

УДК 004.42:338:519.85

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КЛАСТЕРА РЕГИОНА

¹Медведев А.В., ²Косинский П.Д., ³Бондарева Г.С.

¹Кемеровский филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет экономики, статистики и информатики» Кемерово, e-mail: alexm_62@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, e-mail: krishtof@mail.ru;

³ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», Кемерово, e-mail: galina0205@mail.ru

Одним из возможных инструментов устойчивого развития регионального агропромышленного комплекса может стать формирование такой региональной интегрированной структуры, как агропродовольственный кластер. Для решения указанной задачи требуется разработка математических моделей управления сельскохозяйственной отраслью, ее подсистемами или интегрированными структурами для оценки эффективности их деятельности. В статье обоснованы необходимость и возможность применения экономико-математического моделирования к формированию и развитию интегрированных структур в агропромышленном комплексе. Предложены содержательная и математическая постановка задачи моделирования регионального агропродовольственного кластера, а также основанная на оптимизационно-имитационном подходе его математическая модель в форме многопараметрической задачи линейного программирования, при решении которой определяется оптимальный уровень инвестиций, объемов производства и выручки от реализации продукции при функционировании регионального агропродовольственного кластера. Выбранный класс математической модели дает основание на ее эффективный теоретический и численный анализ.

Ключевые слова: агропродовольственный кластер, оптимизационная математическая модель, прогнозный экономический эффект

ECONOMIC AND MATHEMATIC MODELING OF THE REGION'S AGRO-FOOD CLUSTER

¹Medvedev A.V., ²Kosinsky P.D., ³Bondareva G.S.

¹Moscow State University of economics, Statistics and Informatics, Kemerovo, e-mail: alexm_62@mail.ru;

²Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: krishtof@mail.ru;

³Kemerovo state agricultural institute, Kemerovo, e-mail: galina0205@mail.ru

One of the possible instruments of sustainable development of regional agriculture complex could become a regional integrated structure as the agro-food cluster. In the article the necessity of application of economic-mathematical modelling of the forming and development of integrated structures in the agro-industrial complex are justified. Solving this problem requires the development of mathematical models of management of agricultural industry, its subsystems and integrated structures to assess the effectiveness of their activities. Proposed content and mathematical formulation of the problem of modeling the regional agro-food cluster, as well as the mathematical model based on the optimization-simulation approach. The mathematical model in the form of multiparameter linear programming task determines the optimal level of investments, production and revenues from sales of products for the operation of the regional agro-food cluster. Selected class of mathematical model gives us the foundation for an effective theoretical and numerical analysis.

Keywords: the agro-food cluster, the optimization mathematical model, the forecast economic effect

Необходимость изучения интегрированных структур в агропромышленном комплексе связана с изменениями производственных отношений, социально-политических и организационно-экономических условий производства, формированием многоукладной экономики, развитием рынка, что влечет за собой изменения структур и механизмов взаимодействия предприятий агропромышленного комплекса.

По нашему мнению, одним из возможных инструментов устойчивого развития регионального агропромышленного комплекса может стать формирование такой региональной интегрированной структуры, как агропродовольственный кластер, который будет являться своеобразным локо-

мотивом динамичного развития сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, и служить повышению уровня и качества продовольственного обеспечения населения региона. Кроме того, «...формирование агропромышленных кластеров может стать одним из перспективных направлений как в решении стратегических задач в агропродовольственной сфере, так и в повышении устойчивости экономического развития региона» [1]. Обоснование целесообразности формирования агропродовольственного кластера, как сложной социально-экономической системы, должно базироваться на использовании системного подхода, суть которого заключается в использовании концепции оптимизации

денежных потоков доходов и расходов основных экономических агентов, заинтересованных в эффективном функционировании агропродовольственного кластера региона. «Системный подход к продовольственной самообеспеченности – это совокупность и комплексное использование таких подходов в деятельности АПК, как структурный, инвестиционный, управленческий, финансово-бюджетный и ряд других» [2; 3].

Для решения описанной выше задачи требуется разработка математических моделей управления сельскохозяйственной отраслью, ее подсистемами или интегрированными структурами для оценки эффективности их деятельности.

Содержательная постановка задачи

При разработке моделей крупных социально-экономических систем и оценке эффективности их функционирования, в связи с наличием множества влияющих на это факторов, возникают проблемы взаимной увязки операционных, инвестиционных, финансовых потоков экономических агентов в них, что, в частности, порождает необходимость использования большого количества данных, используемых в процессе моделирования. Для обработки данной информации необходимо использовать автоматизированные средства анализа, эффективность применения которых зависит от сбалансированности математических моделей, лежащих в основе алгоритмов ее обработки.

При этом используются либо имитационные, либо оптимизационные математические модели. В имитационных моделях подробно описываются инвестиционные, производственные и финансовые потоки указанных структур, что требует большого количества численных экспериментов. При этом не решается задача оптимизации потоков и не гарантируется получение даже квазиоптимального сценария. В оптимизационных моделях результат функционирования социально-экономической системы описывается, как правило, в виде упрощенных производственных функций, что в значительной степени не устраивает экономистов-аналитиков. В данной работе предлагается основанная на оптимизационно-имитационном подходе [4] гибридная математическая модель в форме линейной задачи оптимизации. В указанной модели, при формировании доходных и расходных характеристик экономических агентов (производителя, потребителя, налогового органа), используется достаточно универсальный алгоритм, соответствующий существующим правилам расчета прибыли, амортизации, налоговых и прочих затрат производителя, а также оплаты труда потре-

бителя и налоговых сборов управляющего органа.

Для обоснования целесообразности формирования агропродовольственного кластера модифицируется математическая модель реальных инвестиций, опубликованная в работе [5]. В указанной работе в качестве основного критерия эффективности функционирования экономической системы (агропродовольственного кластера) выбирается дисконтированное сальдо ее доходных и расходных потоков.

Математическая постановка задачи

Введем следующие обозначения:

y_k – объем производства по k -му виду сельскохозяйственной продукции, тыс. т;

m_k – количество приобретаемых основных производственных фондов для производства k -го вида сельскохозяйственной продукции, ед.;

q_k – прогнозный спрос на продукцию k -го вида в стоимостном выражении, рублей;

V_k – проектная производительность основных производственных фондов по k -му виду;

T_k – срок службы основных производственных фондов k -го вида, лет;

P_k – стоимость единицы продукции k -го вида, рублей;

T – срок действия (горизонт планирования), лет;

c_k – среднегодовая стоимость основных производственных фондов k -го вида сельскохозяйственной продукции, рублей;

$x_k = c_k m_k$ ($k = 1, \dots, n$) – инвестиции (стоимость, вложения для поддержания в рабочем состоянии) приобретаемых основных производственных фондов k -го типа, рублей;

$x_{n+k} = P_k m_k y_k$ ($k = 1, \dots, n$) – выручка от продажи продукции k -го вида, рублей;

$$\Rightarrow y_k = \frac{x_{n+k}}{P_k m_k} = \frac{c_k x_{n+k}}{P_k x_k} \quad (k = 1, \dots, n) \quad -$$

выпуск продукции k -го вида, т;

$$R = \sum_{k=1}^n P_k m_k y_k \quad - \text{ суммарная выручка от}$$

реализации по всем видам продукции;

$F = \beta R$ – фонд оплаты труда, определяемый как заданный экспертно процент β выручки от реализации R всей продукции;

$$X = \sum_{k=1}^n x_k \quad - \text{ суммарные инвестиции}$$

в приобретение основных производственных фондов;

$$Am = T \sum_{k=1}^n \frac{c_k m_k}{T_k} - \text{сумма амортизационных отчислений за весь горизонт планирования } T \text{ по всем видам основных производственных фондов, рублей;}$$

z – суммарные материальные затраты, определяемые в виде заданного процента от общих затрат деятельности агропродовольственного кластера, рублей;

$$\delta_k = \frac{P_k V_k}{c_k} - \text{относительный показатель эффективности по } k\text{-го вида основных производственных фондов;}$$

где α_3 – ставка единого сельскохозяйственного налога (ЕСХН); α_4 – ставка отчислений с фонда оплаты труда на обязательное страхование, или, с учетом введенных обозначений,

$$W = (1 - \alpha_3) \left[- \sum_{k=1}^n \theta_k x_k + (1 - \beta) \sum_{k=1}^n x_{n+k} \right]. \quad (2)$$

Собственные средства агропродовольственного кластера можно представить в виде: $Ds = Am + W$ или, с учетом введенных обозначений,

$$Ds = \sum_{k=1}^n \gamma_k x_k + \gamma \sum_{k=1}^n x_{n+k}. \quad (3)$$

Предположим, что в процессе своего функционирования агропродовольственный кластер будет платежеспособен, то есть выполняется условие $Ds \geq 0$.

Среди основных факторов, влияющих на стабильность развития и эффективность функционирования любой экономической системы, можно выделить два фактора. Первый – фактор спроса на производимую продукцию как основной рыночный фактор, позволяющий избежать неэффективного развития экономической системы из-за перепроизводства продукции. Вторым – фактор научно-технического прогресса, ограничивающего производственные возможности экономической системы характеристиками и уровнем развития основных фондов, которые непосредственно вовлечены в процесс производства продукции и влияют на объем и качество выпускаемой продукции. Поэтому при функционировании агропродовольственного кластера целесообразно рассматривать следующие ограничения:

1) $0 \leq P_k m_k y_k \leq q_k$ – объем продаж продукции k -го типа (в стоимостном выражении) не превышает спрос на нее;

$$\gamma_k = \alpha_3 \frac{T}{T_k} - 1;$$

$$\sigma_k = \alpha_3 \frac{T}{T_k} = \gamma_k + 1;$$

$$\theta_k = T/T_k;$$

$$\gamma = (1 - \alpha_3)(1 - \beta) \quad (k = 1, \dots, n).$$

Чистая прибыль (после налогообложения), полученная участниками агропродовольственного кластера, будет описана следующим выражением:

$$W = (1 - \alpha_3)(R - (Am + F(1 + \alpha_4) + X + z)), \quad (1)$$

2) $0 \leq y_k(t) \leq q_k$, то есть выпуск продукции k -го типа не превосходит производительности ОПФ (определяемой уровнем научно-технического прогресса).

Критерием эффективности (оптимизации) в модели агропродовольственного кластера будем считать его чистую приведенную стоимость J , отражающую добавленную стоимость функционирования создаваемой интегрированной структуры:

$$J = -\bar{I} - I + \frac{W + Am}{1 + r}, \quad (4)$$

где r – ставка дисконтирования, учитывающая уровень инфляции, требования доходности инвестора и другие риски за весь период функционирования агропродовольственного кластера.

Таким образом, можно говорить об универсальности приведенной оптимизационной математической модели для оценки эффективности агропродовольственного кластера, в которой учтены операционные, инвестиционные, финансовые потоки, возникающие в результате деятельности участвующих в данной социально-экономической системе экономических агентов – производителя (прибыль, затраты), потребителя (фонд оплаты труда), налогового органа (крупнейшие налоговые потоки), а также ограничения их деятельности (платежеспособность, спрос, научно-технический прогресс, инвестиционные ограничения) – с учетом специфики сельскохозяйственного производства региона.

Учитывая введенные обозначения и формулы (1)–(4), математическая модель агропродовольственного кластера приобретает формализованный вид:

$$J = \frac{\sum_{k=1}^n \sigma_k x_k + \gamma \sum_{k=1}^n x_{n+k}}{1 + r} \rightarrow \max; \quad (5)$$

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^n \gamma_k x_k + \gamma \sum_{k=1}^n x_{n+k} + x_{2n+1} + x_{2n+2} \geq 0; \\ x_{n+k} \leq q_k; \\ x_{n+k} \leq \delta_k x_k \quad (k = 1, \dots, n); \\ x_k \geq 0 \quad k = (1, \dots, 2n). \end{cases}$$

Заклучение

Модель (5) является многопараметрической задачей линейного программирования, при решении которой определяется оптимальный уровень инвестиций, производства и выручки от реализации продукции. В ней учитываются налоговые потоки, зарплатоемкость, материальные затраты, характеристики основных производственных фондов (среднегодовая стоимость, срок полезного использования), характеристики продукции (стоимость по каждому виду сельскохозяйственной продукции, потребительский спрос), показатели среды функционирования агропродовольственного кластера (показатели внутренней и внешней среды): ставка дисконтирования (учитывающая уровень инфляции, требования доходности инвестора и другие риски за весь период функционирования агропродовольственного кластера), горизонт планирования, максимальные суммы инвестиционных вложений в развитие отрасли.

В отличие от базовой модели, приведенная здесь модель адаптирована к анализу функционирования регионального агропродовольственного кластера и имеет следующие содержательные особенности.

1. Модель впервые применяется к агропродовольственному кластеру, который характеризуется высокой материальной затратностью сельскохозяйственного производства (удельный вес материальных затрат в структуре затрат на производство сельскохозяйственной продукции колеблется на уровне 60–70%).

2. Может учитывать специфику сельскохозяйственного производства в виде высокой зарплатоемкости (удельного веса заработной платы работников отрасли в общих затратах агропредприятий), что ведет к низкой производительности труда и ограничивает конкурентоспособность отрасли.

3. Может учитывать повышенный срок эксплуатации основных производственных фондов в АПК, существенно отличающийся от других отраслей экономики. Более 80% техники и оборудования в сельском хозяйстве, используемых в производственном процессе, находятся за пределами нормативного срока эксплуатации.

4. Допускает возможность применения специального режима налогообложения –

единого сельскохозяйственного налога (ЕСХН) для сельскохозяйственных предприятий, существенно снижающего налоговую нагрузку на сельскохозяйственных товаропроизводителей и первичных переработчиков сельскохозяйственного сырья.

5. Учитывает особенности динамики спроса на продукцию, характеризующегося относительным постоянством, что отличает сельскохозяйственную отрасль от других отраслей экономики.

Модель (5) может быть положена в основу определения прогнозного экономического эффекта от функционирования агропромышленного кластера.

Список литературы

1. Косинский П.Д. Кластерный подход к формированию продовольственной обеспеченности населения региона / П.Д. Косинский, Г.С. Бондарева // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2012. – № 3(51). – С. 280–284.
2. Косинский П.Д. Продовольственная самообеспеченность региона как основа повышения качества жизни населения: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – Кемерово, 2007. – С. 18.
3. Косинский П.Д. Продовольственная самообеспеченность региона и качество жизни населения / П.Д. Косинский, В.А. Шабашев. – Томск: Изд-во ТГУ, 2009. – 304 с.
4. Медведев А.В. Концепция оптимизационно-имитационного моделирования региональных социально-экономических систем // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 7. – С. 21–25.
5. Медведев А.В. Применение z-преобразования к исследованию многокритериальных линейных моделей регионального экономического развития: монография. – Красноярск: Изд-во СибГАУ им. акад. М.Ф. Решетнева, 2008. 228 с.

References

1. Kosinski P.D. Cluster-approach to food security for the people of the region / P.D. Kosinski, G.S. Bondareva // Bulletin of the Kemerovo State University. 2012. no. 3 (51), pp. 280–284.
2. Kosinski P.D. Food self-sufficiency in the region as a basis for improving the quality of life of the population: Autoref. of diss. Doct. Econ. Sciences. Kemerovo, 2007. pp. 18.
3. Kosinski P.D. Food self-sufficiency in the region and the quality of life of the population / P.D. Kosinski, V.A. Shabashov. Tomsk, 2009. 304 p.
4. Medvedev A.V. A concept of optimization-imitation modelling of regional socio-economic systems // International Journal of applied and fundamental research. 2013. no. 7. pp. 21–25.
5. Medvedev A.V. Application of z-transformation to research of multicriteria linear models of regional economic development. Krasnoyarsk: Publishing house of SibSAU named after academician M.F. Reshetnev, 2008. 228 p.

Рецензенты:

Попов Е.А., д.ф.-м.н., профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск;

Березнев С.В., д.э.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово.

Работа поступила в редакцию 30.10.2013.