i, \quad i=0,1,\dots,m. \quad (4)$$

$$x_i^{(t)} - x_{i+1}^{(t+1)} - y_{i+1}^{(t+1)} = 0, \quad i=0,1,2,\dots,m; \quad t=1,2,\dots,T-1. \quad (5)$$

$$\sum_{k=0}^m \alpha_i^{(k)} x_i^{(T)} \geq 0, \quad i=0,1,\dots,m. \quad (6)$$

$$\sum_{i=0}^m p_i y_i^{(t+1)} - \sum_{i=0}^m p_i y_i^{(t)} \geq 0, \quad t=1,2,\dots,T-1. \quad (7)$$

$$x_i^{(t)}, y_i^{(t)}, z_{ij}^{(t)}, u_j^{(t)} \geq 0. \quad (8)$$

Здесь:

$t=1,2,\dots,T$ - номера периодов;

$j=1,2,\dots,n$ - номера видов (групп) кормов;

$i=0,1,\dots,m$ - номера групп животных;

$B_j^{(t)}$ - наличие j -го корма в t -период;

$a_i^{(t)}$ - норма кормления в кормовых единицах на 1 голову i -ой группы скота в t -период;

- $B_i^{(t)}$ - необходимое содержание протеина в кормах на одну норму кормления i -ой группы скота;
 C_{ij} - нижняя граница потребления j -го корма i -ой группой скота;
 f_{ij} - соответствующая верхняя граница;
 D_i - исходное поголовье i -ой группы скота;
 q_0 - продуктивность коров;
 P_i - живой вес одной головы i -ой группы скота;
 $\alpha_i^{(k)}$ - коэффициенты, отражающие нормальные условия воспроизводства стада в $T+1$ период;
 β_j - содержание протеина в расчете на I кормовую единицу j -го корма;
 X_i^t - поголовье i -ой группы скота, оставшееся в хозяйстве на $t+1$ - период;
 Y_i^t - поголовье i -ой группы скота, реализуемое в течение t -го периода;
 $Z_{ij}^{(t)}$ - потребление j -го корма, выраженного в кормовых единицах, всем поголовьем i -ой группы скота в t -ый период;
 $U_j^{(t)}$ - поступление j -го корма в t -ый период.

Условие (1) выражает требование, чтобы потребление j -го корма всеми животными в t -ый период не превышало наличия и поступления кормов в этот период.

Условия (2) означают, что потребление кормов каждой группой скота в каждый период должно быть не меньше (и по кормовым единицам и по протеину), чем установленные для них нормы кормления.

Условия (3) ставят нижние и верхние пределы потребления i -ой группой скота j -го корма. Эти границы по периодам, вероятно, не меняются, а лишь повторяются.

Условия (4), (5), (6) и (7) - уже известные нам ограничения по обороту стада.

Случай б) этой модели представится в такой же записи, как и случай а), с той лишь разницей, что в условиях (2) нормативы $\alpha_i^{(t)}$ и $\beta_i^{(t)}$ будут взяты в нескольких вариантах.

Ч е т в е р т ы й в а р и а н т м о д е л и

Оптимальный оборот стада рассматривается в комплексе с вопросами использования кормовой базы, организации кормления и использования средств для производства кормов и содержания животных. В такой широкой постановке вопросы планирования одной от-

расли уже нецелесообразно рассматривать отдельно от планов других сфер хозяйства, и модель оборота стада включается в модель оптимального производственно-финансового плана предприятия. Очевидно, при этом функция цели должна соответствовать экономическому критерию, выражающему эффективность всей хозяйственной деятельности предприятия.

Решение числового примера по первому варианту

Нами выполнены экспериментальные решения задачи по первому варианту модели. Оборот стада определялся на три полугодовых периода со следующими исходными условиями:

Т а б л и ц а 2

Группы скота	Исходное поголовье (голов)	Средний живой вес 1 головы, ц
1. Телки от рождения до 6 мес.	40	1,5
2. Бычки от рождения до 6 мес.	24	1,5
3. Телки от 6 до 12 мес.	30	2,8
4. Бычки от 6 до 12 мес.	18	3,0
5. Телки от 12 до 18 мес.	20	3,5
6. Бычки от 12 до 18 мес.	18	3,8
7. Телки от 18 до 24 мес.	16	4,1
8. Бычки от 18 до 24 мес.	14	4,5
9. Нетели	30	4,5
10. Коровы	200	5,0
11. Быки-производители	5	7,0
12. Быки-кастраты	8	6,5
Итого:	423	4,0

Продуктивность одной фуражной коровы принята равной в среднем 26 ц молока в год.

Требовалось определить такой оборот стада по периодам, при котором можно получить максимум молочной продукции за все периоды, а реализации мяса в каждый из периодов составляла бы не менее 1,3 центнера в живом весе на одну структурную корову. Одно-

временной структура стада на конец рассматриваемого периода должна отвечать условиям расширенного воспроизводства поголовья в следующие за плановым периоды. При постановке задачи были учтены также естественные условия воспроизводства стада. Период между отелом и покрытием коров принят 2 месяца. Так что учитывая продолжительность беременности, каждая корова дает одного теленка в год, а за 6 месяцев в среднем растелятся половина коров и 6/10 нетелей. Выход телят на 100 коров и нетелей принят с учетом яловости и отхода, равным 98. Тогда выход телят за 6 месяцев выразится таким соотношением:

$$\frac{1}{2} (0,5X_0^{(t)} + 0,6X_1^{(t)}) \cdot 0,98 \quad - \text{бычков,}$$

$$\frac{1}{2} (0,5X_0^{(t)} + 0,6X_1^{(t)}) \cdot 0,98 \quad - \text{телок, т.е. получение бычка или телки принято равновероятным.}$$

$X_0^{(t)}$ - поголовье коров в t -ый период, $X_1^{(t)}$ - поголовье нетелей.

Для быков производителей установлена выбраковка 14% в год. Для коров - 5% в год. В действительности процент выбраковки коров значительно выше и определяется в каждом хозяйстве в соответствии со сроком их службы. На быка производителя принята нагрузка 60 коров и нетелей.

Первый период был взят нами не как период, а как исходный момент, т.е. он использован для записи исходных данных (наличия поголовья и требования по выходу мясной продукции в исходный период), а все условия воспроизводства введены нами со 2-го периода, так что оборот стада, по существу, рассмотрен для 3-х периодов. В результате на ЭВМ мы получили решение (см. табл. 3).

При таком обороте стада получается сброс поголовья скота за полтора года, равный 11% начального поголовья, в связи с жесткими заданиями по выходу мяса. В результате в отдельных случаях реализуются даже телки. Полученная в конце III периода структура стада такова, что в следующий полугодовой период гарантировано нормальное воспроизводство стада, то есть поступление в каждую группу будет не меньше чем в предыдущий период, мясной продукции будет реализовано не менее чем в предыдущий период.

Максимум молочной продукции здесь достигнут за счет роста поголовья коров на 22,9% и равен 11944 ц.

Структура молочного стада изменялась так (см. табл. 4).

Задача по обороту стада решалась на ЭВМ по программе сотрудничества ИМ СОАН СССР Р.А.Звяжиной. Эта программа позволяет решать задачи относительно больших размерностей, если матрицы их имеют спе-

Таблица 3.

ОБОРОТ СТАДА, СОСТАВЛЕННЫЙ НА 3 ПОЛУГODOVЫХ ПЕРИОДА

Периоды	Исходный момент			I период				II период				III период			
	наличие до реализации	реализация	остаток после реализации	перевод из младшей группы и приплод	перевод в старшие группы	реализация	остаток на конец I-го периода	перевод из младшей группы и приплод	перевод в старшие группы	реализация	остаток на конец II-го периода	перевод из младшей группы и приплод	перевод в старшие группы	реализация	остаток на конец III-го периода
Телки 0 - 6 мес.	40		40	56	40	20	36	58	36	41	17	63	17	46	17
Бычки 0 - 6 мес.	24		24	56	24	-	56	58	56		58	62	58	22	40
Телки 6 - 12 мес.	30	13	17	40	17	24	16	36	16	19	17	17	17		17
Бычки 6 - 12 мес.	18	18		24	-	18	56	56	6	56		58	-	58	
Телки 12 - 18 мес.	20		20	17	20		17	16	17		16	17	16		17
Бычки 12 - 18 мес.	18	1	17		17		-	6			6		6		
Телки 18 - 24 мес.	16		16	20	16		20	17	20		17	16	17		16
Бычки 18 - 24 мес.	14	14		17	1	16						6	-	6	0
Нетели	30		30	16	18		28	20	17		31	17	19		29
Коровы	200	8	192	18		8	202	17		1	218	19		1	236
Бычки-производители	5		5	1		1	5				5	0		0	5
Бычки-кастраты	8	8													
Итого скота, голов	423														377
Выход мяса от реализации, ц живого веса		249,2				270,2				287,7				308	
Выход мяса в расчете на 1 корову, ц живого веса		1,30				1,34				1,30				1,30	

циальную структуру.

Матрица нашей задачи обладает необходимой спецификой. Допустимые размеры решаемых по упомянутой программе задач определяются числом так называемых "существенных" ограничений, которых должно быть не больше 58.

Т а б л и ц а 4

Группы скота	Структура стада, %	
	на начало периода	на конец периода
1. Телята до 6 месяцев	15,1	15,1
2. Телята от 6 до 12 мес.	11,3	4,5
3. Телята от 12 до 18 мес.	9,0	4,5
4. Телки и быки от 18 до 24 мес.	7,1	4,2
5. Нетели	7,1	7,7
6. Коровы	47,3	62,6
7. Быки-производители	1,1	1,4
8. Быки-кастраты	1,9	-
Итого:	100,0	100,0

Задачи планирования оборота стада крупного рогатого скота в хозяйствах без детального учета кормовой базы (первый вариант модели) могут с успехом решаться по этой программе. На решение нашего численного примера по обороту стада потребовалось всего 4 минуты машинного времени. Что касается численных решений задач по остальным вариантам модели, то здесь можно рассчитывать на широкие возможности совершенствования вычислительной техники, разработки эффективных алгоритмов и программ.