

МЕНЕДЖМЕНТ MANAGEMENT

DOI: 10.18287/2542-0461-2024-15-1-104-112



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 330.45

Дата поступления: 20.12.2023
рецензирования: 26.01.2024
принятия: 26.02.2024

Анализ координирующих параметров в оптимизационных моделях управления цепями поставок

Д.Ю. Горохов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация
E-mail: goroh63@mail.ru

Аннотация: Рассматривается проблема оптимального управления цепью поставок, включающей в себя поставщика и ретейлера. Цепь поставок представлена как модель взаимодействия агентов и формально организована в виде контракта поставки. На основе анализа различных типов контрактов, используемых в экономической практике, в статье получены следующие новые научные результаты. Сформирована концепция управления цепью поставок, определяющая поэтапный процесс установления контрактных отношений поставщика и ретейлера, исходя из существования вертикальных рыночных связей этих агентов через их интеграцию и координацию их взаимодействий. Выявлены фундаментальные свойства вертикальной системы «поставщик – ретейлер», которые объясняют необходимость компромиссного выбора координирующих параметров контрактов, влияющих на функции полезности как поставщика, так и ретейлера. Формализованы различные типы контрактов поставки, модели которых представлены в виде систем функций полезности участников этих отношений, на базе чего определен комплекс координирующих параметров. Показано, что область значений координирующих параметров образует множество Парето. Представлена классификация моделей оптимизации контрактов с различным числом и набором координирующих параметров, на основе которой сформирована иерархия усложнения оптимизационных моделей, соответствующих степени приближения моделей к реальным процессам экономических взаимодействий в системе «поставщик – ретейлер». Тем самым заложен методологический базис создания обобщенной модели управления цепью поставок, позволяющей разрабатывать методы оптимизации управления в таких цепях на единой формальной основе.

Ключевые слова: цепь поставок; поставщик; ретейлер; координация; координирующий параметр; многопараметрическая оптимизация.

Цитирование. Горохов Д.Ю. Анализ координирующих параметров в оптимизационных моделях управления цепями поставок // Вестник Самарского университета. Экономика и управление Vestnik of Samara University. Economics and Management 2024. Т. 15, № 1. С. 104–112. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-1-104-112>.

Информация о конфликте интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

© Горохов Д.Ю., 2024

Дмитрий Юрьевич Горохов – аспирант кафедры математических методов в экономике, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

SCIENTIFIC ARTICLE

Submitted: 20.12.2023
Revised: 26.01.2024
Accepted: 26.02.2024

Analysis of coordinating parameters in optimization models of supply chain coordination

D.Yu. Gorokhov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: goroh63@mail.ru

Abstract: The problem of optimal control in a supply chain that includes a supplier and a retailer is considered. The supply chain is presented as a model of interaction between agents, and is formally organized in the form of a supply contract. Based on the analysis of various types of contracts used in economic practice, the article obtained the following new scientific results. The concept of supply chain coordination has been formed, which defines the step-by-step process of establishing contractual relations between the supplier and the retailer based on the existence of vertical market connections of these agents through their integration and coordination of their interactions. The fundamental properties of the vertical “supplier-retailer” system are identified, which explain the need for a compromise choice of coordinating contract parameters that affect the utility functions of both the supplier and the retailer. Various types of supply contracts are formalized, the models of which are presented in the form of systems of utility functions of the participants in these relations, on the basis of which a set of coordinating parameters is determined. It is shown that the range of values of the coordinating parameters forms a Pareto set. A classification of contract optimization models with a different number and set of coordinating parameters is presented, on the basis of which a hierarchy of complication of optimization models is formed, corresponding to the degree of approximation of the models to the real processes of economic interactions in the «supplier-retailer» system. This lays the methodological basis for creating a generalized model of supply chain management, which makes it possible to develop methods for optimizing management in such chains on a unified formal basis.

Key words: supply chain; supplier; retailer; coordination; coordinating parameter; multi-parameter optimization.

Citation. Gorokhov D.Yu. Analysis of coordinating parameters in optimization models of supply chain coordination. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 1, pp. 104–112. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-1-104-112>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: author declares no conflict of interest.

© Gorokhov D.Yu., 2024

Dmitry Yu. Gorokhov – postgraduate student of the Department of Mathematical Methods in Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Управление цепями поставок неслучайно стало самостоятельным разделом современной экономики, поскольку процессы глобализации способствуют разветвлению мирохозяйственных связей, которые, в свою очередь, обуславливают все большую диверсификацию источников поставки разнообразных товаров, следствием чего становится усложнение механизмов координации усилий действующих лиц этого глобального бизнес-процесса. Координация трактовалась классиками (обзор Т. Мэлоуна, К. Кроустана [1]) как управление зависимостями между активностями, которые рассматривались как действия предприятий (фирм) или лиц, объединенных в рамках целостной системы взаимодействий. Особенности координации предопределены типами интеграции фирм, которые были подразделены [2] на вертикальную интеграцию и горизонтальную интеграцию. Если горизонтальная интеграция, объединяющая фирмы на основе титула собственности и вне зависимости от стадий их бизнес-процессов, не играет роли при формировании цепей поставок, то вертикальная интеграция является определяющим фактором возникновения этих цепей.

Согласно О. Уильямсону [3], вертикальная интеграция образуется вследствие взаимосвязей между стадиями бизнес-процесса создания товара или услуги, который включает в себя как стадии производства, так и товародвижения к конечному покупателю. Вертикальная интеграция [4] происходит на базе таких естественных факторов, как технические условия производственных технологий, накладывающие необходимость установления вертикальных взаимосвязей между рынками.

Наиболее характерный случай вертикальных рыночных связей – это взаимоотношения поставщика (производителя) товаров и ретейлеров, осуществляющих продажу этих товаров конечному покупателю. Цепь поставок (supply chain) как понятие представляет собой техническое выражение рыноч-

ной связи между производителем и ритейлером. Координация в цепях поставок (supply chain coordination), согласно С. Вангу [5], определена как итерационное регулирование объемов товарных и производственных запасов и заказов, адаптированное к динамике спроса конечных покупателей, производственным и логистическим мощностям.

Координация невозможна без структурного оформления отношений участников цепи поставок (поставщика и ритейлера), которое закрепляется в контракте поставки – это договор о взаимных платежах действующих лиц и других условиях.

В результате формируется концепция управления цепью поставок (рис. 1), выражающая поэтапный переход от рыночных связей между агентами рынка к интеграции этих агентов в устойчивую систему, затем к образованию стабильной цепи поставок, устойчивость которой обеспечена формальными контрактами в паре «поставщик – ритейлер».

Таким образом, ключевым звеном в цепи поставок является контракт, который обеспечивает устойчивость этой цепи в случае оптимального выбора его параметров. Следовательно, управление цепью поставок – это прежде всего *оптимальное управление*, поэтому в дальнейшем рассматриваются аспекты этой проблемы с позиций методов оптимизации.

Целью исследования является сравнительный анализ различных контрактов поставки и определение параметров управления взаимодействиями поставщика и ритейлера, оптимизация которых позволяет обеспечить устойчивость системы «поставщик – ритейлер».

Методы исследования

Принципы моделирования цепей поставок. В случае вертикальных рыночных связей поставщика (обозначены символом s) и ритейлеры (обозначены символом r) образуют двухсекторную систему, формальное моделирование которой основано на следующих базовых предпосылках.

Предположение 1: объем производства и объем поставки эквивалентны, т. е. этот объем является единой количественной мерой активностей в обоих секторах.

Предположение 2: цена поставщика является компонентом издержек ритейлера, и представляет собой оптовую (трансфертную) цену w .

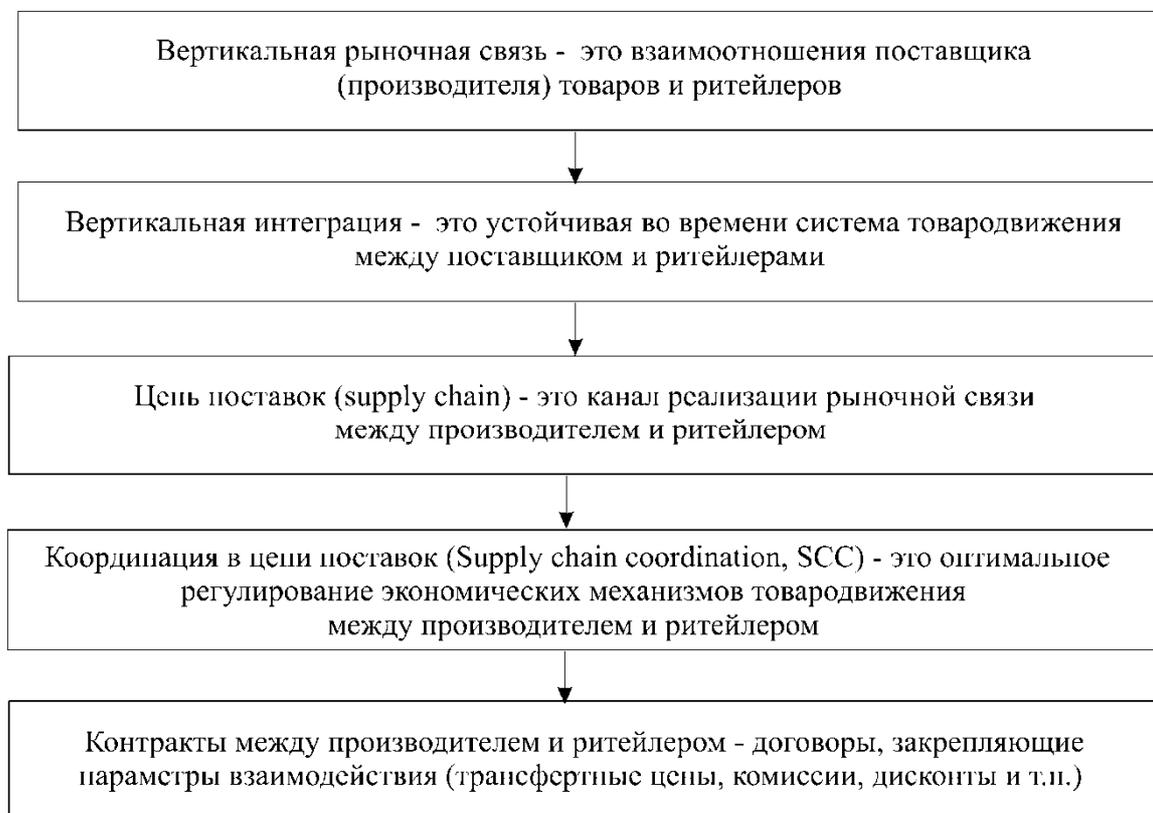


Рисунок 1 – Концепция управления цепью поставок
Figure 1 – Supply Chain Management Concept

Предположение 3: предельные издержки поставщика c_s не зависят от вертикальной интеграции.

Предположение 4: цена ретейлера p , т. е. цена, по которой товар продается конечному покупателю, определяется обратной функцией спроса $p(q)$ и должна быть достаточной для компенсации оптовой цены и предельных издержек ретейлера c_r , т. е. $p(q) \geq w + c_r$.

Предположение 5: функция полезности производственного сектора π_s возрастает по w , а функция полезности торгового сектора π_r убывает по w .

Из этих предположений вытекают ключевые свойства вертикальной двухсекторной системы «поставщик – ретейлер» (рис. 2).

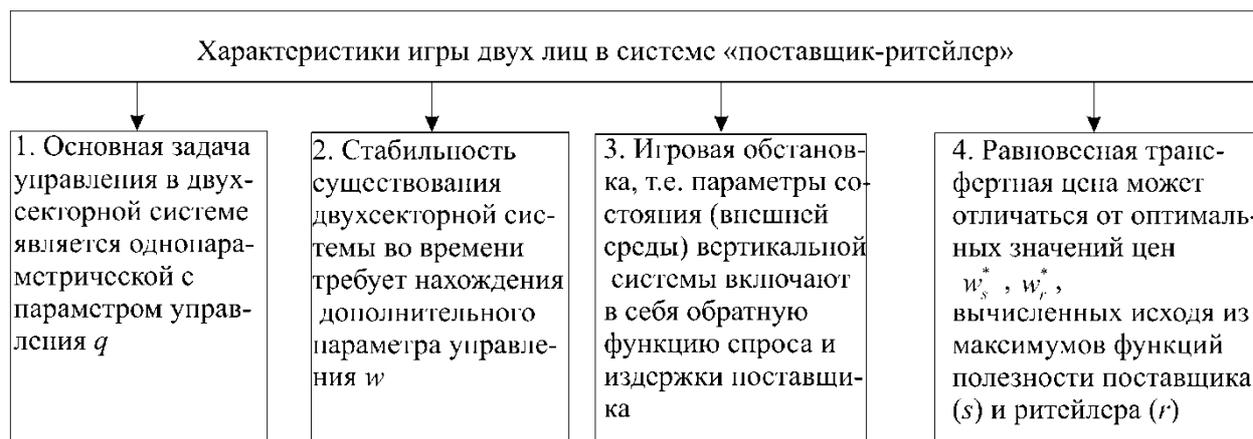


Рисунок 2 – Свойства вертикальной двухсекторной системы «поставщик – ретейлер»

Figure 2 – Properties of the vertical two-sector supplier-retailer system

Последнее свойство приводит к тому, что равновесие в вертикальной двухсекторной системе определяется компромиссным решением и зависит [6] как от соотношения сил рыночной власти производителей и ретейлеров, так и от количества ретейлеров, связанных с одним поставщиком, или числа поставщиков, связанных с одним ретейлером.

Формы контрактов в цепях поставок. Координация цепей поставок формализуется через контракты, для которых экономическая практика наработала следующие основные типы [7].

Контракт фиксированной оптовой цены (wholesale price contract) [8] или контракт распределения издержек (cost sharing contract), при котором поставщик взимает с ретейлера платеж w за единицу товара, поэтому выручка производителя равна wq ; в этом случае функции полезности поставщика и ретейлера имеют вид:

$$\begin{aligned} \pi_s &= wq - c_s q, \\ \pi_r &= p(q)q - (w + c_r)q. \end{aligned}$$

Контракт с двухкомпонентным тарифом (two-part tariff contract) [9] является разновидностью контракта с гибкой ценой, когда кроме оптовой цены поставщик получает от ретейлера постоянный, не зависящий от объема продаж, тариф a , иначе говоря функции полезности поставщика и ретейлера имеют вид:

$$\begin{aligned} \pi_s &= wq + a - c_s q, \\ \pi_r &= p(q)q - a - (w + c_r)q. \end{aligned}$$

Контракт обратного выкупа (buy-back contract), когда поставщик получает от ретейлера платеж w за единицу товара, проданного конечному покупателю, а в случае остатка товара q_t на конец периода осуществляет платеж ретейлеру в размере b за единицу непроданного товара, т.е. выручка производителя составит $wq - bq_t$; в контракте обратного выкупа фигурируют следующие функции полезности поставщика и ретейлера:

$$\pi_s = wq - bq_t - c_s q,$$

$$\pi_r = p(q)q + bq_r - (w + c_r)q.$$

Контракт распределения выручки (revenue-sharing contract) [10], в рамках которого трансфер поставщику от ретейлера включает не только платеж w за единицу товара, но и определенную долю $(1-\psi)$ от розничной цены p , при этом трансфертная выручка производителя составит $[w + (1-\psi)p(q)]q$, а ретейлер оставляет за собой долю ψ от объема продаж конечным покупателям, т.е. его выручка равна $\psi p(q)q$; в контракте распределения выручки поставщик и ретейлер имеют следующие функции полезности:

$$\begin{aligned} \pi_s &= [w + (1-\psi)p(q)]q - c_s q, \\ \pi_r &= \psi p(q)q - (w + c_r)q. \end{aligned}$$

Широкий спектр проблем включает в себя отношения между производителем и ретейлером, которые приводят к проблемам координации цепи поставок, но наряду с этой ключевой проблемой аналогичные схемы отношений агентов возникают в других экономических ситуациях. В частности, цепи поставок, обеспечивающие финансовые потоки для расширения платежеспособного спроса, исследовались на основе взаимосвязи товарных и финансовых рынков [11, 12]; при этом анализировалась система «ретейлер – банк-страховщик» [13–15], в которой ретейлер использует кредитный механизм на основе взаимодействий с банком для стимулирования продаж, а страховая компания обеспечивает возвратность кредитов.

Результаты исследования

Координирующие параметры контрактов в цепях поставок. Анализ различных типов контрактов поставщика и ретейлера показывает, что равновесное состояние цепи поставок достигается за счет выбора одного или нескольких координирующих параметров (рис. 3).

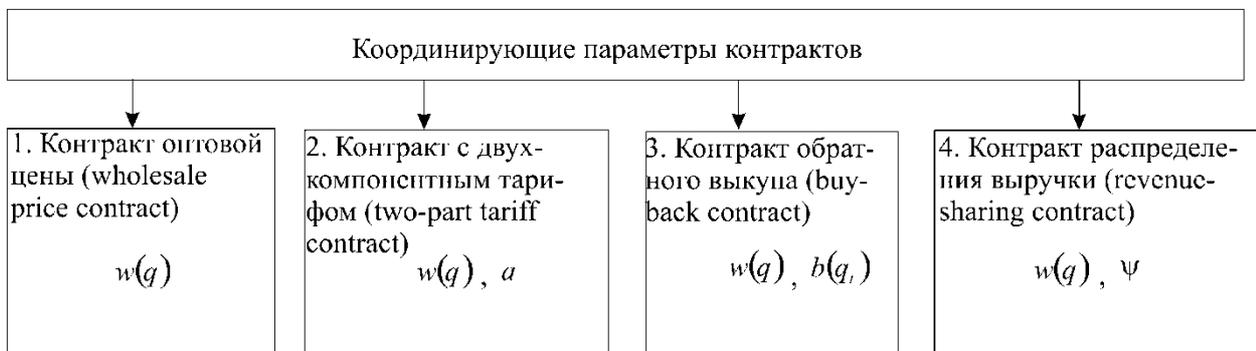


Рисунок 3 – Типы координирующих параметров контрактов

Figure 3 – Types of coordinating contract parameters

Координирующий параметр – это такой компонент, одновременно присутствующий в функциях полезности поставщика и ретейлера, изменение которого в определенных диапазонах приводит к увеличению функции полезности одного из секторов цепи поставок и уменьшению функции полезности другого сектора.

Очевидно, диапазоны изменения координирующего параметра образуют множество Парето, т.е. если обозначить этот параметр символом x (будем считать, что x является положительным вещественным числом, $x \in \mathbf{R}^+$), то можно записать согласно подходу Т. Кумпанса [16]:

$$\Pi = \left\{ x^* \in \mathbf{R}^+ \mid \exists x \in \mathbf{R}^+ : \pi_i(x) \geq \pi_i(x^*), i = s, r, x \neq x^* \right\},$$

где Π – множество Парето, x^* – эффективные (не улучшаемые) по Парето значения x .

Другими словами, эффективными (не улучшаемыми) по Парето являются такие допустимые значения x^* , которые не доминируются другими допустимыми значениям с точки зрения всей совокупности критериев.

Во всех описанных контрактах «поставщик – ретейлер», особенно в контракте распределения выручки, возникает проблема торга (дележа), если в системе не существует равновесия в доминантных стратегиях, т. е. в соответствии с максимизацией прибыли всех фирм. Эта проблема была решена на основе арбитражной схемы Нэша.

Многопараметрические контракты в цепях поставок. В контракте оптовой цены действует один координирующий параметр – оптовая цена w . В контрактах обратного выкупа и распределения выручки мы сталкиваемся с двумя координирующими параметрами, один из которых по-прежнему $w(q)$, а другой либо $b(q_t)$ в контракте обратного выкупа, либо ψ в контракте распределения выручки.

Другие типы контрактов, встречающиеся в литературе по координации цепей поставок, характеризуются увеличением числа координирующих параметров. В частности, могут возникать различного рода *количественно-адаптивные контракты*.

Контракт с гибкой ценой (контракт с количественным дисконтом, quantity discount contract), при котором оптовая цена может рассматриваться как функция объема продаж, т. е. $w(q)$, а именно, с увеличением объема поставки оптовая цена снижается; разновидностью этого типа гибкого контракту является зависимость цены от товарного разнообразия, т. е. от количества наименований товаров в ассортименте [17].

Контракт с плавающим объемом (quantity flexibility contract), при действии которого товарный остаток ретейлера выкупается поставщиком по оптовой цене, т. е. $b = w$.

Контракт с плавающим тарифом обратного выкупа (buy-back flexibility contract), в котором тариф зависит от товарного остатка, т. е. $b(q_t)$, а указанная зависимость, в свою очередь, обусловлена динамикой конечного спроса [18].

Таким образом, в количественно-адаптивных контрактах координация цепей поставок требует решения задачи оптимального выбора нескольких параметров, и возникает иерархия задач с повышением уровня сложности (рис. 4).

- 1) двухпараметрическая задача с оптимизируемыми параметрами q, w , или q, b , или q, ψ ;
- 2) многопараметрическая задача с оптимизируемым параметром q и оптимизируемыми функциями $w(q)$, или $b(q_t)$, или $\psi(q)$;
- 3) многопараметрическая задача с оптимизируемым параметром q и кортежем оптимизируемых функций $\{w(q), b(q_t), \psi(q)\}$.

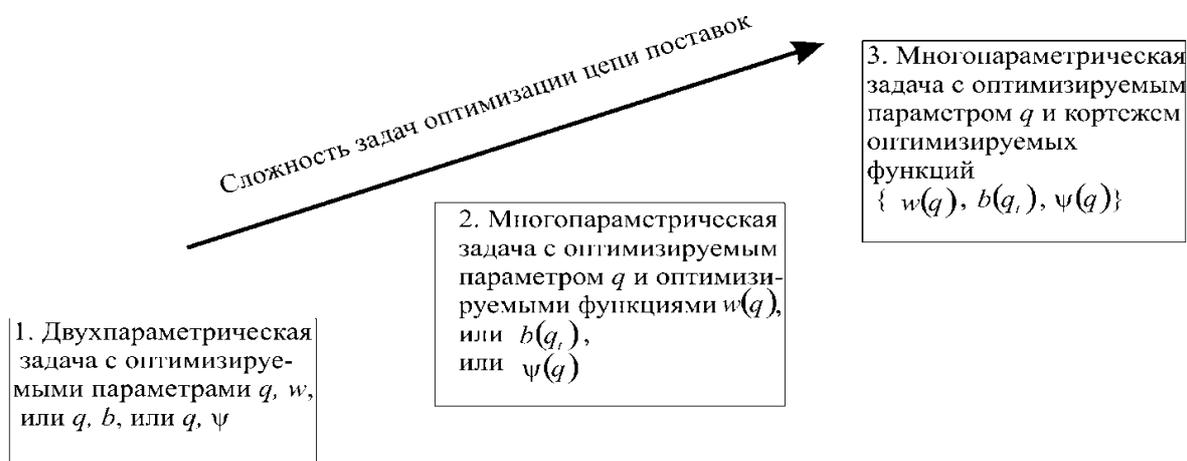


Рисунок 4 – Иерархия задач оптимизации цепи поставок

Figure 4 – Hierarchy of supply chain optimization tasks

В рамках представленной иерархии сложность задач управления цепью поставок возрастает вследствие поэтапного приближения рассматриваемой модели к описанию реального объекта управления. Иначе говоря, наиболее сложные типы моделей 2 и 3 точнее выражают параметры реальных контрактов, поскольку экономическая практика предусматривает зависимости тарифных параметров контрактов от их объемных характеристик.

Выводы

Рассмотрена проблема оптимального управления цепью поставок, включающей в себя поставщика и ретейлера.

Анализ различных типов контрактов между поставщиком и ретейлером, используемых в экономической практике, приводит к следующим выводам.

Контракт фиксированной оптовой цены является наиболее простым типом организации взаимодействия поставщика и ретейлера, непосредственно отражающим простую сделку купли-продажи без каких-либо дополнительных условий. Развитием этого базового механизма выступает контракт с двухкомпонентным тарифом, отражающим большую рыночную силу поставщика по сравнению с ретейлером, вынужденным платить первому дополнительный бонус за участие в контракте. Контракт распределения выручки также расширяет возможности проявления повышенной рыночной власти поставщика, вынуждающего ретейлера не только компенсировать поставщику оптовую цену, но и поступаться частью своей выручки.

Контракт обратного выкупа, наоборот, отражает превышение рыночной силы ретейлера над силой поставщика, поскольку первый обязан выкупать нереализованный остаток товара, т. е. дополнительные расходы несет поставщик.

Количественно-адаптивные контракты постулируют возможности корректив превалирования рыночной силы одной стороны контракта на силой другой стороны в зависимости от реального эффекта взаимодействий. Так, контракт с гибкой ценой стимулирует ретейлера повышать темпы продаж, в результате чего его платеж поставщику снижается. Контракт с плавающим тарифом обратного выкупа, наоборот, стимулирует поставщика производить более качественный товар, вследствие чего товарный остаток снижается и уменьшается тариф выкупа, т.е. платеж ретейлеру.

Выявлены координирующие параметры контактов, которыми могут выступать следующие характеристики:

- оптовая цена $w(q)$;
- коэффициент двухкомпонентного тарифа a ;
- тариф обратного выкупа $b(q_i)$;
- параметр распределения выручки $\psi(q)$.

Показано, что достоверность модели управления цепью поставок повышается с ростом числа и расширением многообразия координирующих параметров, но вместе с этим возрастает сложность оптимизационных моделей, все более приближающихся к реальным процессам экономических взаимодействий в системе «поставщик – ретейлер».

Таким образом, исследование позволило получить следующие новые научные результаты.

Во-первых, разработана концепция организации процесса управления в цепи поставок, включающая в себя важнейшие этапы формирования контрактных отношений поставщика и ретейлера; эти отношения формируются на базе объективно существующих вертикальных рыночных связей агентов цепи, которые предопределяют интеграцию агентов в систему и необходимость координации их взаимодействий.

Во-вторых, сформулированы фундаментальные свойства интегрированной системы «поставщик – ретейлер», описывающие параметры управления этой системой, параметры внешней среды (игровую обстановку), стабильность равновесия в системе и необходимость компромиссного выбора координирующих параметров контрактов, влияющих на функции полезности как поставщика, так и ретейлера.

В-третьих, обобщены формальные модели различных типов контрактов поставки, которые представлены в виде систем функций полезности участников этих отношений; в результате анализа этих моделей определен комплекс координирующих параметров, причем показано, что область значений координирующих параметров образует множество Парето.

В-четвертых, составлена классификация моделей оптимизации контрактов с различным числом и набором координирующих параметров, на основе которой сформирована иерархия усложнения оп-

тимизационных моделей, соответствующих степени приближения моделей к реальным процессам экономических взаимодействий в системе «поставщик – ретейлер».

В результате исследование сформировало методологический базис для разработки обобщенной модели управления цепью поставок, которая будет способствовать поиску адекватных методов оптимизации управления в таких цепях на единой формальной основе.

Библиографический список

1. Malone T.W., Crowston K. The interdisciplinary study of coordination // *ACM Computing Surveys*. 1993. Vol. 26, issue 1. P. 87–119. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/174666.174668>.
2. Baligh H., Richartz L. *Vertical Market Structures*. Boston: Allyn and Bacon. 1967. URL: <https://archive.org/details/verticalmarketst0000helm>.
3. Williamson O. The vertical Integration of Production: Market Failure Considerations // *American Economic Review*. 1971. Vol. 61, no. 2. P. 112–123. URL: https://www.researchgate.net/publication/4733004_The_Vertical_Integration_of_Production_Market_Failure_Considerations.
4. Machlup F., Taber M. Bilateral Monopoly, Successive Monopoly and Vertical Integration // *Economica*. 1960. Vol. 27, no. 126. P. 101–119. DOI: <https://doi.org/10.2307/2550895>.
5. Whang S. Coordination in operations: A taxonomy // *Journal of Operations Management*. 1995. Vol. 12, issues 3–4. P. 413–422. DOI: [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(95\)00010-P](https://doi.org/10.1016/0272-6963(95)00010-P).
6. Mathewson G., Winter R. An Economic Theory of Vertical Restraints // *The Rand Journal of Economics*. 1984. Vol. 15, issue 1. P. 27–38. DOI: <https://doi.org/10.2307/3003667>.
7. Cachon G.P. Supply chain coordination with contracts. *Supply chain management: Design, coordination and operation* // *Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2003. Vol. 11. P. 227–339. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(03\)11006-7](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(03)11006-7).
8. Berezinets I., Meshkova M., Nikolchenko N. The Problem of Supply Chain Profit Maximization Using Sales Rebate Contract // *Contributions to Game Theory and Management*. 2019. Vol. 12. P. 70–99. URL: <https://gametheory.spbu.ru/article/view/12891>.
9. Lv F., Xiao L., Xu M., Guan X. Quantity-payment versus two-part tariff contracts in an assembly system with asymmetric cost information // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2019. Vol. 129. P. 60–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.07.010>.
10. Зенкевич Н. А., Гладкова М.А. Координирующие долевые контракты в цепочке создания ценности: на примере киноиндустрии США // *Вестник СПбГУ. Менеджмент*. 2018. Т. 17, № 1. С. 26–45. DOI: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu08.2018.102>.
11. Гераськин М.И., Манахов В.В. Анализ кривых спроса на товарных и финансовых рынках монополистической конкуренции // *Актуальные проблемы экономики и права*. 2016. Т. 10, № 2 (38). С. 80–92. DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.10.2016.2.80-92>.
12. Гераськин М.И., Манахов В.В. Анализ кредитного портфеля банка, взаимодействующего с ритейлерами по программам товарного кредитования // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1-1. С. 499. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17526&ysclid=ltpnbur6b7604386651>; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25323623>. EDN: <https://www.elibrary.ru/viebuzz>.
13. Гераськин М.И., Манахов В.В. Оптимизация взаимодействий в мультиагентной сильносвязанной системе «ритейлер – банк-страховщик» // *Проблемы управления*. 2015. № 4. С. 9–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-vzaimodeystviy-v-multiagentnoy-silnosvyazannoy-sisteme-riteyler-bank-strahovschik/viewer>.
14. Гераськин М.И. Оптимальный механизм распределения эффекта в интегрированной сильносвязанной системе анонимных агентов с трансферабельной полезностью // *Проблемы управления*. 2017. № 2. С. 27–41. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnyy-mehanizm-raspredeleniya-effekta-v-integrirovannoy-silnosvyazannoy-sisteme-anonimnyh-agentov-s-transferabelnoy-poleznostyu/viewer>.
15. Geraskin M. Pricing Analysis of Interconnected Markets of Housing, Mortgage Lending and Insurance // *Kybernetes*. 2020. Vol. 50, Issue 5. Pp. 1212–1249. DOI: <https://doi.org/10.1108/K-12-2019-0849>.
16. Koopmans T.C. (1951) Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities // Koopmans T.C. (Ed.) *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics. Monograph No. 13. P. 33–97.
17. Быкадоров И.А., Коковин С.Г., Желободько Е.В. Товарное разнообразие в вертикальном распределительном канале при монополистической конкуренции // *Управление большими системами*. 2011. № 35. С. 165–206. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tovarnoe-raznoobrazie-v-vertikalnom-raspredelitelnom-kanale-pri-monopolisticheskoy-konkurentsii?ysclid=ltpoc5oapt120097787>.

18. Zhang B. Supply chain coordination based on a buyback contract under fuzzy random variable demand // *Fuzzy Sets Systems*. 2014. Vol. 255. P. 1–16. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.fss.2014.03.011>.

References

1. Malone T.W., Crowston K. The interdisciplinary study of coordination. *ACM Computing Surveys*, 1993, vol. 26, no. 1, pp. 87–119. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/174666.174668>.
2. Baligh H., Richartz L. *Vertical Market Structures*. Boston: Allyn and Bacon. 1967. Available at: <https://archive.org/details/verticalmarketst0000helm>.
3. Williamson O. The vertical Integration of Production: Market Failure Considerations. *American Economic Review*, 1971, no 51, pp. 112–123. Available at: https://www.researchgate.net/publication/4733004_The_Vertical_Integration_of_Production_Market_Failure_Considerations.
4. Machlup F., Taber M. Bilateral Monopoly, Successive Monopoly and Vertical Integration. *Economica*, 1960, vol. 27, no. 126, pp. 101–119. DOI: <https://doi.org/10.2307/2550895>.
5. Whang S. Coordination in operations: A taxonomy. *Journal of Operations Management*, 1995, vol. 12, issues 3–4, pp. 413–422. DOI: [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(95\)00010-P](https://doi.org/10.1016/0272-6963(95)00010-P).
6. Mathewson G., Winter R. An Economic Theory of Vertical Restraints. *The Rand Journal of Economics*, 1984, vol. 15, issue 1, pp. 27–38. DOI: <https://doi.org/10.2307/3003667>.
7. Cachon G.P. Supply chain coordination with contracts. *Supply chain management: Design, coordination and operation. Handbooks in Operations Research and Management Science*, 2003, vol. 11, pp. 227–339. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(03\)11006-7](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(03)11006-7).
8. Berezinets I., Meshkova M., Nikolchenko N. The Problem of Supply Chain Profit Maximization Using Sales Rebate Contract. *Contributions to Game Theory and Management*, 2019, vol. 12, pp. 70–99. Available at: <https://gametheory.spbu.ru/article/view/12891>.
9. Lv F., Xiao L., Xu M., Guan X. Quantity-payment versus two-part tariff contracts in an assembly system with asymmetric cost information. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2019, vol. 129, pp. 60–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.07.010>.
10. Zenkevich N.A., Gladkova M.A. Revenue sharing contracts for value chain coordination: the case of motion picture industry in the USA. *Vestnik of St. Petersburg University. Management*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 26–45. DOI: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu08.2018.102>. (In Russ.)
11. Geras'kin M.I., Manakhov V.V. Analysis of demand curves in the stock and financial markets of monopolistic competition. *Actual Problems of Economics and Law*, 2016, vol. 10, no. 2 (38), pp. 80–92. DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.10.2016.2.80-92>. (In Russ.)
12. Geraskin M.I., Manakhov V.V. Interaction analysis of the banks advances portfolio and the retailers within trade financing programmes. *Modern problems of science and education*, 2015, no. 1–1, p. 499. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17526&ysclid=ltpn6ur6b7604386651>; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25323623>. EDN: <https://www.elibrary.ru/viebuz>. (In Russ.)
13. Geraskin M.I., Manakhov V.V. Optimization of interactions in a multi-agent tightly coupled system «retailer-bank-insurer». *Control Sciences*, 2015, no. 4, pp. 9–18. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-vzaimodeystviy-v-multiagentnoy-silnosvyazannoy-sisteme-riteyler-bank-strahovschik/viewer>. (In Russ.)
14. Geraskin M.I. Optimal mechanism for effect distribution in an integrated tightly coupled system of anonymous agents with transferable utility. *Control Sciences*, 2017, no. 2, pp. 27–41. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnyy-mehanizm-raspredeleniya-effekta-v-integrirovannoy-silnosvyazannoy-sisteme-anonimnyh-agentov-s-transferabelnoy-poleznostyu/viewer>.
15. Geraskin M. Pricing Analysis of Interconnected Markets of Housing, Mortgage Lending and Insurance. *Kybernetes*, 2020, vol. 50, issue 5, pp. 1212–1249. DOI: <https://doi.org/10.1108/K-12-2019-0849>.
16. Koopmans T. C. Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In: Koopmans T.C. (Ed.) *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13. Pp. 33–97.
17. Bykadorov I.A., Kokovin S.G., Zhelobodko E.V. Product diversity in a vertical distribution channel under monopolistic competition. *Large-Scale Systems Control*, 2011, no. 35, pp. 165–206. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tovarnoe-raznoobrazie-v-vertikalnom-raspredelitelnom-kanale-pri-monopolisticheskoy-konkurentsii?ysclid=lt poc5oapt120097787>. (In Russ.)
18. Zhang B. Supply chain coordination based on a buyback contract under fuzzy random variable demand. *Fuzzy Sets Systems*, 2014, vol. 255, pp. 1–16. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.fss.2014.03.011>.