

Научная статья**УДК 332.145****DOI: 10.25683/VOLBI.2023.64.694****Aleksey Viktorovich Medvedev**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Fundamental Mathematics,
Kemerovo State University
Kemerovo, Russian Federation
mm_62@mail.ru

Алексей Викторович Медведев

д-р физ.-мат. наук, проф.,
профессор кафедры фундаментальной математики,
Кемеровский государственный университет
Кемерово, Российская Федерация
alexm_62@mail.ru

Elena Anatolyevna Zhidkova

Doctor of Economics, Associate Professor,
Head of the Department of Accounting,
Analysis and Audit,
Kemerovo State University
Kemerovo, Russian Federation
291154@kemsu.ru

Елена Анатольевна Жидкова

д-р экон. наук, доц.,
заведующий кафедрой бухгалтерского учета,
налогообложения и финансов,
Кемеровский государственный университет
Кемерово, Российская Федерация
291154@kemsu.ru

Aleksandra Mikhailovna Dvorovenko

Assistant of the Department of Accounting,
Analysis and Audit,
Kemerovo State University
Kemerovo, Russian Federation
mars@kemsu.ru

Александра Михайловна Дворовенко

ассистент кафедры бухгалтерского учета,
налогообложения и финансов,
Кемеровский государственный университет
Кемерово, Российская Федерация
mars@kemsu.ru

Ivan Mikhailovich Kislyakov

Senior lecturer of the Department of Information Security,
Kuzbass State Technical University
Kemerovo, Russian Federation
kemerovo85@mail.ru

Иван Михайлович Кисляков

старший преподаватель кафедры информационной безопасности,
Кузбасский государственный технический университет
Кемерово, Российская Федерация
kemerovo85@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

5.2.3 — Региональная экономика

Аннотация. Для изучения сложных региональных социально-экономических структур, в том числе при решении вопросов планирования и прогнозирования их развития, целесообразно привлечение адекватных и объективных инструментов управленческого, производственного, финансового характера, к которым с полным правом относятся экономико-математическое моделирование и средства автоматизированной обработки и анализа входной и выходной модельной информации. В данной работе предлагается использовать указанный инструментарий для прогнозирования развития агропродовольственного комплекса региона. Предлагаемый инструментарий включает оптимизационную математическую модель агропродовольственного комплекса региона в форме линейной задачи математического программирования и программный комплекс ее многопараметрического анализа. Рассмотрены содержательная и математическая постановка задачи функционирования агропродовольственного комплекса региона, некоторые его особенности и ограничения. Построенная модель позволяет выявить экономический потенциал регионального агропродовольственного комплекса, а также допускает свой эффективный численный анализ на основе параметрического анализатора задачи линейного программирования. Выявление экономического потенциала

регионального агропродовольственного комплекса имеет концептуальный характер, т. к. позволяет принимать более обоснованные, по сравнению с неоптимизационными задачами, инвестиционные, производственные и финансовые решения в плано-прогнозных задачах развития социально-экономических систем. Использование оптимизационного подхода и соответствующего программно-аналитического инструментария позволяет говорить о системном характере изучения закономерностей развития агропродовольственного комплекса. Проведены предварительные вычислительные эксперименты для двух отраслей агропромышленного комплекса — растениеводства и животноводства. Выявлены жизненные циклы проектов, входная информация в которых является комбинацией модельно задаваемых параметров и элементов реального рыночного окружения, описывающих развитие регионального агропродовольственного комплекса и задачи его стратегического анализа.

Ключевые слова: агропродовольственный комплекс, сложная система, экономика региона, инвестиционный проект, оценка экономической эффективности, математическое моделирование, системный анализ, критерий эффективности, автоматизированный пакет программ, вычислительный эксперимент

Для цитирования: Медведев А. В., Жидкова Е. А., Дворовенко А. М., Кисляков И. М. Моделирование и автоматизированная оценка эффективности развития агропродовольственного комплекса региона // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 3(64). С. 40—46. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.64.694.

MODELING AND AUTOMATED ASSESSMENT EFFICIENCY OF THE REGION'S AGRO-FOOD COMPLEX DEVELOPMENT

5.2.3 — Regional economy

Abstract. To study complex regional socio-economic structures, including when solving the issues of planning and forecasting their development, it is advisable to use adequate and objective tools of a managerial, industrial and financial nature, which rightfully include economic and mathematical models and automated processing tools and analysis of input and output model information. This paper proposes the indicated tools for predicting the development of the agro-food complex of the region. The proposed tools include an optimization mathematical model of the agro-food complex of the region in the form of a linear mathematical programming problem and a software package for its multi-parameter analysis. The substantive and mathematical formulation of the problem of the functioning of the region's agro-food complex, some of its features and limitations are considered. The constructed model makes it possible to reveal the economic potential of the regional agro-food complex, and also allows its effective numerical analysis based on the parametric analyzer of the linear programming problem. Identification of the economic

potential of the regional agro-food complex is of a conceptual nature, as it allows making more reasonable, compared to non-optimization tasks, investment, production and financial decisions in planning and forecasting tasks for the development of socio-economic systems. The use of the optimization approach and the corresponding software and analytical tools allows us to talk about the systematic nature of the study of the patterns for the agro-food complex's development. Preliminary computational experiments were carried out for two branches of the agro-industrial complex — crop production and animal husbandry. The life cycles of projects are identified, the input information to which is a combination of modeled parameters and elements of the real market environment that describe the development of the regional agro-food complex and the tasks of its strategic analysis.

Keywords: agro-food complex, complex systems, regional economy, investment project, economic efficiency assessment, mathematical modeling, system analysis, efficiency criterion, automated software package, computational experiment

For citation: Medvedev A. V., Zhidkova E. A., Dvorenko A. M., Kislyakov I. M. Modeling and automated assessment efficiency of the region's agro-food complex development. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2023;3(64):40—46. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.64.694.

Введение

Актуальность. Формирование многоукладной экономики региона, развитие рынка и интегрированных структур такой сложной социально-экономической системы, как региональное аграрное производство, влекут за собой изменения механизмов взаимодействия предприятий в нем. Одним из важных механизмов такого взаимодействия является предварительная оценка экономической эффективности данной сложной социально-экономической системы, которая предопределяет принятие инвестиционных, производственных, управленческих решений. Оценка эффективности аграрного производства, в современных условиях обеспечиваемого такой интегрированной в экономику региона структурой, как агропродовольственный комплекс (далее — АПК), требует использования аналитического инструментария, включающего математические модели АПК и средства их автоматизированного анализа, что делает тему данной статьи актуальной.

Степень разработанности проблемы. Вопросам моделирования и оценки эффективности сложных социально-экономических систем посвящены работы крупных отечественных и зарубежных ученых: В. Н. Буркова, А. Г. Гранберга, В. И. Гурмана, В. Н. Лившица, В. Л. Макарова, Д. А. Новикова, А. Ф. Рогачева, Н. Н. Скитер, В. И. Суслова, Д. Медоуза, Й. Рандерса и др., в том числе в аспекте АПК — Г. В. Беспехотного, В. А. Кардаша, С. И. Ткачева, А. В. Улезько и др.

Изучение сложных социально-экономических структур регионального уровня в настоящее время осуществляется с использованием разнообразных концептуальных, модельно-аналитических и цифровых инструментов. Работы, включенные в сборник трудов под редакцией А. П. Курносова и А. В. Улезько [1], рассматривают развитие АПК в социально-экономическом, модельно-аналитическом, информационном и управленческом аспектах. Р. Р. Галиев рассматривает

эконометрическую модель оценки эффективности АПК с точки зрения оптимизации лимитирующих сельскохозяйственных ресурсов [2]. Ряд исследователей уделяет особое внимание управленческому аспекту в развитии АПК. В частности, Г. С. и Н. С. Бондаревы обосновывают решение задач эффективности регионального АПК в их связи с продовольственным обеспечением [3], С. М. Бычкова с соавторами считают целесообразным использование современных положений неосистемного подхода в качестве методологической основы формирования структуры контроллинга в аграрном секторе экономики [4]. А. В. Харитонов с соавторами связывают развитие АПК на сельских территориях с агломерационными эффектами [5], Ю. Н. Коваленко и А. В. Улезько рассматривают совершенствование функционирования АПК в широком контексте управления развитием экономических систем [6]. В свете развития информационных технологий и цифровизации экономики значительное количество исследований посвящено информационно-технологическим аспектам функционирования АПК (например, Ю. В. Зубарева называет фактором устойчивого развития региона цифровую трансформацию АПК [7]), а также методам экономико-математического моделирования и автоматизированной обработки и анализа информации [8—11] в социально-экономических системах.

В данной работе строится оптимизационная математическая модель АПК, включающего, в целом, n производственных отраслей, и используется программный комплекс ее многопараметрического анализа.

Научная новизна результатов исследования. В результате проведенного исследования осуществлена содержательная постановка задачи оценки экономической эффективности регионального АПК, разработана и апробирована его оптимизационная математическая модель.

Целью представленной работы является моделирование функционирования АПК региона на основе оптимизационного подхода, с использованием математического

инструментария (моделей, методов и алгоритмов) и автоматизированной обработки циркулирующей в модели информации. В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие задачи:

1. С использованием общих законов функционирования АПК региона, как интегрированной в его экономику системы, сформулировать содержательную постановку задачи оценки его экономической эффективности.

2. Формализовать ограничения и целевые критерии функционирования АПК региона, построить оптимизационную математическую модель его функционирования.

3. Апробировать построенную математическую модель с использованием параметрического анализатора задачи линейного программирования.

4. Оценить адекватность построенной математической модели содержательному смыслу описываемых ею экономических процессов в АПК.

Теоретическую основу работы составили фундаментальные исследования ведущих экономистов и математиков, посвященные изучению происходящих в АПК процессов в контексте системного подхода к анализу закономерностей его функционирования.

Практическая значимость исследования определяется возможностями анализа построенной оптимизационной математической модели с использованием авторского автоматизированного численного инструментария и получения многочисленных системных зависимостей при функционировании АПК.

Основная часть

Оценка эффективности функционирования крупных социально-экономических систем ориентирована, в том числе, на возможности выявления их экономического потенциала. Решение этой задачи возможно при использовании оптимизационного подхода, в котором экономический потенциал принимает количественное измерение в виде подвергающейся оптимизации целевой функции. Использование оптимизационного подхода дает возможность проверить законы формирования финансовых потоков с использованием объективного программно-аналитического инструментария. Отметим, что выявление экономического потенциала регионального АПК имеет концептуальный характер, так как увеличивает обоснованность принятия инвестиционно-производственных решений, по сравнению с неоптимизационными задачами.

Рассмотрим следующую содержательную постановку задачи описания и оценки экономической эффективности функционирования АПК. Будем считать, что при функционировании АПК используется n видов основных производственных фондов (далее — ОПФ) для производства и продажи (реализации, сбыта) на рынке региона n видов сельскохозяйственной продукции. Каждый вид продукции производится с помощью своего набора ОПФ (используется принцип чистых отраслей). При этом заданы осредненные технико-экономические характеристики указанных ОПФ — стоимости (в денежных единицах, д. е.), сроки службы (в единицах времени, ед. вр.) и производительности ОПФ (в единицах продукции на единицу ОПФ, ед. прод. / ед. ОПФ), а также средние цены (д. е.) единицы производимой продукции каждого вида. Производство каждой продукции характеризуется параметрами средней зарплатоемкости и средней материалоемкости (соответственно долями фонда оплаты труда и материальных затрат в сумме всех текущих затрат

на производство продукции). При этом предполагается, что ОПФ агропродовольственного комплекса требуют покупки (инвестиций) и/или поддержания их в работоспособном состоянии. Кроме того, будем считать, что сельхозпроизводители имеют возможность использовать заемные финансовые средства — кредиты или дотации — для обеспечения своей текущей производственной деятельности (затраты на оплату труда, сырье, материалы, налоговые затраты и пр.). Основной задачей является определение таких объемов инвестиций, производства продукции (в целом и по каждому виду в отдельности), объемов финансирования отраслей АПК, при которых достигается максимум дисконтированного сальдо стратегических «доходов» (в виде прибыли и оценки стоимости имущества), стратегических «расходов» (в виде суммарных инвестиций в производство продукции каждого вида) на заданном горизонте планирования. Виды продукции и соответствующие ей ОПФ можно агрегировать в наборы, например продукция растениеводства или животноводства, с последующим осреднением соответствующих характеристик активов и продукции. Отметим, кроме того, что основными экономическими факторами, влияющими на стабильное развитие и эффективное функционирование АПК в регионе, являются:

1) спрос на производимую продукцию как основной рыночный фактор, позволяющий избежать неэффективного развития АПК из-за перепроизводства продукции;

2) научно-технический прогресс, ограничивающий производственные возможности АПК характеристиками и уровнем развития ОПФ, которые непосредственно вовлечены в процесс производства продукции и влияют на объем и качество выпускаемой продукции.

В представленной выше постановке задачу функционирования АПК региона будем трактовать как совокупность инвестиционно-производственных проектов, оценка экономической эффективности которых проводится путем автоматизированного решения оптимизационной линейной задачи математического программирования.

Введем параметры модели и их обозначения. Пусть n — количество видов продукции и, в соответствии с принципом чистых отраслей, видов ОПФ для ее производства; k — порядковый номер продукции (ОПФ отрасли).

Характеристики продукции:

- P_k — средняя/средневзвешенная цена единицы продукции k -го вида, д. е. / ед. прод.;

- q_k — стоимостной спрос на продукцию k -го вида, д. е.

Характеристики ОПФ отраслей:

- c_k — стоимость ОПФ k -й отрасли, д. е. / ед. ОПФ;

- T_k — средний срок службы (полезного использования) ОПФ k -й отрасли, лет;

- V_k — средняя производительность ОПФ k -й отрасли, ед. прод. / ед. ОПФ;

- $\delta_k = P_k V_k / c_k$ — фондоотдача ОПФ k -й отрасли.

Характеристики производства продукции:

- β_k — доля затрат на оплату труда в сумме всех затрат, характеризующая зарплатоемкость производства k -й отрасли;

- p_k — доля материальных затрат, характеризующая материалоемкость производства k -й отрасли.

Характеристики внешней рыночной среды:

- T — горизонт планирования инвестиционного проекта, лет;

- r — ставка дисконтирования на горизонте T , учитывающая инфляцию и уровень требований инвестора (кредитора).

Рассмотрим алгоритмы формирования денежных потоков в АПК. Обозначим далее:

• i_k — инвестиции в k -й вид производства; I_k — максимальные инвестиции в k -й вид производства; I_{max} — максимальные суммарные инвестиции;

• R_k — выручка от продажи продукции k -го вида;
• Z_k — общие затраты k -го производства;
• $W_k^b = R_k - Z_k$ — поток прибыли k -го производства;
 $W_k^r = (1 - \alpha_3)(R_k - Z_k)$ — чистая прибыль k -го производства;

• $DS = W_1 + \dots + W_n + Cr + DOT$ — суммарные собственные средства предприятий АПК, где Cr , DOT — суммарные кредиты и дотации агропроизводителю;

• $Z_k = Am_k + F_k + N_{1k} + N_{2k} + N_{4k} + N_{5k} + z_k$, где
– Am_k — амортизационные затраты при производстве k -й продукции;

– S_k^0 — остаточная стоимость ОПФ k -го вида;
– $F_k = \beta_k Z_k$ — фонд оплаты труда при производстве k -й продукции;

– $z_k = p_k Z_k$ — материальные затраты при производстве k -й продукции;

– N_{1k} — налог на добавленную стоимость при производстве k -й продукции;

– N_{2k} — налог на имущество при производстве k -й продукции;

– N_{3k} — налог на прибыль при производстве k -й продукции;

– N_{4k} — страховые взносы производителя в социальные фонды при производстве k -й продукции;

– N_{5k} — иные налоговые и аналогичные им платежи (например, налог на добычу полезных ископаемых, транспортный, земельный налог, экологический платеж и др.) при производстве k -й продукции; α_i , $i = 1, \dots, 5$ — ставки, соответствующие указанным налоговым и аналогичным им платежам и сборам (отметим, что большая часть предприятий агропродовольственного комплекса региона выплачивает единый сельскохозяйственный налог, поэтому вышеуказанные налоговые потоки можно распределить, например, следующим образом: $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0$; $\alpha_3 = 0,06$).

При функционировании АПК региона рассматриваются следующие ограничения:

1. **Инвестиционные:** инвестиции по каждому виду продукции (ОПФ отрасли) и суммарные инвестиции не превосходят заданных верхних границ.

2. **Производственные:** выручка от продажи k -й продукции ограничена производственными мощностями предприятий АПК либо стоимостными оценками спроса на продукцию.

3. **Финансовые:**

– требование платежеспособности производителя;
– суммы дотаций и кредитов не превышают заданных объемов;

– сумма дотаций не ниже заданного объема.

Введем искомые переменные: x_k — оптимальный объем (в д. е.) инвестиций в производство продукции k -го вида (д. е.); x_{n+1} — оптимальный объем (в д. е.) кредитов в АПК региона; x_{n+2} — оптимальный объем (в д. е.) дотаций в АПК региона.

Тогда введенные выше денежные потоки могут быть рассчитаны по следующим формулам: $i_k = x_k$, $R_k = \delta_k x_k$,

$$Am = \sum_{k=1}^n Am_k = \sum_{k=1}^n \frac{T}{T_k} x_k, S^0 = \sum_{k=1}^n S_k^0 = \sum_{k=1}^n \left(1 - \frac{T}{T_k}\right) x_k, Cr = x_{n+1},$$

$Dot = x_{n+2}$, $N_{1k} = \alpha_1 R_k$, $N_{2k} = \alpha_2 S_k^0$, $N_{3k} = \alpha_3 W_k^r$, $N_{4k} = \alpha_4 \beta_k F_k$ — а потоки платежей N_{5k} , в частности, могут быть вычислены по формулам $N_{5k} = \alpha_5 R_k$ или оценены другими способами. Тем самым все потоки экономического содержания выражаются через искомые математические переменные модели, что позволяет приступить к формированию соответствующих соотношений.

С учетом введенных обозначений, инвестиционные ограничения функционирования регионального АПК принимают вид: $x_k < I_k$ — объем инвестиций в k -й вид производства, не превышает заданных максимальных величин; $x_1 + \dots + x_n \leq I_{max}$ — сумма инвестиций ограничена сверху. Производственные ограничения имеют два варианта: 1) $\delta_k x_k \leq q_k$ — объем продаж продукции k -го вида в стоимостном выражении не превышает оценку стоимостного спроса на нее; 2) $V_k x_k / c_k \rightarrow max$: объем продаж продукции k -го вида определяется максимальной производительностью ОПФ (или уровнем научно-технического прогресса, производственными мощностями). Финансовые ограничения: 1) $DS \geq 0$ — сумма собственных средств на горизонте планирования неотрицательна; 2) $x_{n+1} \leq Cr_{max}$ — наличие верхней границы суммы кредитов; 3) $DOT_{min} \leq x_{n+2} \leq DOT_{max}$ — наличие нижней и верхней границы суммы дотаций.

Критерием эффективности функционирования регионального АПК в модели будем считать максимизацию его чистой приведенной стоимости NPV на горизонте планирования T :

$$NPV = \sum_{k=1}^n \left(\sum_{t=1}^T \left[\frac{(W_k(t) + Am_k(t))}{(1+r)^t} \right] - I_k(1) \right) \rightarrow max.$$

Учитывая введенные обозначения, математическая модель АПК региона приобретает следующий формализованный матричный вид линейной задачи математического программирования:

$$A_{(2n+5) \times (n+2)} X_{(n+2) \times 1} \leq B_{(2n+5) \times 1}, X_{(n+2) \times 1} \geq 0; C_{1 \times (n+2)} X_{(n+2) \times 1} \rightarrow max, (1)$$

где

$$A = \begin{pmatrix} & & & & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 \\ & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 \\ \delta'_1 & 0 & & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dots & & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & & \delta'_n & 0 & 0 \\ (\alpha_3 - 1) \cdot \Delta'_1 & \dots & (\alpha_3 - 1) \cdot \Delta'_n & -1 & -1 \\ 0 & \dots & & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \dots & & 0 & 0 & -1 \\ 0 & \dots & & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

E_n — единичная матрица размера $n \times n$,

$$\Delta'_k = \delta_k - \frac{T/T_k + \alpha_6 \delta_k + \alpha_2 \left(1 - T/T_k\right)}{1 - (1 + \alpha_4) \beta_k - p_k}, r_3 = \frac{rT}{1 - (1 + r)^{-T}} - 1,$$

$$B_{(2n+5) \times 1} = (I_1, \dots, I_n; I_{max}; q_1, \dots, q_n; 0; Cr_{max}; -DOT_{min}, DOT_{max})^T;$$

$$C_{1 \times (n+4)} = \left(\frac{T}{1+r_3} \left((1-\alpha_3) \Delta'_1 + \frac{T}{T_1} - \frac{1+r_3}{T} \right), \dots, (1-\alpha_3) \Delta'_n + \frac{T}{T_n} - \frac{1+r_3}{T}; \frac{-r_0(12T_0+1)}{24}; 0 \right)^T.$$

Модель (1), являясь линейной задачей математического программирования с нестрогими ограничениями-неравенствами и непустым множеством допустимых решений (легко проверяется наличие нулевого решения), разрешима для любого набора параметров. Нетривиальные решения можно получить с помощью многопараметрического анализатора задачи линейного программирования, функции которого подробно описаны А. В. Медведевым (см.: [8]). Решение задачи (1) позволяет выявлять экономический потенциал регионального АПК путем определения оптимальных объемов инвестиций в производство и объемов производства аграрной продукции n видов, а также оптимальных дотаций и кредитов в его развитие. Модель (1) также может лежать в основе анализа других региональных систем, в частности, потребительской (объемы потребления определяются уровнем оплаты труда потребителя), эколого-экономиче-

ской (объемы загрязнений определяются удельными показателями вредных выбросов, пропорциональными объемам производства загрязняющей продукции [12]) и пр.

Рассмотрим применение построенной модели в частном случае, предполагая, что АПК региона формируется из двух основных отраслей — растениеводство и животноводство ($n = 2$) [9]. Отметим, что выбранные отрасли характеризуют агропроизводство крупной социально-экономической системы в целом [13, с. 41; 14]. Предположим кроме того, что функционирование АПК со стороны управляющих органов территории рассматривается на горизонте $T = 5$ лет и подвергается упрощенному налогообложению в форме изъятия в бюджет территории единого сельскохозяйственного налога — не более 6 % от величины доходов, уменьшенных на величину расходов предприятий АПК. Для тестирования построенной модели соответствующую входную информацию занесем в таблицу.

Входные данные модели (1)

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Растениеводство	Животноводство
Характеристики ОПФ				
1	Стоимость единицы ОПФ	млн руб.	1 000	700
2	Производительность единицы актива	ед. прод. / комплект ОПФ, в год	4 000 000	3 000 000
3	Срок службы единицы актива,	лет	10	10
Характеристики продукции				
4	Цена единицы продукции	руб. / ед. прод.	var	var
5	Уровень спроса на продукцию	млн руб.	15 000	20 000
Характеристики условий производства				
6	Зарплатоемкость (доля фонда оплаты труда в суммарных производственных затратах)	доля	0,1	0,15
7	Материалоемкость (доля сырья и материалов в суммарных производственных затратах)	доля	0,7	0,6
Характеристики внешней среды и финансирования проекта				
8	Горизонт планирования	лет	5	
9	Ставка дисконтирования	доля	0,2	0,2
10	Максимальные инвестиции	млн руб.	1 000	1 000
11	Максимальные кредиты	млн руб.	0	0
12	Максимальные дотации	млн руб.	0	0
Характеристики налогообложения (упрощенная форма)				
13	Единый сельскохозяйственный налог	доля	не более 0,06	не более 0,06

Отметим ряд отраженных в таблице особенностей рассматриваемого проекта функционирования АПК. Высокие значения (60—70 %) [15] имеют показатели материалоемкости производства, что определяется высокой стоимостью горюче-смазочных материалов и используемого сырья (как правило, из-за необходимости затрат на его хранение). Кроме того, предполагается заемное финансирование основных средств (учитывается в ставке дисконтирования) и кредитование финансирования текущих затрат, что зачастую обусловлено повышенным сроком окупаемости проектов АПК.

Рассмотрим следующие вычислительные эксперименты с моделью (1). Пусть изучается влияние на экономическую эффективность проекта функционирования регионального АПК такого ключевого показателя, как средняя рыночная цена единицы продукции. Критические значения параметров средней цены единицы продукции растениеводства P_1^* и животноводства P_2^* найдем, осуществив предварительный расчет модели по данным таблицы: $P_1^* = 580$, $P_2^* = 460$.

Так как в проекте развития АПК рассматривается два вида производства, рассмотрим следующие сценарии по выбранному показателю: 1) $P_1^* = 580$, $P_2^* = 460$;

2) $P_1^* = 1060$, $P_2^* = 460$; 3) $P_1^* = 580$, $P_2^* = 920$. На рисунке представлены параметрические зависимости от горизонта планирования добавленной (к осуществленным инвестициям) стоимости проекта развития АПК при варьировании выбранных рыночных параметров P_1 , P_2 , а также с заданными в таблице характеристиками.

На рисунке аналитик может наблюдать по выбранным сценариям соотношения жизненных циклов проекта и их характеристики — периоды (PP) окупаемости, максимальные значения NPV (для нахождения моментов $T_{\text{реинв}}$ целесообразности будущих реинвестиций), пороговые значения $T_{\text{крит}}$, при которых проект исчерпывает свой инвестиционный потенциал. В частности, например, в сценарии $P_1^* = 580$, $P_2^* = 460$ очевидна сильная неустойчивость проекта. При удвоении одного из значений (сценарии 2 и 3) все характеристики жизненного цикла проекта развития АПК значительно улучшаются как по абсолютным показателям NPV , так и по временным характеристикам (PP и $T_{\text{крит}}$).

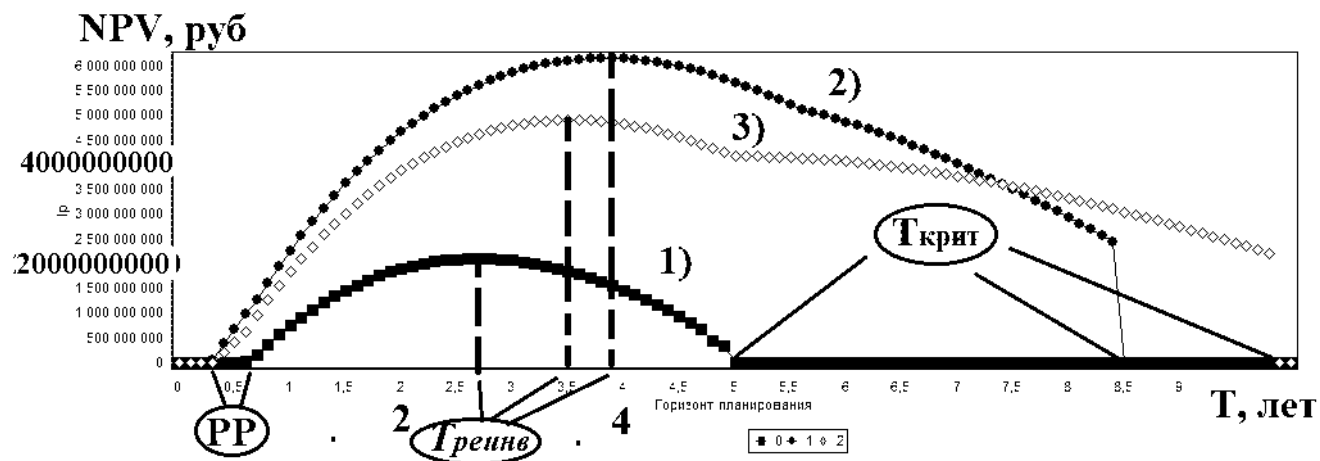


Рис. Зависимости $NPV(T)$ при варьировании параметров P_1 , P_2 рыночных цен единицы продукции отраслей, сценарии 1—3

Кроме представленных результатов, нами были проведены многочисленные эксперименты с использованием многопараметрического анализатора [8], свидетельствующие о непротиворечивости содержательного смысла получаемых результатов с точки зрения тенденций изменения целевых показателей в зависимости от изменения варьируемых параметров модели.

Заключение

Построенная экономико-математическая оптимизационная модель (1) функционирования и оценки экономической эффективности АПК региона, помимо определения оптимальных объемов инвестирования и производства, с использованием многопараметрического анализатора позволяет решать задачи определения диапазонов оптимальных цен на продукцию, производительности и стоимости ОПФ

отраслей, оптимизации заемных средств как долгосрочного (инвестиции), так и краткосрочного (текущие затраты) финансирования и многие другие, без проведения дорогостоящих и длительных маркетинговых исследований. Кроме того, модель может быть использована в следующих стратегических аспектах развития АПК: оценка экономической эффективности функционирования на перспективу; оптимизация валового производства конкретных видов сельскохозяйственной продукции (или ее агрегированных совокупностей типа отраслей «растениеводство» и «животноводство») и их структуры; выявление экономического потенциала АПК региона; управления процессами продовольственного обеспечения и достижения заданного уровня продовольственной безопасности населения региона; устранения диспропорций развития отраслей [16] и решения других задач стратегического развития АПК.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Развитие агропродовольственного комплекса: экономика, моделирование и информационное обеспечение : сб. науч. тр. / под ред. А. П. Курносова и А. В. Улезько. Воронеж : Воронеж. ГАУ, 2016. 376 с.
2. Галиев Р. Р. Эффективность использования производственного потенциала агропродовольственного комплекса региона // Островские чтения. 2019. № 1. С. 139—142.
3. Бондарева Г. С. Бондарев Н. С. Формирование продовольственного обеспечения региона : науч. моногр. Новосибирск : М-во сел. хоз. РФ, 2014. 187 с.
4. Бычкова С. М., Жидкова Е. А., Эльяшев Д. В. Неосистемный подход как фактор научного обоснования трансформации фундаментальных основ контроллинга организаций АПК. М. : Научная библиотека, 2019. 274 с.
5. Харитонов А. В., Меркурьев В. В., Юрзина Т. А., Косинский П. Д. Развитие сельских территорий в условиях формирования агломерационной системы: региональный аспект // АПК: экономика, управление. 2021. № 9. С. 88—94. DOI: 10.33305/219-88.
6. Коваленко Ю. Н., Улезько А. В. Управление развитием агропродовольственного комплекса. Воронеж : ВГАУ им. Императора Петра I, 2020. 193 с.
7. Зубарева Ю. В. Цифровая трансформация АПК — как элемент устойчивого развития региона // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 5. Ст. 16. DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10369.
8. Медведев А. В. Автоматизированная поддержка принятия оптимальных решений в инвестиционно-производственных проектах развития социально-экономических систем. М. : Академия Естествознания, 2020. 200 с. DOI: 10.17513/np.421.
9. Аслаева С. Ш. Нивелирование поляризации в сельском хозяйстве с помощью оптимизационных задач // Известия Уфимского научного центра РАН. 2019. № 3. С. 114—118.
10. Стомба Е. В. Экономико-математическое моделирование сценариев развития сельских территорий региона. М. : Экономика, 2013. 166 с.
11. Огневцев С. Б. Сиптиц С. О. Моделирование АПК: теория, методология, практика. М. : Энциклопедия российских деревень, 2002. 279 с.
12. Медведев А. В., Кисляков И. М. Автоматизированный расчет экологических платежей при взаимодействии предприятий угольной отрасли с региональным управляющим центром // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2017. № 3. С. 54—63.
13. Ермолова О. В. Формирование новой модели стратегического управления ростом конкурентоспособности агропродовольственного комплекса // Островские чтения. 2016. № 1. С. 39—44.

14. Индексы производства продукции сельского хозяйства // ЕМИСС: Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <http://www.fedstat.ru/indicator/description.do?id=31062&referrerType=0&referrerId=1293239> (дата обращения: 08.04.2023).

15. Структура затрат на производство продукции (работ, услуг) по видам экономической деятельности в 2011 г. // Федеральная служба государственной статистики : офиц. сайт. URL: https://www.gks.ru/bgd/regl/b12_51/IssWWW.exe/Stg/03-18.htm/ (дата обращения: 08.04.2023).

16. Продовольственная безопасность и раскрытие агропромышленного потенциала Евразийского региона : аналит. докл. Евразийского банка развития 23/1. Алматы, 2023. 123 с. URL: https://eabr.org/upload/iblock/8b7/EDB_2023_Report-1_Food-Security_rus.pdf (дата обращения: 02.06.2023).

REFERENCES

1. *Razvitie agroproduktivnoy kompleksa: ekonomika, modelirovaniye i informatsionnoye obespecheniye = Development of the agro-food complex: economics, modeling and information support. Collection of scientific papers.* A. P. Kurnosov, A. V. Ulez'ko (eds.). Voronezh, Voronezh State Agrarian University publ., 2016:376. (In Russ.)
2. Galiev R. R. Efficiency of using the production potential of the agro-food complex of the region. *Ostrovskie chteniya*. 2019;(1):139—142. (In Russ.)
3. Bondareva G. S., Bondarev N. S. Formation of the food supply of the region. Scientific monograph. Novosibirsk, Ministry of Agriculture of the Russian Federation publ., 2014. 187 p. (In Russ.)
4. Bychkova S. M., Zhidkova E. A., Ehl'yashev D. V. The neosystems approach as a factor in the scientific rationale for transforming the fundamentals of controlling agribusiness organisations. Moscow, Nauchnaya biblioteka, 2019. 274 p. (In Russ.)
5. Kharitonov A. V., Merkur'ev V. V., Yurzina T. A., Kosinskii P. D. Development of rural areas in the conditions of the formation of an agglomeration system: regional aspect. *APK: ekonomika, upravleniye = AIC: economics, management*. 2021;9:88—94. (In Russ.) DOI: 10.33305/219-88.
6. Kovalenko Yu. N., Ulez'ko A. V. Management of the development of the agro-food complex. Voronezh, Voronezh State Agrarian University publ., 2020. 193 p. (In Russ.)
7. Zubareva Yu. V. Digital transformation of the agro-industrial complex as an element of sustainable development of the region. *International Agricultural Journal*. 2021;64(5):16. (In Russ.) DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10369.
8. Medvedev A. V. Automated support for making optimal decisions in investment and production projects for the development of socio-economic systems. Moscow, Akademiya Estestvoznaniya, 2020. 200 p. (In Russ.) DOI: 10.17513/np.421.
9. Aslaeva S. Sh. Leveling of polarization in agriculture with the help of optimization problems. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN = Proceedings of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2019;(3):114—118. (In Russ.)
10. Stovba E. V. Economic and mathematical modeling of scenarios for the development of rural areas of the region. Moscow, Ekonomika, 2013. 166 p. (In Russ.)
11. Ognitvsev S. B., Siptits S. O. Modeling of the agro-industrial complex: theory, methodology, practice. Moscow, Entsiklopediya rossiiskikh dereven', 2002. 279 p. (In Russ.)
12. Medvedev A. V., Kislyakov I. M. Automated calculation of environmental payments in the interaction of coal industry enterprises with a regional management center. *Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnosti = Bulletin of the Scientific Center of the VostNII for industrial and environmental safety*. 2017;(3):54—63. (In Russ.)
13. Ermolova O. V. Formation of a new model for strategic management of the increase in the competitiveness of the agro-food complex. *Ostrovskie chteniya*. 2016;(1):39—44. (In Russ.)
14. Indices of agricultural production. *Unified Interdepartmental Information and Statistical System*. (In Russ.) URL: <http://www.fedstat.ru/indicator/description.do?id=31062&referrerType=0&referrerId=1293239> (accessed: 08.04.2023).
15. Cost structure for the production of goods (works, services) by type of economic activity in 2011. *Federal State Statistics Service. Official website*. (In Russ.) URL: https://www.gks.ru/bgd/regl/b12_51/IssWWW.exe/Stg/03-18.htm (accessed: 08.04.2023).
16. Food security and unlocking the agro-industrial potential of the Eurasian region. Analytical report of the Eurasian Development Bank No. 23/1. Алматы, 2023. 123 p. (In Russ.) URL: https://eabr.org/upload/iblock/8b7/EDB_2023_Report-1_Food-Security_eng.pdf (accessed: 02.06.2023).

Статья поступила в редакцию 08.06.2023; одобрена после рецензирования 21.06.2023; принята к публикации 25.06.2023. The article was submitted 08.06.2023; approved after reviewing 21.06.2023; accepted for publication 25.06.2023.