

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ И ГОДОВОГО ОБОРОТА СТАДА

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE AND ANNUAL TURNOVER OF THE HERD

**R. Botashev
S. Tokova**

Summary. The paper presents the results of a study of the economic activity of a peasant (farmer) economy in order to optimize indicators through the use of the method of economic and mathematical modeling. The solution of the model of optimal annual turnover of cattle herd was obtained in the MICROSOFT EXCEL environment.

Keywords: digital technologies, optimization of indicators, economic and mathematical model, agriculture, animal husbandry, peasant (farmer) economy, cattle, herd turnover, offspring, weight gain, sex and age.

Боташев Руслан Азаматович

Доцент, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева, г. Карачаевск
botashevruslan@mail.ru

Токова Снежанна Исмаиловна

Старший преподаватель, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева, г. Карачаевск
shezhanna_tokova@mail.ru

Аннотация. В работе приводятся результаты исследования хозяйственной деятельности крестьянского (фермерского) хозяйства с целью оптимизации показателей посредством применения метода экономико-математического моделирования. Решение модели оптимального годового оборота стада крупного рогатого скота получено в среде MICROSOFT EXCEL.

Ключевые слова: цифровые технологии, оптимизация показателей, экономико-математическая модель, сельское хозяйство, животноводство, крестьянское (фермерское) хозяйство, поголовье крупного рогатого скота, оборот стада, приплод, привес, половозрастные группы.

В настоящее время изменения внешних и внутренних условий финансово-хозяйственной деятельности крестьянских (фермерских) хозяйств привели к необходимости всестороннего исследования эффективности их функционирования в условиях формирования многоукладного сельского хозяйства и усиления конкуренции между различными организационно-правовыми формами предприятий.

Как и любое аграрное формирование, крестьянские (фермерские) хозяйства требуют изучения и обоснования перспектив эффективного и устойчивого их развития, поиска внутренних резервов роста прибыльности производства. Эта цель, как известно, достигается на основе оптимизации структуры производства и рационального использования ресурсного потенциала.

Научная значимость данной работы заключается в разработке комплексных приоритетных направлений развития предприятий мясо-молочной отрасли на основе оптимизации показателей производственной деятельности крестьянских (фермерских) хозяйств.

Практическая значимость проведенного исследования состоит в конкретных рекомендациях предпринимателю, которые предлагаются по результатам решений 2-х моделей — модели оптимального оборота стада крупного рогатого скота и модели оптимального рациона [6, с. 17].

В нашей работе рассматривается крестьянское (фермерское хозяйство), где главной отраслью является животноводство. Как известно, производство животноводческой продукции, а также рост поголовья скота планируются с помощью специальных расчетов, специфика которых обусловлена биологическими особенностями сельскохозяйственных животных. Исходя из физиологии развития скота, а также принятых организационных форм его выращивания и содержания, все виды сельскохозяйственных животных делят на ряд половозрастных групп. Например, поголовье крупного рогатого скота делится на такие половозрастные группы: коровы; нетели; телки старше года; телки до года; приплод телок; быки-производители; волы рабочие; бычки старше года; бычки до года; приплод бычков.

Такая схема половозрастного деления скота основана на годичном сроке развития животного, после которого его, как правило, переводят в старшую возрастную группу или используют для получения мяса.

Альтернативные условия оборота стада возникают при решении таких вопросов: сколько голов из каждой половозрастной группы надо выбраковать и поставить на откорм и сколько перевести в старшую половозрастную группу. Перевод и выбраковка скота зависят от наличия поголовья на начало года, количества приплода, а также необходимости иметь на конец года определенную структуру поголовья скота, обеспечивающую дальнейшее воспроизводство стада и рост производства животноводческой продукции. При планировании выбраковки и откорма скота необходимо исходить из установленных в хозяйстве показателей по реализации продукции [1, с. 111].

Следует отметить, при оптимизации оборота стада задача состоит в том, чтобы определить поголовье скота по каждой половозрастной группе на конец года, зная поголовье на начало года, планируя получение приплода и установив определенный процент падежа по каждой половозрастной группе, а также сдаточный вес животных в зависимости от возраста.

При этом необходимо учесть следующие условия:

1. процент выбраковки скота на мясо по каждой половозрастной группе должен быть таким, чтобы можно было получить максимальное количество животноводческой продукции и обеспечить такое структурное соотношение между половозрастными группами, которое позволило бы обеспечить нормальное воспроизводство стада в последующем цикле его развития;
2. перевод животных из младших групп в старшие группы должен происходить так, чтобы выдерживались оптимальные сроки выращивания поголовья в соответствующих половозрастных группах.

Все элементы оборота стада крупного рогатого скота формализуем с помощью символов. Отметим, что количество получаемого на протяжении года приплода — величины m_1 и m_2 — устанавливаем до решения задачи.

Как известно, по разным причинам в хозяйстве происходит падеж скота, что необходимо предусмотреть в модели задачи, особенно при составлении планов по хозяйствам района или республики.

В процессе решения задачи нам необходимо также установить процент выбраковки крупного рогатого скота по каждой половозрастной группе, а также поголовье

скота на конец года. Первую категорию переменных величин выразим через x , а вторую через y .

Напомним, что животных, находящихся на откорме в течение года, снимают с этой группы. Обозначим эту величину через y_0 . В том случае, когда планируется общее поголовье крупного рогатого скота на конец года, в условии задачи как константу вводят величину b [2, с. 143].

Количество животных, переводимых из младших групп в старшие по i -й половозрастной группе, обозначим через z_i , а количество животных, поступающих в i -ю старшую половозрастную группу, — через h_i . Эти величины, как правило, находятся в таких соотношениях:

$$\eta_i = z_{i+1};$$

$$\sum_{i=1}^m \eta_i = \sum_{i=1}^m z_i.$$

Таким образом, решение задачи в общем виде сводится к тому, чтобы, исходя из общего поголовья скота на начало года a , поголовья в каждой половозрастной группе a_i , установив величину ожидаемого приплода m_i , процент падежа по каждой половозрастной группе s_i и средний живой вес одной головы p_i , а также общее количество скота на конец года b , определить поголовье скота по каждой половозрастной группе на конец года y_i и объем производства животноводческой продукции.

В основу формирования условий задачи положим связи, которые существуют между отдельными элементами каждой половозрастной группы, а затем определим связи между элементами различных половозрастных групп. Чтобы рассчитать, например, выходное поголовье y_3 телок старше года, необходимо от имеющегося на начало года a_3 отнять поголовье, которое будет выбраковано на протяжении года, выбудет по причинам падежа, а также будет переведено в старшие группы h_3 , и к этому количеству прибавить животных, переводимых из младших групп z_3 . Эту связь между элементами можно представить в форме такого равенства:

$$a_3 - \frac{a_3 x_3}{100} - \frac{a_3 s_3}{100} - \eta_3 + z_3 = y_3.$$

Аналогичные связи между элементами оборота стада существуют и по другим половозрастным группам крупного рогатого скота, за исключением некоторых из них (по группам коров, быков-производителей, волов рабочих, скота, находящегося на откорме, отсутствует перевод животных в старшие группы, то есть элементы h_1, h_6, h_7, h_{11} равны нулю). По группе молодняка рождения текущего года (приплода) не осуществляется перевод животных из младших возрастных групп, то есть

элементы z_5 и z_{10} равны нулю. Все животные из группы приплода к концу года переходят в группу молодняка до года, поэтому элементы a_5 и a_{10} , а также z_5 и z_{10} тоже равны нулю. Существующие связи между отдельными элементами модели по i -й половозрастной группе в общем виде можно записать в форме такого равенства:

$$a_i - \frac{a_i x_i}{100} - \frac{a_i s_i}{100} - \eta_i + z_i = y_i.$$

Перенеся известные величины в правую часть, а неизвестные в левую, получим:

$$\frac{a_i x_i}{100} - z_i + \eta_i + y_i = a_i - \frac{a_i s_i}{100}.$$

Данное условие с отмеченными особенностями соблюдается для таких групп: коров, нетелей, телок старше года, телок до года, быков-производителей, волов рабочих, бычков старше года, бычков до года и не распространяется на группы приплода и откормочного поголовья.

Весь приплод, за исключением выбракованных и павших животных, в текущем году должен быть переведен в группу молодняка до года. Это условие выражается такой записью:

$$m_i = \frac{m_i x_i}{100} + \frac{m_i s_i}{100} + \eta_i.$$

Преобразовав его, получим:

$$\frac{m_i x_i}{100} + \eta_i = m_i - \frac{m_i s_i}{100} \quad (i = 5, 10).$$

В результате оборота стада должен быть обеспечен перевод в старшие возрастные группы всего поголовья, за исключением выбракованных и павших животных: нетелей, телок до года, бычков старше года и бычков до года. Это требование выражается таким условием:

$$\frac{a_i x_i}{100} + \eta_i = a_i - \frac{a_i s_i}{100} \quad (i = 2, 4, 8, 9).$$

Телки старше года при хорошо организованном кормлении и содержании животных, надлежащей постановке племенной работы должны быть переведены в группу нетелей или на реализацию. Однако во многих хозяйствах допускается их передержка, что должно найти отражение в модели. С этой целью по группе телок старше года введём условие, которое допускает формирование выходного поголовья не только за счет поголовья, переходящего из младших групп z_3 , но также части поголовья, уже находившегося в этой группе $z_3 + d_3 a_3/100 \geq y_3$, где d_3 — максимально допустимый процент передержки имеющихся на начало года телок старше года. Преобразовав это выражение, получим:

$$y_3 - z_3 \leq \frac{d_3 a_3}{100}.$$

Для обеспечения в выходном поголовье животных i -й половозрастной группы, если это вызывается условиями, введём такое неравенство:

$$g_i^* > y_i > g_i,$$

где g^* , g_i — соответственно максимальное и минимальное количество голов i -й группы.

В практике решения задач это требование вводилось только по группе коров и животных на откорме. Для получения на конец планируемого периода общего поголовья скота, количество которого должно быть не меньше установленного в плановом задании, вводится такое условие:

$$\sum_{i=1}^m y_i = b \quad (i = \overline{1, 11}; \quad i \neq 5, 10).$$

Отметим, что элементы оборота стада, отражающие количество животных, переведенных в старшие группы, а также количество животных, перешедших из младших групп по крупному рогатому скоту, находятся в такой взаимосвязи:

$$z_3 = \eta_4; \quad z_4 = \eta_5; \quad z_8 = \eta_9; \quad z_9 = \eta_{10}; \quad \text{то есть} \\ z_i = \eta_{i+1} \quad (i = 3, 4, 8, 9).$$

Бычков старше года переводят в группу быков-производителей и взрослых волов:

$$\eta_8 = z_6 + z_7.$$

Количество нетелей и телок старше года, переведенных в старшие группы, равно количеству животных, переведенных в группы коров и нетелей:

$$\eta_2 + \eta_3 = z_1 + z_2.$$

Группу коров можно пополнять за счет нетелей и определенного процента телок старше года. Процент таких животных среди телок старше года устанавливают исходя из особенностей поголовья. Если обозначим эту величину через d_3 , условие перевода животных в группу коров выразится таким неравенством:

$$\eta_2 \leq z_1 \leq \eta_2 + \frac{d_3 \eta_3}{100}.$$

Количество телок старше года, которые перейдут в нетели, выразится таким соотношением:

$$\left(1 - \frac{d_3}{100}\right) \eta_3 \leq z_2.$$

Другой тип линейных соотношений модели содержит регулирующие условия по выбраковке скота. Нами применяются нормы, по которым выбраковка скота должна составлять: по группе коров — от 8 до 15%, что выражается неравенствами по группе телок старше года этот показатель не нормируется; по группе телок до года выбраковка должна составлять больше 10%: по приплоду молодняка больше 13%:

$$x_3 > 13; \quad x_{10} > 13,8 \leq x_1 \leq 15;$$

Срок службы быков-производителей должен составлять, как правило, не меньше 6 и не больше 10 лет, что в процентном выражении можно выразить:

$$10 \leq x_6 \leq 17.$$

$$10 \leq x_7 \leq 17.$$

Бычков старше года необходимо выбраковывать не меньше 90%:

$$x_8 > 90;$$

бычков до года — не меньше 10%;

$$x_9 > 10.$$

Ограничения этого типа позволяют регулировать в модели Выбытие поголовья скота и объем возможного производства говядины.

Третий тип ограничений выражает структурные соотношения между отдельными половозрастными группами крупного рогатого скота. Исходя из того, что ежегодно необходимо выбраковывать не меньше 10% коров, группа нетелей формируется так, чтобы обеспечить пополнение маточного стада. Предусматривается, что число нетелей по отношению к коровам должно составлять 10–16% [4, с. 45].

Для выращивания нетелей необходимо иметь достаточное количество телок. По зоотехническим нормам на каждую нетель необходимо иметь не меньше 1,8 головы телок старше года и 1,9 головы телок до года. Эти требования выражаются такими ограничениями:

$$y_3 > 1,8y_2; \quad y_4 > 1,9y_2.$$

Примем, что в условиях хозяйства при использовании искусственного осеменения достаточно содержать одного быка-производителя на 200–300 коров и нетелей, то есть быков-производителей должно быть больше 3 и меньше 5 на каждую тысячу коров и нетелей:

$$0,003(y_1 + y_2) \leq y_6 \leq 0,005(y_1 + y_2).$$

В модель вводим ограничения по возможному изменению поголовья волов. Если эта группа животных не должна уменьшаться, то задают такое неравенство:

$$y_7 \geq a_7.$$

$$0,1y_1 \leq y_2 \leq 0,16y_1.$$

Для определения поголовья скота на нагуле и откорме вводим такое условие:

$$z_{11} = \sum_{i=1}^{10} \frac{a_i x_i}{100}.$$

Животные группы нагула и откорма на протяжении года могут быть частично или полностью реализованы, количество животных, реализованных и оставшихся в этой группе на конец года можно определить такой зависимостью:

$$z_{11} = y_{11} + y_0.$$

В связи с тем, что в группе нагула и откорма могут находиться животные разных половозрастных групп и средний живой вес одной реализованной головы невозможно установить до решения задачи, коэффициенты линейной формы устанавливаются, исходя из среднего живого веса реализуемого поголовья скота по каждой половозрастной группе. Значение целевой функции определит общее количество мяса в живом весе, которое может быть получено от поголовья, предназначенного для реализации. Величина y_0 определит, сколько голов скота должно быть реализовано в текущем году. Из сформированной группы нагула и откорма для реализации отбирают тех животных, которые наиболее отвечают соответствующим требованиям. Поэтому при обороте стада крупного рогатого скота максимизируется количество говядины, которое может быть реализовано, что выражается такой зависимостью:

$$L = \sum_{i=1}^{11} \frac{a_i x_i}{100} + \sum_k \frac{m_k x_k}{100} \rightarrow \max;$$

$$i = \overline{1, 11}; \quad i \neq 5, 10; \quad k = 5, 10.$$

Для определения валового производства молока при построении модели задачи исходят из установленного плана производства молока и средней товарной продуктивности коров. На основе этих данных рассчитывают необходимое среднегодовое количество коров по упрощенной формуле:

$$\frac{a_1 + y_1}{2}$$

Это позволяет определить величину y_1 и затем использовать ее в соответствующем ограничении. Задав в модели задачи условие получения на конец года определенного количества коров, в оптимальном варианте оборота стада обеспечивают получение заданного количества молока и максимума говядины.

Построение матрицы для решения задачи по обороту стада рассмотрим на примере крестьянского (фермерского) хозяйства «ЗАРЯ» Усть-Джегутинского района КЧР. На начало года в хозяйстве было 420 коров, 69 нетелей, 305 телок старше года, 111 телок до года, 114 бычков старше года, 100 бычков до года. Предусматривалось получить 415 голов приплода, из них 212 телок и 213 бычков; выходное поголовье на конец года должно было возрасти с 905 до 1200 голов. Запланировано достичь среднего живого веса коров 459 кг, нетелей 326, телок старше года 271, телок до года 126, молодняка рождения текущего года 30, молодняка животных на откорме 164 кг. Для полноты модели в исходных условиях допускалась возможность падежа животных: по группе коров и нетелей 0,5%, по телкам и бычкам старше года 1%, телкам и бычкам до года 2%, по приплоду 3%.

Для оптимизации оборота стада крупного рогатого скота была составлена матрица [3, с. 114].

Условия первого вида модели формировали первые строки матрицы. По группе коров отсутствует перевод животных в старшие группы ($n_j = 0$), поэтому равенство состоит из таких элементов:

$$\frac{420x_1}{100} + y_1 - z_1 = 420 - \frac{420 \cdot 0,5}{100}$$

В матрице задачи это выражалось так: $4,2x_1 + y_1 - z_1 = 417,9$.

Во второй строке содержится условие по группе нетелей. В нашем примере на протяжении года не предусматривался перевод в группу коров животных из группы телок старше года, то есть в выражении

$$\frac{d_2 n_3}{100} = 0$$

Это условие позволяет равенство модели выразить так: $z_2 = n_3$, чем утверждается, что телки старше года могут быть переведены только в группу нетелей. Исходные условия по этой группе формализуются так:

$$\frac{69x_2}{100} + z_1 - n_3 + y_2 = 69 - \frac{69 \cdot 0,5}{100}$$

При формировании ограничения по группам телок старше года, бычков до года учитывалось условие модели.

При формировании условия по группе нетелей используем условие,

$$n_2 = z_1 + z_2 - n_3$$

которое в матрице ограничений представлено таким выражением:

$$0,69x_2 + y_2 - n_3 + z_1 = 68,7$$

Поэтому строка матрицы, регулирующая перевод нетелей в старшую группу, состоит из таких элементов:

$$0,69x_2 - n_3 + z_1 + z_2 = 68,7$$

При формировании условия модели задачи исходили из того, что можно оставить в группе телок старше года до 20% животных, имевшихся в хозяйстве на начало года:

$$y_3 - z_3 \leq 61$$

При формировании матрицы неравенство по группе коров выражалось так:

$$y_1 = y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_{11} = 1200$$

$$y_1 \geq 420$$

При формировании требования, обеспечивающего при решении задачи получение на конец года планового поголовья скота, было учтено, что в хозяйстве не предусматривалось иметь на конец года быков-производителей и волов. Поэтому в нашем примере y_6 и y_7 принимались равными нулю.

Заметим, что последующий ряд ограничений регулирует количество выбраковываемого скота. Параметры изменения переменных, выражающих процент выбраковки скота, кроме зоотехнических требований, в значительной мере зависят от исходной структуры стада. Если на начало года структура поголовья сложилась неудовлетворительной, то не всегда можно на протяжении года улучшить ее в соответствии с зоотехническими нормами, поэтому ограничения модели при плохих исходных условиях приходится регулировать в процессе решения системы, а задача при этом решается повторно. Это произошло и в нашем примере.

В связи с тем, что на начало года было 305 телок старше года и 111 телок до года, что не отвечало рекомендуемому соотношению этих половозрастных групп, по группам телок до года, приплоду телок и бычков потребовалось снизить нижний предел выбраковки скота до 1–2%, что в условиях хозяйства оказалось возможным.

Ряд строк матрицы отражает требования по регулированию количественных соотношений между отдельными половозрастными группами. Так, условие, выражающее требования по удельному весу нетелей в структуре стада, формируется так:

$$\begin{aligned} 0,16y_1 - y_2 &> 0; \\ 0,1y_1 - y_2 &\leq 0. \end{aligned}$$

При формировании модели исходили из того, что в группу коров может быть переведено до 30% телок старше года:

$$\begin{aligned} 0,7\eta_3 - z_2 &\leq 0; \\ \eta_3 - z_2 &> 0. \end{aligned}$$

Линейная форма, выражающая решение задачи максимального получения говядины в живом весе, включает такие элементы:

$$L = 1680x_1 + 224,9x_2 + 826,6x_3 + 139,9x_4 + 63,6x_5 + 399x_6 + 145x_7 + 63,9x_{10} \longrightarrow \max,$$

Исходные условия задачи и требования по формированию выходного поголовья крупного рогатого скота на конец года, выраженные в рассмотренной модели, оказались противоречивыми. В результате пришлось произвести корректирование некоторых параметров модели: верхний предел выбраковки коров увеличить до 20%, а нижние пределы выбраковки бычков до года и бычков рождения текущего года не устанавливать.

В результате решения задачи было получено такое выходное поголовье крупного рогатого скота: коров 447 голов, нетелей 72, телок старше года 167, телок до года 208, бычков старше года 100, бычков до года 206, а всего 1200 голов. По расчетам оборота стада, выполненным

специалистами хозяйства, не учитывавшими возможность перевода телок старше года, которых в хозяйстве было 305 голов, в группу коров, получено такое выходное-поголовье скота: коров 426, нетелей 70, телок старше года 190, телок до года 208, бычков старше года 100, бычков до года 206, быков-производителей 1, а всего 1200 голов.

В оптимальном варианте оборота стада по сравнению с планом специалистов на 21 голову увеличилось число коров, а их удельный вес в структуре стада возрос с 35,4 до 37,2%. Это произошло в основном за счет уменьшения выходного поголовья телок старше года до 167 голов против 190 голов в исходном варианте, что больше отвечает рациональной организации стада крупного рогатого скота. По расчетам специалистов предполагалось иметь 80 телок старше двух лет, а в оптимальном решении — 57. Для получения оптимальной выходной структуры необходимо произвести такую выбраковку скота: коров 67 голов, телок старше года 151, телок до года 1, телок рождения текущего года 4, бычков старше года 114, бычков рождения текущего года 7 голов. По исходному варианту необходимо было выбраковать коров 63 головы, телок старше года 155, телок до года 1, телок рождения текущего года 4, бычков старше года 114, бычков рождения текущего года 7 голов.

Такая выбраковка скота и организация его откорма позволяют в исходном варианте получить 1107,9 ц говядины, а в оптимальном — 1114,3 ц. Мясной контингент выходного поголовья скота по исходному варианту составляет 3536,6 ц, а по оптимальному 3570,8 ц, или на 34,2 ц больше. Увеличение поголовья коров по оптимальному варианту позволяет увеличить производство молока с 888,3 до 909,3 ц. Существенным преимуществом оптимального варианта является значительное улучшение структуры выходного поголовья скота, что позволяет уже в следующем году значительно увеличить производство животноводческой продукции.

Таким образом, данная модель оборота стада позволяет оптимизировать структуру поголовья крупного рогатого скота с помощью экономико-математического моделирования и получить оптимальные решения при соблюдении условий воспроизводства поголовья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боташев Р.А. Математические методы в задачах экономики: КЧГУ, 2018. — 224 с.
2. Боташев Р.А. Вестник КЧГУ: «Экономико-математические модели для расчета оптимальных планов развития животноводства». /Карачаевск: Изд-во КЧГУ, № 47. 2022 г.
3. Браславец М.Е. Экономико-математические методы в организации и планировании сельскохозяйственного производства: учебное пособие. — Москва: «Экономика», 1991. — 359 с.
4. Кравченко Р.Г. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве: учебное пособие. — Москва: Колос, 1991 г. — 542 с.

5. Kh.M. Tambieva, V.V. Kuzmenko, A.M. Troshkov, I.P. Kuzmenko, E.U. Karakaeva. Communicative competence as a resource of teenagers` personal development (научная статья) EFSC282 (2021) sychology of Personality.
6. Токова С.И. Основные тенденции развития экономики и управления в современной России. Сборник материалов X Всероссийской научной конференции студентов и молодых ученых в рамках Форума молодых экономистов и управленцев «НАУКА НА ВЫСОТЕ»: «Будущее сельского хозяйства — умное фермерство». / Карачаевск: Изд-во КЧГУ, 2021.

© Боташев Руслан Азаматович (botashevruslan@mail.ru), Токова Снежанна Исмаиловна (shezhanna_tokova@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева