

**Методические аспекты экономико-математического моделирования развития  
молочного скотоводства региона**

Иванова Марина Игоревна, доцент, Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия.

Иванов Анатолий Александрович, доцент, Вологодская ГМХА им. Н.В. Верещагина, г. Вологда, Россия.

**Аннотация.** В статье предложен методический подход к определению направлений развития молочного скотоводства, основанный на применении экономико-математического моделирования. Целью исследования является уточнение методики экономико-математического моделирования молочного скотоводства на уровне региона в условиях обеспечения молокоперерабатывающих предприятий сырьем собственного производства. Для определения оптимального плана развития молочного скотоводства, учитывающего особенности организации и функционирования отрасли в сельскохозяйственных предприятиях региона, применяется целевой системный подход, который предусматривает соответствие прогнозируемого состояния объекта закономерностям его развития, учитывает различные возможности развития объекта в целом и его частей, их взаимосвязей и структурных соотношений. С помощью предлагаемых моделей возможно проведение оценки ресурсного обеспечения развития отрасли и определение экономической эффективности вариантов его развития на перспективу. Наряду с решением вопросов методики экономико-математического моделирования развития молочного скотоводства на основе системного подхода представляется возможным обоснование перспектив развития молочной отрасли региона в целом. Решение практической задачи по предлагаемой модели предусматривает расчет площадей кормовых культур с учетом требований севооборотов, которые обеспечивают кормами молочное скотоводство. В модели могут детализироваться и углубляться вопросы структуры рационов кормления скота, зеленый конвейер и др. В качестве критерия оптимальности, как правило, используется минимум затрат на

производство кормов. В современных условиях, когда особо актуально достижение увеличения объема производства молока в качестве критерия оптимальности в модели будет нахождение его максимального значения. В составе исследуемой системы рассматриваются все сельскохозяйственные предприятия, производящие молоко для реализации в существенных объемах, и связанные с ними через систему заготовок предприятия молочной промышленности. При наличии существенных объемов производства молока в хозяйствах населения региона данный элемент также может быть включен в модель.

**Ключевые слова:** молочное скотоводство, методы моделирования, экономико-математическое моделирование.

### **Methodical aspect economic-mathematical modeling development of dairy cattle breeding in the region**

Marina Ivanova, associate Professor, Vologda state University, Vologda, Russia.

Ivanov Anatoly, associate Professor, Vologda GMHA.N. In.Vereshchagin, Vologda, Russia.

**Abstract.** The article proposes a methodical approach to determining the directions of development of dairy cattle, based on the application of economic and mathematical modeling. The aim of the study is to clarify the methods of economic and mathematical modeling of dairy cattle breeding at the regional level in terms of providing dairy enterprises with raw materials of their own production. To determine the optimal plan for the development of dairy cattle, taking into account the peculiarities of the organization and functioning of the industry in the agricultural enterprises of the region, a target system approach is used, which provides for compliance of the projected state of the object with the laws of its development, takes into account various possibilities of the development of the object as a whole and its parts, their relationships and structural relations. With the help of the proposed models, it is possible to assess the resource support for the development of the industry and determine the economic efficiency of its development options for the future. Along with the solution of questions of a technique of economic and mathematical modeling of development of dairy cattle breeding on the basis of system approach it is

possible to substantiate prospects of development of dairy branch of the region as a whole. The solution to the practical problems of the proposed model requires the calculation of forage crops area subject to the requirements of crop rotations that provide forages dairy cattle. The model can detail and deepen the issues of the structure of animal feeding rations, green conveyor, etc. as a criterion of optimality, as a rule, the minimum cost of feed production is used. In modern conditions, when it is particularly important to achieve an increase in milk production as a criterion of optimality in the model will find its maximum value. As part of the system under study, all agricultural enterprises producing milk for sale in significant amounts, and associated with them through the system of preparations of the dairy industry are considered. If there are significant volumes of milk production in the farms of the population of the region, this element can also be included in the model.

**Key words:** dairy cattle breeding, modeling methods, economic and mathematical modeling.

Молочное скотоводство является ключевой отраслью сельского хозяйства Вологодской области. Определение перспектив развития молочного скотоводства региона на перспективу обуславливает необходимость комплексного прогнозирования развития отрасли на уровне сельскохозяйственных предприятий и определения необходимых пропорций развития молокоперерабатывающей отрасли АПК на перспективу. Исходное положение концепции дальнейшего развития молочного скотоводства региона – увеличение объема производства молока для удовлетворения потребностей потребителей в молочных продуктах.

Целью исследования является уточнение методики экономико-математического моделирования молочного скотоводства на уровне региона в условиях обеспечения молокоперерабатывающих предприятий сырьем собственного производства.

Задачи исследования соответствуют этапам реализации методологического подхода к моделированию отрасли:

- выявление методических аспектов определения и оценки оптимального уровня состояния и развития молочного скотоводства;

- обоснование возможностей системного подхода к моделированию развития молочного скотоводства региона;
- совершенствование отдельных аспектов методики экономико-математического моделирования развития молочного скотоводства.

Научная новизна исследования заключается в определении вариантов перспективного развития молочного скотоводства региона в условиях молочного кластера с использованием методов экономико-математического моделирования.

В современной экономической литературе существуют различные подходы к обоснованию перспектив развития молочного скотоводства с помощью математического моделирования. Авторами предлагается построение моделей наиболее распространенных механизированных технологических процессов в отрасли, приводятся методы расчета машин и оборудования, используемого в молочном скотоводстве [1, с.11-16], либо рассматривается один из аспектов увеличения производства молока: организационно-технологический [2, с. 38-703, с. 212-215], управленческий и кадровый [4, с.44-47; 5, с.20-27].

Методическим подходом к определению оптимального уровня, учитывающего особенности организации и функционирования молочного скотоводства в сельскохозяйственных предприятиях региона, является целевой системный подход, который предусматривает соответствие прогнозируемого состояния объекта закономерностям его развития, учитывает различные возможности развития объекта в целом и его частей, их взаимосвязей и структурных соотношений.

В зависимости от цели исследования один и тот же объект может рассматриваться с разных точек зрения, то есть как элемент разных систем. Ключевыми принципами целевого прогнозирования являются целенаправленность и системность, при этом под системой понимается обособленная совокупность взаимосвязанных элементов, обладающая целенаправленностью.

Системный подход к обоснованию перспектив развития молочного скотоводства связан с исследованием особенностей отрасли как системы. Взаимодействие производственных и организационных подсистем, как элементов

молочного подкомплекса АПК, и отдельных мероприятий, как элементов этих подсистем, определяет целостность рассматриваемой системы. Системные свойства объекта в целом обусловлены эффектом взаимодействия отдельных его элементов.

Экономические исследования перспектив развития молочного скотоводства проводятся на основе системного подхода с применением традиционных методов. Один из подходов позволяет определить перспективы развития кластера в целом или его элементов с помощью статистических методов (факторная регрессия, сглаживание по скользящей средней, построение трендов и т.д.). В большинстве рекомендаций по прогнозированию и долгосрочному планированию развития и размещения молочного скотоводства, как ключевой отрасли молочного кластера, предполагается проводить расчеты, в которых осуществляется поиск путей увеличения объема производства продукции молочного скотоводства на основе согласования цели и тренда развития отрасли [6, с. 43-45; 7, с. 207-211].

Однако при исследовании перспектив развития молочного скотоводства в качестве перспективных видится использование методов математического моделирования. Разработка системы многоуровневых моделей развития молочного скотоводства в рамках молочного подкомплекса АПК, либо в условиях современной кластеризации отрасли, позволит решить проблемы совершенствования структуры кластера, определение направлений его развития на перспективу, выявление потенциала сельскохозяйственных предприятий по объему производства молока и эффективных вариантов размещения предприятий молочной промышленности на основе методов экономико-математического моделирования.

Наряду с решением вопросов методики экономико-математического моделирования развития молочного скотоводства на основе системного подхода представляется возможным обоснование перспектив развития молочной отрасли региона в целом.

В составе исследуемой системы рассматриваются все сельскохозяйственные предприятия, производящие молоко для реализации в существенных объемах, и связанные с ними через систему заготовок предприятия молочной

промышленности. При наличии существенных объемов производства молока в хозяйствах населения региона данный элемент также может быть включен в модель.

Экономико-математическая модель молочного подкомплекса АПК отражает наиболее существенные взаимосвязи и условия функционирования отдельных элементов системы по производству, транспортировке и переработке молока.

В модели проведен расчет вариантов развития кормопроизводства для молочного стада, а также уровней молочной продуктивности, определяемых возможностями ее увеличения за счет генетических факторов и развития кормовой базы. Коэффициенты удельного расхода основных видов ресурсов на единицу площади и кормовых культур или угодий разрабатываются с помощью экономических расчетов на основе уравнений линейной зависимости урожайности кормовых культур от уровня затрат труда и денежных средств на гектар.

Расчет потребности в кормах для молочного стада производится по кормовым единицам и переваримому протеину. Уровень кормления и структура рационов коров определяется на основе нормативных справочных данных. Размер потерь кормов (по видам) при транспортировке и хранении, а также страховые запасы кормов для создания сбалансированной и надежной кормовой базы устанавливаются исходя из принятых нормативных показателей. При расчете выхода кормов с гектара зернофуражных культур исключается доля реализуемого зерна и семенной фонд. Урожайность кормовых культур (в ц к.ед.) устанавливается с учетом их фактической питательности за последние 3 года.

Полученные данные являются исходными для экономико-математических задач, в ходе решения которых определяются возможные варианты развития молочного скотоводства региона.

На первом этапе экономическая постановка задачи следующая: определить возможности сельскохозяйственных предприятий региона по увеличению производства молока с учетом развития кормопроизводства. Целевой функцией является максимум производства молока:

$$\sum_{j \in N} (X_j * Y_{xj}) \Rightarrow \max$$

Но следует учитывать, что создание устойчивой кормовой базы зависит не только от использования природных и экономических условий, от уровня урожайности сельскохозяйственных культур и других факторов, но и от структуры кормопроизводства в сельскохозяйственных предприятиях региона.

Практическое решение такой задачи может быть сведено к различным постановкам, как по критерию оптимальности, так и подготовке исходной информации. Возможно, на предприятии установлены необходимые объемы кормов и уже определена структура кормового баланса по основным элементам питания. При этом известен перечень культур, которые может возделывать хозяйство, их урожайность и содержание в кормах питательных веществ. При этом следует определить оптимальный состав кормовых культур и их структуру, которые бы обеспечили необходимые объемы производства кормов для животноводства. Критерием оптимальности в модели при такой постановке задачи будет минимум размера кормовых угодий.

При другой постановке задачи уже определена площадь, на которой могут возделываться кормовые культуры, а также их перечень. В исходной информации к модели обосновывается урожайность культур, питательность кормов, затраты на их производство и структура кормового баланса. Определяется оптимальная структура кормовых культур для обеспечения необходимого уровня обеспечения кормами молочного скотоводства, которая обеспечивает минимум затрат на производство кормов в целом (или определенных видов кормов).

В следующей постановке задачи одновременно оптимизируется и структура кормового баланса, при которой выполняются плановые задания по реализации молока и другой продукции животноводства, определяются оптимальные рационы кормления. При этом достигается использование минимальной посевной площади под кормовые культуры или имеют место минимальные затраты труда и средств на производство кормов. Критерием оптимальности при такой постановке задачи принимается максимальное производство молока [8, с. 354-359; 9, с.322-328].

Решение практической задачи по предлагаемой модели предусматривает расчет площадей кормовых культур с учетом требований севооборотов, которые



обеспечивают кормами молочное скотоводство. В модели могут детализироваться и углубляться вопросы структуры рационов кормления скота, зеленый конвейер и др. В качестве критерия оптимальности, как правило, используется минимум затрат на производство кормов. В современных условиях, когда особо актуально достижение увеличения объема производства молока в качестве критерия оптимальности в модели будет нахождение его максимального значения.

В общем виде на последующих этапах решения задача будет записываться следующим образом.

Целевая функция выбирается в зависимости от варианта постановки задачи и имеет следующий вид:

$$\sum_{j \in N} C_j X_j + \sum_{j \in N1} C_j X_j \Rightarrow \max (\min)$$

Ограничения модели:

- по использованию земельных угодий

$$\sum_{j \in N} b_{ij} X_j \leq B_i, \quad i \in M$$

- по использованию производственных ресурсов

$$\sum_{j \in N} a_{ij} X_j + \sum_{j1 \in N1} a_{ij1} X_{j1} \leq A_i, \quad i \in M1$$

- обеспечение животных питательными веществами

$$-\sum_{j \in N} v_{ij} X_j + \sum_{j1 \in N1} d_{ij1} X_{j1} \leq D_i, \quad i \in M2$$

- формирование структуры кормовых рационов

$$\sum_{j1 \in N1} d_{ij1} \min X_{j1} \leq \sum_{j \in N} v_{ij} X_j \leq \sum_{j1 \in N1} d_{ij1} \max X_{j1}, \quad i \in M3$$

- гарантированное производство молока

$$-\sum_{j1 \in N1} X_{j1} \leq -Q_{j1}, \quad i \in M1$$

В модель можно включить и другие, в том числе и специфические ограничения, возникшие в ходе решения конкретной производственной задачи. Например,



ограничения по приобретению кормов, по вводу новых скотомест, по привлечению дополнительной рабочей силы, аренде техники и т.д.

В модели применены следующие условные обозначения:

$X_j$  – переменная, обозначающая площадь возделывания  $j$  культуры;

$X_{j1}$  – переменная, обозначающая объем производства  $j1$  вида продукции животноводства или количество голов  $j1$  вида животных;

$C_j$  – коэффициенты целевой функции, отражающие выбранный критерий оптимальности;

$i$  – индекс земельный угодий, производственных ресурсов, питательных веществ, групп кормов;

$j$  – индекс кормовых культур;

$j1$  – индекс животноводческой продукции, видов животных;

$M$  – множество земельных угодий;

$M1$  – множество производственных ресурсов;

$M2$  – множество питательных веществ;

$M3$  – множество групп кормов;

$N$  – множество кормовых культур;

$N1$  – множество видов продукции животноводства, видов животных;

$b_i$  – площадь  $i$  вида земельных угодий;

$a_{ij}$  – затраты  $i$  производственного ресурса на единицу  $j$  культуры;

$a_{ij1}$  – затраты  $i$  производственного ресурса на единицу  $j1$  отрасли животноводства;

$A_i$  – объем  $i$  производственного ресурса;

$d_{ij1}$  – норма расхода  $i$  питательного вещества на 1 ц  $j1$  вида продукции животноводства или на 1 голову  $j1$  вида животных;

$v_{ij}$  – выход  $i$  питательного вещества с единицы  $j$  культуры;

$d_{ij1\max}$  – максимальная норма потребления  $i$  группы кормов с единицы  $j$  культуры;

$d_{ij1\min}$  – минимальная норма потребления  $i$  группы кормов с единицы  $j$  культуры;

$D_i$  – объем запаса кормов в хозяйстве;

$Y_{j1}$ - продуктивность животных (выход продукции  $j_1$  вида на 1 голову  $j_1$  вида животных);

$Q_{j1}$ - гарантированный объем производства  $j_1$  вида продукции животноводства или выходное поголовье  $j_1$  вида животных. В модели, актуальной для большинства сельскохозяйственных предприятий региона это, как правило, гарантированный объем производства молока.

В экономико-математической модели предусмотрен расчет вариантов развития кормопроизводства для молочного стада, а также уровней молочной продуктивности, определяемых возможностями ее увеличения за счет генетических факторов и развития кормовой базы [10, с. 106-113].

Наличие в сельскохозяйственных предприятиях других производственных отраслей (кроме молочного скотоводства) может быть учтено в модели через распределение соответствующих ресурсов (площадь пашни, сенокосов, пастбищ, объем трудовых ресурсов и др.).

Решение задач по оптимизации кормопроизводства с применением различных критериев оптимальности позволяет определить резервы снижения затрат на кормопроизводство, возможности увеличения производства молока и выявить направления повышения экономической эффективности функционирования молочного скотоводства на уровне региона.

Ограничения по полноте переработки молока и по соответствию объемам его переработки производственным мощностям предприятий молочной промышленности региона ( $F_1$ ) необходимо в модели для определения факторов развития молокоперерабатывающих предприятий региона в условиях использования собственных сырьевых ресурсов региона.

Данное ограничение имеет следующий вид:

$$\sum_{j \in N_2} \sum_{l \in L} (K_j * X_j * Y_{xjl}) \leq \sum_{l \in L} F_1,$$

где  $K_j$  – коэффициент товарности молока в  $j$ -ом хозяйстве,

$N_2$  – множество сельскохозяйственных предприятий региона,

$L$  – множество молокоперерабатывающих предприятий региона.

В итоге модель имеет блочную структуру. В качестве отдельных блоков модели выступают сельскохозяйственные предприятия. Связующим блоком модели служат ограничения по полноте переработки молока, соответствию объемов реализации молока производственным мощностям молокоперерабатывающих предприятий региона, а также ограничения по наличию отдельных видов ресурсов на уровне региона.

Модель позволяет провести анализ возможностей увеличения производства молока не только по каждому сельскохозяйственному предприятию региона, но и оценить текущее состояние кормопроизводства и молочного скотоводства на уровне предприятий и региона, а также определить перспективные варианты развития молочного скотоводства региона и необходимые для их реализации ресурсы.

В перспективе представленные в работе методические подходы могут быть использованы для моделирования отраслевых кластеров АПК, а также положены в основу экономико-математической модели развития АПК региона.

### Список используемых источников:

1. Аспекты математического моделирования в молочном скотоводстве. Монография/ В.Ф. Ужик, О.В. Ужик, Я.В. Ужик.- Белгород: Издательство ФГОУ ВПО БелГСХА им. В.Я. Горина, 2012.-303 с.
2. Кузнецов В. М. Современные методы анализа и планирования селекции в молочном стаде. Киров, Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2001, 116 с.
3. Шилова И.Н., Бахвалова Е.С // Экономическая оценка возможности повышения производительности труда в животноводстве на примере колхоза «Племзавод Родина». - В сборнике: Научная мысль XXI века: результаты фундаментальных и прикладных исследований //Материалы Международной научно-практической конференции . С. 212-215.
4. Роскова О.А., Медведева Н.А. Экономические предпосылки развития риск-менеджмента в сельском хозяйстве.- Агробизнес: экономика – оборудование – технологии, 2005, №7. С. 44-47.
5. Иванова М.И., Иванов А.А. Особенности моделирования развития сельской образовательной системы // Управление территориями и хозяйствующими субъектами в условиях экономической нестабильности: глобальные вызовы и механизмы развития. Материалы научно-практической конференции (г. Вологда, 1 декабря 2015 г.).-Вологда: Вологодский филиал РАНХиГС, 2016. С.19-39.
6. Буценко Л. Прогнозирование перспектив развития молочного подкомплекса / Л. Буценко // АПК: экономика, управление. – 2008. – № 5. – С. 43-45.
7. Дегтярёва Т.Д. Прогнозирование аграрного производства региона с применением адаптивных моделей / Т.Д. Дегтярёва, Е.А. Чулкова // Известия Оренбургского гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 1. – С. 207-211.
8. Иванова М.И., Иванов А.А. Методические аспекты экономико-математического моделирования развития молочного кластера региона. Научное издание. Беловский сборник, выпуск 3, Вологда, 2017.- ВоГУ 2017, Вол. НЦ РАН 2017, 417 с., С. 354-359.
9. Иванов А.А., Иванова М.И. Определение направлений повышения экономической эффективности молочного скотоводства на основе методов

экономико-математического моделирования/ Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы [Текст] : материалы междунар. науч.- практ. конф., г. Вологда – Молочное, 28 февраля – 1 марта 2018 г. – Вологда : ФГБУН ВолНЦ РАН, 2018. – 366 с., С. 321-329.

10. Миронова Н.А., Харламова К.К. Использование унифицированных электронных форм отчетности в животноводстве // Молочнохозяйственный вестник.- 2015. № 1 (17). С. 106-113.