

## **АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК НА ОСНОВЕ ПОТОКОВЫХ МОДЕЛЕЙ СТОИМОСТИ В ПЕРЕХОДНОМ РЕЖИМЕ**

**Валерий Иванович Лойко  
Татьяна Петровна Барановская**

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

Одним из важнейших условий повышения эффективности и устойчивости развития агропродовольственного комплекса является совершенствование системы взаимоотношений, возникающих между формирующимися его субъектами. Взаимодействие сельскохозяйственных производителей и предприятий перерабатывающей отрасли в рамках интеграционных взаимоотношений и формирования продуктовых цепочек представляет собой специфический объект исследования, требующий применения специальных методов анализа и изучения. В качестве одного из таких методов предлагается использовать потоковые модели стоимости. Методология данного подхода к исследованию взаимодействия хозяйствующих субъектов в рамках продуктовых цепочек отражает принципы и схемы организации товарно-денежных отношений и систему организационных и экономических взаимосвязей между субъектами агропромышленной интеграции, а также описывает методику моделирования системы межсубъектных взаимодействий, обеспечивающих реализацию интересов хозяйствующих субъектов различного типа и эквивалентность режимов взаимодействия уровню развития производительных сил и производственных отношений, приемы разработки моделей по оптимизации параметров товарооборота между субъектами интеграции. В рамках развития методологии данного подхода в качестве особого режима взаимодействия субъектов интеграции рассматривается переходный режим функционирования цепи формирования конечной стоимости, связанный со скачками эффективности контуров отдельных хозяйствующих субъектов и общего для обоих контуров сопротивления расширению товарооборота. Предлагаемые в работе модели позволяют оценить устойчивость и рациональность процессов взаимодействия субъектов различного типа, оптимизировать процессы управления скачками цен на общем рынке взаимодействующих предприятий АПК с учетом таких параметров, как сопротивление обороту, емкость и ригидность экономических цепей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** предприятие, поток, стоимость, эффективность, потенциал, процесс, взаимодействие.

## **ANALYSIS OF INTERACTIONS BETWEEN AGRICULTURAL AND PROCESSING ENTERPRISES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX ON THE BASIS OF FLOW-ORIENTED COST ESTIMATION MODELS IN THE TRANSIENT OBJECT OPERATION MODE**

**Valery I. Loiko  
Tatiana P. Baranovskaya**

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

One of the most important conditions for increasing the efficiency and sustainability of development of the agrifood complex is the improvement of the system of interactions arising between its constituent subjects. The interactions of agricultural producers and processing enterprises within the framework of integration relationships and the formation of food chains is a specific object of research that requires using special methods of analysis and studying. It is proposed to use flow-oriented cost estimation models as one of these methods. The methodology of this approach to studying the interactions of economic entities within food chains reflects the principles and schemes of organizing commodity-money relations and the system of organizational and economic interrelations between the subjects of agroindustrial integration. It also describes the methodology for modeling the system of intersubject interactions that ensure the realization of interests of various types of economic entities and equivalence of interaction modes to the level of development of productive forces and production relations, as well as the methods of developing the models for optimizing the parameters of goods turnover between the subjects of integration. Within the framework of development of the methodology of this approach the transient mode of functioning of the chain of formation of the final cost is considered as a special mode of interactions

between the subjects of integration. This mode is associated with abrupt changes in the efficiency of contours of individual economic entities and contours of resistance to the expansion of commodity circulation common for two entities. The models proposed in this work allow assessing the stability and rationality of the interaction processes between various types of subjects and optimizing the processes of managing price spikes in the common market of interacting enterprises of the agroindustrial complex, taking into account such parameters as resistance to turnover, capacity and rigidity of economic chains.

KEYWORDS: enterprise, flow, cost, efficiency, potential, process, interactions.

**С**ложность экономических систем как объекта исследования обуславливает многоаспектность экономических исследований, сущность которых может заключаться в разработке теории вопроса и методологии изучения конкретной экономической проблемы, разработке концептуальных подходов к решению локальных организационно-экономических и управленческих задач, методик и моделей изучения перспектив развития экономических систем различного уровня и протекания экономических процессов и др. При этом следует отметить, что результаты экономических исследований часто носят слишком теоретизированный характер [9]. Для повышения конкретности и определенности результатов исследований традиционно используются естественно-научные, в частности математические методы, позволяющие исследовать широкий круг количественных параметров развития экономических систем [3, 10].

Помимо математических методов, которые применяются в экономике и позволяют создавать математические модели, в последние десятилетия стали развиваться такие подходы, которые используют уже накопленные знания в других областях науки. Это физика, гидродинамика, аэродинамика, электроника, электрические цепи и так далее. Дело в том, что так называемый **поточковый подход** объединяет в себе многие физические субстанции, такие как гидравлические и воздушные потоки, электронные и электрические потоки, которые имеют определенные общие свойства. Поточковые модели, которые в настоящее время стали достаточно широко применяться в экономике, имеют разные названия. Например, одни называются потоковые модели стоимости, другие – просто потоковые модели движения материальных, финансовых и информационных средств, третьи – цепочками добавленной стоимости. Однако все они имеют общие характеристики, и у них у всех есть общие законы. Например, сумма втекающих в точку субстанций всегда равна сумме вытекающих, независимо от того, что представляет из себя потоковая субстанция: движутся ли в этом потоке электроны, вода, воздух или стоимость, финансы, пшеница, картофель или информация. В зависимости от того, какой поток по физическому или экономическому содержанию мы рассматриваем, можно получить различные модели. Но потоковые законы являются одинаковыми для всех моделей.

Один из потоковых подходов в экономике был предложен в конце XX в. профессором Ленинградского политехнического института А.А. Денисовым, который применил основы теории цепей для моделирования потоков стоимости. Он рассматривал стоимость как основную характеристику экономических процессов и изучал ее потоки, подчиняющиеся тем же законам, которыми описываются электрические цепи. Он взял на вооружение теорию электрических цепей, то есть законы, которые существуют в электрической цепи, он наложил на потоки стоимости. В результате у него получилась стройная теория, которая, с одной стороны, обладает математическим, логическим и методологическим аппаратом теории электрических цепей, а с другой – предложенная им теория накладывалась на теорию экономических процессов, в основе которой лежит методология потоков стоимости [1, 2].

А.А. Денисову удалось совместить экономический метод и метод электрических цепей, использовать теорию электрических цепей для анализа и создания математических моделей экономических процессов, где основным движущим потоком является поток стоимости. При этом были использованы элементы электрических цепей, которые приобрели совершенно другое, экономическое содержание. Например, электриче-

ская емкость цепи была заменена на емкость экономического процесса, источники тока – на источники экономической эффективности (или полезности), индуктивность – на ригидность, резисторы – на сопротивление оборотам стоимости. Другими словами, практически все элементы теории цепей и самой электрической цепи получили экономическое содержание, и таким образом можно было использовать весь широчайший аппарат высшей математики, включая дифференциальное и интегральное исчисление при анализе переходных процессов в экономических цепях.

Методология потоков стоимости в экономических цепях, предложенная А.А. Денисовым, использовалась ранее авторами при моделировании системы АПК региона [7].

В представленных авторских исследованиях указанная методология использовалась при моделировании взаимодействия между предприятиями агропромышленного комплекса, то есть между сельскохозяйственными и перерабатывающими предприятиями. В схеме экономической цепи взаимодействующих предприятий содержится два контура: один контур представлен предприятиями сельского хозяйства, второй – перерабатывающими предприятиями. Объединяет эти контуры общий рынок (в виде сопротивления потоку стоимости общего товарооборота), через который они взаимодействуют своими потоками. Исследование этой схемы было разделено на три этапа. На первом этапе были проанализированы базовые методологические положения, предложенные профессором А.А. Денисовым, основанные на теории потоковых моделей стоимости, и разработана методика исследований экономической цепи взаимодействующих предприятий АПК [5]. На втором этапе выполнен анализ установившегося режима, который является основным для функционирования и взаимодействия предприятий, определены необходимые параметры и сбалансированность взаимодействия между двумя контурами, предложены математические модели, определяющие их устойчивость, а также модели, с помощью которых можно рассчитать оптимальные параметры товарооборота взаимодействующих сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. Кроме того, были разработаны модели оптимизации параметров баланса взаимодействующих предприятий АПК [6].

В представленной статье приведены результаты исследований взаимодействия сельскохозяйственного и перерабатывающего предприятий в переходных режимах. Дело в том, что при взаимодействии двух контуров возможны как скачки эффективности (полезности) контура, так и скачки сопротивлений товарообороту, что может привести к неустойчивости взаимодействия субъектов. Предложенные математические модели позволяют управлять экономическими процессами, изменяя параметры схем потоков стоимости.

На рисунке 1 схематично представлены экономические процессы в моделирующей цепи.

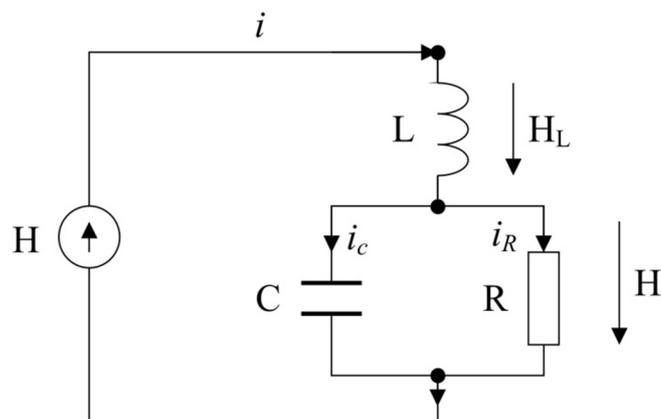


Рис. 1. Схема потоков стоимости

Исходя из законов Кирхгофа для цепей запишем для баланса оборотов

$$i = i_C + i_R = \frac{H'}{R} + C \frac{dH'}{dt}, \quad (1)$$

а для стоимости  $H$

$$H = H_L + H' = L \frac{di}{dt} + H' \quad (2)$$

или

$$H' = H - L \frac{di}{dt}. \quad (3)$$

Подставив  $H'$  из формулы (3) в (1), получим следующее дифференциальное уравнение для экономического процесса:

$$RLC \frac{d^2 i}{dt^2} + L \frac{di}{dt} + R i = H + RC \frac{dH}{dt}, \quad (4)$$

где  $i$  – оборот стоимостей;

$R, L$  и  $C$  – параметры экономического процесса.

Правая часть уравнения (4) – это внешнее воздействие стоимости  $H$  и ее производной на экономический процесс.

Уравнениями вида (4) описываются все экономические процессы, имеющие место на предприятиях АПК, исключая блоки полезности (эффективности) каждого из предприятий. Уравнения для таких блоков в правой части еще содержат  $H_0$ .

Эти дифференциальные уравнения описывают динамическую взаимосвязь между соответствующим потоком оборота и его стоимостью, причем применительно к каждой ветви схемы упрощенной экономической цепи взаимодействующих предприятий АПК [5]. Для полного описания переходных процессов во взаимодействующих сельскохозяйственном и перерабатывающем предприятиях потребуется решение системы из 9 полученных дифференциальных уравнений, имеющих вид (4), которые связаны топологическими уравнениями. Эта цепь экономических процессов имеет высокий порядок сложности, и ее полный анализ на переходных режимах представляется возможным с помощью ЭВМ.

Однако можно получить приближенное представление о реакции экономической цепи на скачки ее параметров и стоимости, если проанализировать переходные процессы, имеющие место в схеме, приведенной на рисунке 1.

**Реакция цепи на скачок стоимости (рис. 1)**

Пусть имеем источник стоимости, который изменяется по закону

$$h(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0; \\ H & \text{при } t \geq 0. \end{cases} \quad (5)$$

То есть  $h(t)$  изменяется скачком от 0 до  $H$ , а независимые начальные условия цепи имеют нулевые значения. Тогда уравнения цепи запишутся в следующем виде:

$$i - i_C - i_R = 0, \quad (6)$$

$$L \frac{di}{dt} + R i_R = H, \quad (7)$$

$$i_R - \frac{1}{C} \int i_C dt = 0. \quad (8)$$

Характеристическое уравнение этой цепи

$$RLC p^2 + Lp + R = 0 \quad (9)$$

имеет два корня:

$$p_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}, \quad (10)$$

где  $\delta = \frac{1}{2RC}$  – коэффициент затухания цепи;

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  – резонансная частота цепи.

Два различных вещественных отрицательных корня характеристического уравнение имеет при малой добротности контура ( $\delta < \omega_0$ ) [4, 8]. Тогда выражение для свободной составляющей оборота стоимости после его скачка

$$i_{св} = \frac{H}{L} \frac{(e^{p_1 t} - e^{p_2 t})}{(p_1 - p_2)}. \quad (11)$$

Поскольку  $|p_1| < |p_2|$ , переходной процесс в цепи носит аperiодический характер.

Вследствие того, что экспонента  $e^{p_2 t}$  затухает быстрее экспоненты  $e^{p_1 t}$ , наблюдается некоторый подъем оборота  $i_{св}$  с последующим спадом до нуля (рис. 2).

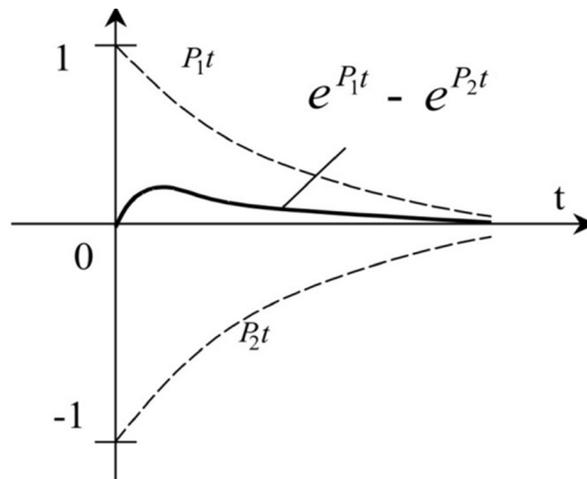


Рис. 2. Затухающий переходной процесс

Большая же добротность контура ( $\delta > \omega_0$ ) приводит к двум комплексно-сопряженным корням характеристического уравнения (5)

$$p_{1,2} = -\delta \pm j\omega_{св}, \quad (12)$$

где  $\omega_{св} = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$  – частота свободных колебаний в цепи.

Тогда уравнение (6) для свободной составляющей оборота стоимости может быть приведено к виду

$$i_{св} = \frac{H}{\omega_{св} L} e^{-\delta t} \sin \omega_{св} t = I_{МСВ}(t) \cos \left( \omega_{св} t - \frac{\pi}{2} \right), \quad (13)$$

где  $I_{МСВ}(t) = \frac{H}{\omega_{св} L} e^{-\delta t}$ .

При равенстве  $\delta$  и  $\omega_0$  наступает самый нежелательный режим цепи, а именно граничный режим между колебаниями и затуханием.

Учитывая зависимости  $\delta$  и  $\omega_0$ , получим

$$2R < \sqrt{\frac{L}{C}} \text{ – для затухающего режима,} \quad (14)$$

$$2R \geq \sqrt{\frac{L}{C}} \text{ – для неустойчивого режима.} \quad (15)$$

Таким образом, соотношение ригидности и емкости процесса являются определяющими для управления переходными процессами в экономической цепи.

Для дальнейшего анализа будем использовать операторный метод [4, 8] (рис. 3).

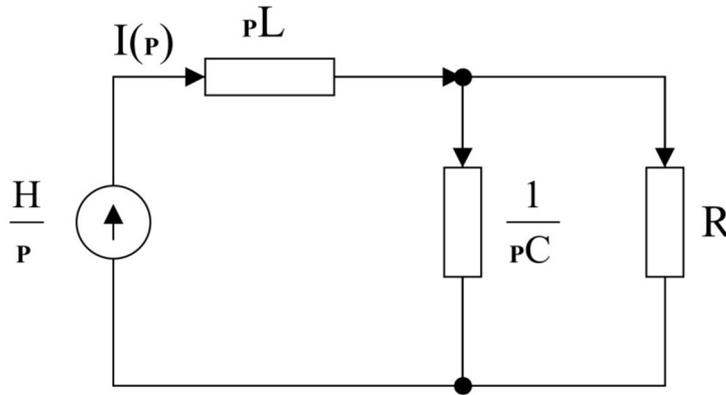


Рис. 3. Операторная схема

Из операторной схемы следует, что

$$I(p) = \frac{(RCp + 1)}{p(LRCp^2 + Lp + R)} = \frac{H(RCp + 1)}{pLR(p - p_1)(p - p_2)}, \quad (16)$$

где  $p_1$  и  $p_2$  – корни характеристического уравнения, полученные ранее в уравнении (10).

Выполним промежуточное преобразование

$$I(p) = \frac{\frac{H}{L}}{(p - p_1)(p - p_2)} + \frac{\frac{H}{RLC}}{p(p_1 - p)(p - p_2)}, \quad (17)$$

а затем получим оригинал – полный оборот стоимости в цепи экономического процесса:

$$i(t) = \frac{H}{L} \frac{(e^{p_1 t} - e^{p_2 t})}{(p_1 - p_2)} + \frac{H}{R} \left( 1 - \frac{p_1 e^{p_2 t} - p_2 e^{p_1 t}}{p_1 - p_2} \right). \quad (18)$$

Помимо скачка эффективности (полезности), влияние которого было проанализировано, в экономической цепи могут возникать и скачки сопротивлений обороту стоимости. Эти скачки вызовут, в свою очередь, скачки стоимости, которые и необходимо определить в результате анализа переходного процесса.

**Реакция цепи отдельного экономического процесса на скачок сопротивления обороту**

В упрощенной экономической цепи взаимодействующих сельскохозяйственного и перерабатывающего предприятий [5] общим для обоих контуров является сопротивление обороту на общем рынке  $R_4$ . Поэтому изменение его на величину  $\Delta R$  в большую или меньшую сторону приведет к скачку товарооборота

$$\Delta i = \frac{H_k}{R_k + \Delta R} - \frac{H_k}{R_k}, \quad (19)$$

где  $H_k$  – эффективность соответствующего контура;

$R_k$  – суммарное сопротивление обороту соответствующего контура до скачка.

Умножив скачок товарооборота на  $R_4$ , получим

$$\Delta H_4 = \frac{\Delta R (R_k - R_4)}{R_k (R_k + \Delta R)} H_k. \quad (20)$$

Из выражения (20) следует практический совет для продавцов товара на общем рынке: увеличение цен на общем рынке не даст ожидаемой прибыли, так как  $\Delta R$  находится как в числителе, так и в знаменателе.

Из формулы (20) понятно, что для  $\Delta R$  существует некоторое оптимальное значение, при котором скачок стоимости  $\Delta H_4$  достигает максимума. Для определения этого значения продифференцируем уравнение (20) по  $\Delta R$  и приравняем производную нулю. В результате:  $\Delta R_{\text{опт}} = R_4$ . Другими словами, для максимизации прибыли продавцов необходимо увеличение  $R_4$  в два раза.

Правда, при этом продавцам не стоит надеяться на двойную прибыль, потому что при увеличении сопротивления уменьшится товарооборот, а, значит, увеличение прибыли будет определяться как

$$\Delta H_4 = H_k \frac{R_4 (R_k - R_4)}{R_k (R_k + R_4)}. \quad (21)$$

Как следует из выражения (21), при  $\Delta R = R_4$  реальное увеличение прибыли явно ниже двойного.

#### **Выводы**

1. Исследованы переходные процессы во взаимодействующих предприятиях АПК и получены математические модели для расчетов их устойчивости.

2. Исследования выполнены для скачков эффективностей контуров и общего для обоих контуров сопротивления товарообороту, что дало возможность оценить устойчивость и рациональность процессов взаимодействия субъектов различного типа, оптимизировать процессы управления скачками цен на общем рынке взаимодействующих предприятий АПК.

3. Разработанные математические модели позволяют управлять экономическими процессами в контурах взаимодействующих предприятий АПК через такие параметры, как сопротивление обороту ( $R$ ), емкость ( $C$ ) и ригидность ( $L$ ) экономических цепей.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-02-00085а – ОГН*

---

## Библиографический список

1. Денисов А.А. Макроэкономическое управление и моделирование : пособие для начинающих реформаторов / А.А. Денисов. – Санкт-Петербург : Омега, 1997. – 37 с.
2. Денисов А.А. Теория систем и системный анализ / А.А. Денисов, В.Н. Волкова. – Москва : Политехника, 1999. – 510 с.
3. Крохмаль В.В. Экономическая устойчивость агроперерабатывающего комплекса региона : монография / В.В. Крохмаль. – Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2004. – 329 с.
4. Крук Б.И. Основы теории цепей : учеб. пособие для вузов / В.П. Бакалов, В.Ф. Дмитриков, Б.И. Крук ; под ред. В.П. Бакалова. – Москва : ГЛТ, 2013. – 596 с.
5. Лойко В.И. Методологические основы анализа взаимодействия сельскохозяйственных (СП) и перерабатывающих предприятий (ПП) АПК на основе потоковых моделей стоимости / В.И. Лойко, Т.П. Барановская // Новые технологии. – 2018. – № 3. – С. 122–127.
6. Лойко В.И. Анализ взаимодействия сельскохозяйственных (СП) и перерабатывающих предприятий (ПП) АПК на основе потоковых моделей стоимости в установившемся режиме / В.И. Лойко, Т.П. Барановская // Новые технологии. – 2018. – № 4. – С. 155–161.
7. Модели и методы управления экономикой АПК региона : монография / А.И. Трубилин, Т.П. Барановская, В.И. Лойко, Е.В. Луценко. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – 600 с.
8. Попов В.П. Основы теории цепей : учебник для бакалавров / В.П. Попов. – Москва : Юрайт, 2013. – 696 с.
9. Ткачев А.Н. Место и роль сельского хозяйства в экономике региона / А.Н. Ткачев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2003. – № 02 (002). – С. 87–99 [Электронный ресурс]. – IDA [article ID]: 0020302010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/02/pdf/10.pdf> (дата обращения: 18.11.2018).
10. Ткачев А.Н. Методология инвестиционного управления агропромышленным комплексом региона / А.Н. Ткачев. – Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2004. – 435 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Валерий Иванович Лойко – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой компьютерных технологий и систем ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Россия, г. Краснодар, e-mail: [Loyko9@yandex.ru](mailto:Loyko9@yandex.ru).

Татьяна Петровна Барановская – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой системного анализа и обработки информации ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Россия, г. Краснодар, e-mail: [bartp\\_2@mail.ru](mailto:bartp_2@mail.ru).

Дата поступления в редакцию 12.01.2019

Дата принятия к печати 28.01.2019

## AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Valery I. Loiko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Computer Technologies and Systems, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russia, Krasnodar, e-mail: [Loyko9@yandex.ru](mailto:Loyko9@yandex.ru).

Tatyana P. Baranovskaya, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of System Analysis and Information Processing, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russia, Krasnodar, e-mail: [bartp\\_2@mail.ru](mailto:bartp_2@mail.ru).

Received January 12, 2019

Accepted January 28, 2019