

*На правах рукописи*

**Уварова Лада Алексеевна**

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
И ТОРГОВО-СБЫТОВЫХ СЕТЕЙ**

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы  
в экономике

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата экономических наук

Самара – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на кафедре менеджмента и организации производства.

Научный руководитель:

доктор экономических наук, профессор **Иванов Дмитрий Юрьевич**.

Официальные оппоненты:

**Жуланов Евгений Евгеньевич**, доктор экономических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра экономики и управления промышленным производством, заведующий кафедрой;

**Горидько Нина Павловна**, кандидат экономических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук», Лаборатория 57, старший научный сотрудник.

Ведущая организация:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Казанский национальный исследовательский технологический университет**», г. Казань.

Защита диссертации состоится 18 декабря 2024 г., в 10<sup>00</sup> часов, на заседании диссертационного совета 24.2.379.06, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» и на сайте: [https://www.ssau.ru/resources/dis\\_protection/uvarova](https://www.ssau.ru/resources/dis_protection/uvarova).

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2024 года.

**Ученый секретарь  
диссертационного совета**

**В. Ю. Анисимова**

## I ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В современных условиях развития экономики России перед производственными предприятиями возникает задача повышения эффективности деятельности за счёт оптимизации производственной и торгово-сбытовой деятельности для устойчивого развития организаций. В настоящее время в сфере торговли и сбыта готовой продукции происходят важные изменения, связанные с трансформацией рынка розничной торговли, что приводит к цифровизации каналов распределения готовой продукции и преобразованию форм сотрудничества производственных предприятий и торгово-сбытовых сетей. Структурные изменения сферы торговли определяют модификацию процессов принятия решений по организации сбыта производственных предприятий, что приводит к поиску новых торговых партнёров и площадок для реализации готовой продукции, а также выстраиванию эффективного сотрудничества с учётом специфики организаций розничной торговли и современных требований потребителей. Так, реализация готовой продукции производственными предприятиями через различные каналы распределения требует формализации отношений в системе «производитель - торгово-сбытовая сеть - потребитель». Существующие тенденции к увеличению доли рынка электронных маркетплейсов и розничных торговых сетей обуславливают актуальность разработки экономико-математических моделей, обеспечивающих повышение экономической эффективности функционирования производственных предприятий, а также оптимизации ключевых параметров взаимодействия с учётом экономических интересов участников данной системы. Несмотря на то, что разработаны теоретические подходы к исследованию процессов взаимодействия производственных предприятий и торгово-сбытовых сетей, проблема экономико-математического моделирования и оптимизации параметров их взаимодействия в настоящее время является актуальной для российских производственных предприятий вследствие значительной трансформации рынков сбыта готовой продукции, появления новых участников в сфере торговли и цифровизации процессов сбыта, которая недостаточно исследована.

**Степень научной разработанности темы исследования.** Теоретические основы взаимодействия производственных предприятий и торгово-сбытовых сетей представлены в работах многих зарубежных авторов: Б. Берман, Г.Дж. Болт, Б.А. Вейтц, Д. Гилберт, М.П. Гордон, Дж. Дион, Ж.Ж. Ламбен, М. Леви, М. Салливан, Дж. Р. Эванс, Д. Эдкок, – а также российских учёных: Е.Н. Александровой, В.В. Бахарева, Л.А. Беловой, Т.Н. Голикова, Н.Ю. Никитиной, К.С. Приходько, Е.Н. Степановой, Ю.Е. Шаровой, А.В. Шеховцова, В.Е. Шкурко, А.И. Чайка, О.В. Чкаловой и др.

Исследования, посвящённые управлению в социально-экономических и организационных системах, отражены в работах авторов: В.Д. Богатырева, В.Н. Буркова, М.И. Гераськина, Ю.Б. Гермейера, М.В. Губко, В.Г. Засканова, Д.Ю. Иванова, А.П. Караваева, Д.А. Новикова, А.Г. Чхартишвили, А.В. Щепкина и др.

Моделирование процессов взаимодействия производителей и торговых посредников, а также обеспечения товародвижения представлены в работах: Н.В. Андриановой, С.Б. Беляковой, О.Н. Зязина, И.А. Калужских, Н.А. Никитина, Д.А. Полюнаса, Н.Ю. Просвиркина, А.Ю. Челнокова и др.

Необходимо отметить, что несмотря на стремительное развитие электронных каналов продаж и существенную трансформацию деятельности торгово-сбытовых сетей, в научной литературе проблемы экономико-математического моделирования и оптимизации взаимодействия производственных предприятий и торгово-сбытовых сетей с учётом их специфики исследованы в недостаточной степени.

Отмеченные проблемы обусловили актуальность выбранного направления исследования и определили постановку цели и задач работы.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационного исследования является разработка экономико-математических моделей взаимодействия производственных предприятий и торгово-сбытовых сетей для оптимизации их функционирования.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

1. Провести анализ специфики процессов организации сбыта готовой продукции производственных предприятий и структуры взаимодействия участников в системе «производитель – торгово-сбытовая сеть – потребитель».

2. Разработать экономико-математические модели взаимодействия производственных предприятий и маркетплейсов с учётом внешних и внутренних ограничений.

3. Разработать экономико-математическую модель взаимодействия производственных предприятий и розничных торговых сетей.

4. Сформировать алгоритмы определения оптимальных параметров взаимодействия участников системы «производитель - торгово-сбытовая сеть - потребитель» для разработанных экономико-математических моделей.

5. Провести апробацию разработанных экономико-математических моделей на конкретных числовых данных.

**Объектом исследования** являются производственные предприятия как участники торгово-сбытовой социально-экономической системы.

**Предметом исследования** являются экономические отношения и процессы, возникающие при организации торгово-сбытовой деятельности производственных предприятий, маркетплейсов и розничных торговых сетей.

**Теоретической и методологической базой исследования** диссертационной работы являются фундаментальные и прикладные исследования зарубежных и отечественных ученых по проблемам теории активных систем и принятия управленческих решений. Методика исследования основана на изучении и обобщении опыта и знаний зарубежной и отечественной теории маркетинга и организации сбыта.

**Информационной базой исследования** послужили данные Федеральной службы государственной статистики, официальные отчёты российских и международных аналитических агентств, нормативно-правовые и законодательные

акты РФ, научные издания, материалы выставок и конференций, электронные базы данных и web-ресурсы, связанные с темой исследования.

**Область исследования** соответствует п. 2. «Типы и виды экономико-математических и эконометрических моделей, методология их использования для анализа экономических процессов, объектов и систем», а также п. 4. «Разработка и развитие математических и компьютерных моделей и инструментов анализа и оптимизации процессов принятия решений в экономических системах» паспорта научной специальности 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в развитии экономико-математических методов и моделей организации торгово-сбытовой деятельности производственных предприятий и торгово-сбытовых сетей, направленных на оптимизацию их функционирования.

1. Дополнены и уточнены основные теоретические положения функционирования производственных предприятий с учётом оптимизации их взаимодействия с торгово-сбытовыми сетями, представленные:

- уточнением формулировки торгово-сбытовой деятельности, в отличие от существующих, отражающей фактор получения взаимной выгоды участниками сделки при единовременном распределении товаров и обеспечении торговли предприятиями;

- дополнением схемы процесса принятия решения производственных предприятий по организации системы сбыта готовой продукции, учитывающей в том числе торговую деятельность производственных предприятий, направленную на получение максимальной предпринимательской прибыли;

- предложением формализованной структуры взаимодействия участников в системе «производитель – торгово-сбытовая сеть – потребитель», комплексно учитывающей наличие различных каналов распределения готовой продукции, типы, специфику и особенности функционирования торговых организаций.

2. Разработаны экономико-математические модели взаимодействия производственных предприятий и маркетплейсов по схемам FBO (Fulfillment by Operator) и FBS (Fulfillment by Seller), позволяющие обеспечивать ритмичность поставок и сбыта готовой продукции и обеспечивающие своевременное и полное выполнение поступающих заказов на готовую продукцию.

3. Разработана экономико-математическая модель взаимодействия производственных предприятий и розничных торговых сетей, обеспечивающая повышение функционирования участников данной системы за счёт оптимизации параметров их взаимодействия.

4. Сформированы алгоритмы реализации предложенных экономико-математических моделей, позволяющие рассчитывать оптимальные значения ключевых параметров взаимодействия в системе «производитель - торгово-сбытовая сеть - потребитель» с учётом экономических интересов всех участников.

**Теоретическая значимость работы** заключается в развитии методов моделирования механизмов взаимодействия в социально-экономических системах, что позволило сформировать модели взаимодействия производственных

предприятий и торгово-сбытовых сетей, расширяющие и конкретизирующие известные положения теории организации и маркетинга, в частности, каналов распределения, определить оптимальные параметры в зависимости от вида и схем организации розничной торговли и на этой основе повысить эффективность управленческих решений по выбору канала распределения готовой продукции и формирования объема продаж.

**Практическая ценность** исследования заключается в разработке экономико-математических моделей взаимодействия производственных предприятий с маркетплейсами и организациями розничной торговли, позволяющих рассчитывать и определять оптимальные параметры, необходимые для эффективного ведения бизнеса для сохранения или увеличения объема продаж. Практические разработки могут быть использованы в управленческой деятельности производственных предприятий с целью повышения значений финансового результата и выбора оптимальной стратегии распределения товаров в торгово-сбытовых сетях.

#### **Степень достоверности и апробация результатов исследования**

Достоверность результатов и выводов исследования обеспечивается их соответствием методологическим положениям маркетинга, применением методов аналитического исследования, корректным использованием инструментария и математического аппарата теории принятия управленческих решений и теории активных систем.

Основные теоретические и практические положения работы доказывались и обсуждались на всероссийских и международных научно-практических конференциях и семинарах: II Всероссийская научно-практическая конференция «Российская экономика в условиях структурных трансформаций» (г. Кемерово, 2024); Всероссийская научно-практическая студенческая конференция «Математические модели техники, технологий и экономики» (г. Санкт-Петербург, 2024); VII Международная научно-практическая конференция «Воспроизводственный потенциал региона: проблемы измерения потенциала и конкурентоспособности» (г. Уфа, 2022); II Международный междисциплинарный молодежный форум «Человек. Знак. Техника» (г. Самара, 2022); V Всероссийская конференция «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (г. Уфа, 2017).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 работ, общим объемом 5,23 п.л., из них лично автора – 3,89 п.л. Основные теоретические и прикладные результаты диссертации опубликованы в статьях, рецензируемых научных изданиях (в том числе 3 работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России), в сборниках и материалах конференций.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы. Работа изложена на 145 страницах, содержит 3 таблицы и 24 рисунка. Список литературы состоит из 112 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

## **II ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

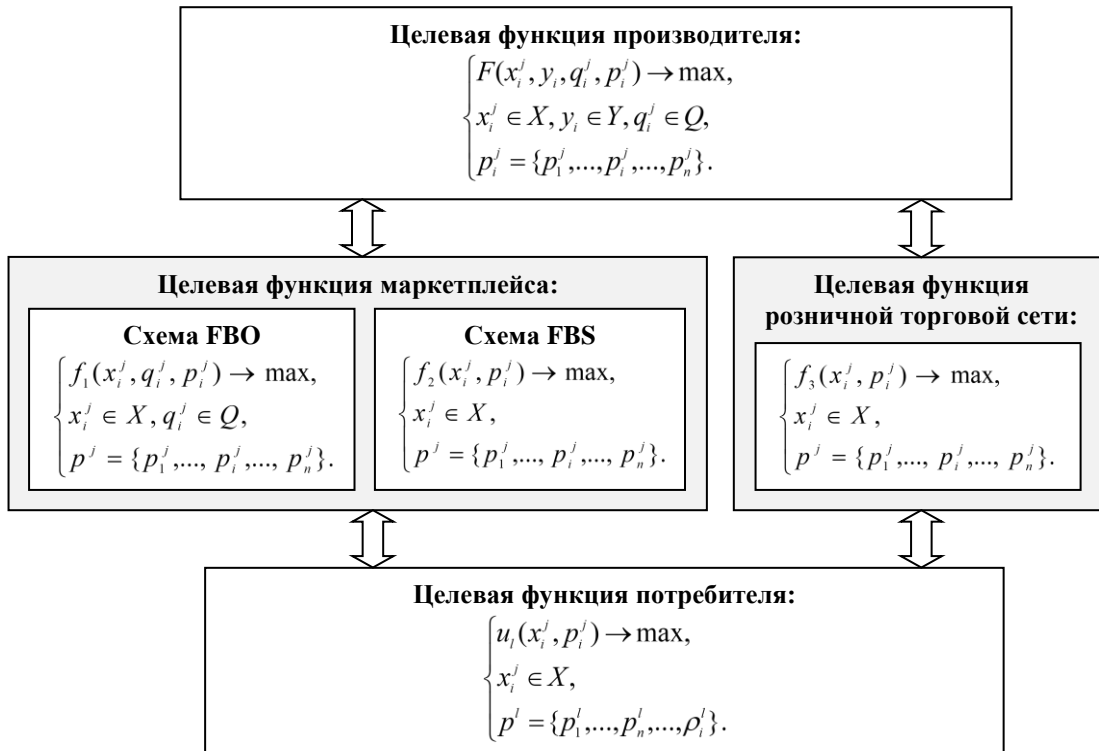
**1. Дополнены и уточнены основные теоретико-методологические положения функционирования производственных предприятий с учётом оптимизации взаимодействия с торгово-сбытовыми сетями.**

Ведение торговли неразрывно связано с организацией сбыта готовой продукции производственными предприятиями. Современные условия ведения торговли формируют благоприятную среду для производителей с точки зрения расширения распределительной сети сбыта товаров и обеспечения продаж самостоятельно без привлечения дистрибьюторов.

В работе представлено авторское уточнение формулировки торгово-сбытовой деятельности производственного предприятия как комплекса мероприятий, направленных на обеспечение максимальной выгоды для участников торговой сделки при учёте запросов и требований потребителей, при которой происходит передача прав собственности на товар розничному или оптовому посреднику или конечному потребителю. Так, при организации торгово-сбытовой деятельности можно выделить ключевых участников: предприятия как поставщики и продавцы готовой продукции, торговые организации как посредники продаж, предоставляющие площадки для организации продаж, и конечные потребители, приобретающие товары.

Сформирована схема процесса принятия решения производственных предприятий по организации системы сбыта готовой продукции, учитывающая в том числе торговую деятельность производственных предприятий, направленную на получение максимальной прибыли. В соответствии с условиями внешней и внутренней среды формируются цели предприятия. Исходя из определения общих целей предприятия, можно выделить цели сбыта, направленные на рыночные конкурентные условия ведения предпринимательской деятельности, и цели торговли, направленные на предложение готовой продукции конечным потребителям. Далее с учётом обозначенных целей осуществляется процесс планирования торгово-сбытовой деятельности, и определяются задачи, которые необходимо выполнить для дальнейшего формирования торгово-сбытовой политики предприятия. Результаты реализации торгово-сбытовой деятельности определяют экономический эффект результатов принятия решения о реализации готовой продукции на выбранных каналах распределения.

В целях осуществления торгово-сбытовой деятельности сформулирована комплексная структура взаимодействия участников в системе «производитель – торгово-сбытовая сеть – потребитель», учитывающая каналы распределения первого уровня в виде маркетплейсов и розничных торговых сетей, их характеристики и специфику. Представленный подход даёт возможность определить основание принятия решения для получения максимального экономического эффекта от взаимодействия (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Структура взаимодействия участников в системе «производитель - торгово-сбытовая сеть - потребитель»**

На рисунке 1:  $F(x_i^j, y_i, q_i^j, p_i^j)$  – целевая функция производителя;  $f_1(x_i^j, q_i^j, p_i^j)$  – целевая функция маркетплейса, предлагающего схему сотрудничества FBO;  $f_2(x_i^j, p_i^j)$  – целевая функция маркетплейса, предлагающего схему сотрудничества FBS;  $f_3(x_i^j, p_i^j)$  – целевая функция розничной торговой сети;  $i$  – номер товарной позиции ( $i = 1, \dots, n$ );  $j$  – номер торгово-сбытовой сети ( $j = 1, \dots, m$ );  $x_i^j$  – количество проданных  $i$ -х товаров  $j$ -й сети;  $y_i$  – объём производства  $i$ -го товара;  $q_i^j$  – количество поставленных  $i$ -х товаров на склады  $j$ -й сети;  $p_i^j$  – цена  $i$ -го товара в  $j$ -й сети;  $p^j = \{p_1^j, \dots, p_i^j, \dots, p_n^j\}$  – вектор цен производителя на  $i$ -й товар в  $j$ -х сетях;  $p^l = \{p_1^l, \dots, p_n^l, \dots, \rho_i^l\}$  – вектор цен на  $i$ -й товар в  $j$ -х сетях для  $l$ -го потребителя ( $l = 1, \dots, L$ );  $\rho_i^l$  – максимальное значение цены на  $i$ -й товар в  $j$ -х сетях для  $l$ -го потребителя;  $X$  – множество проданных товаров производителем;  $Y$  – множество произведённых товаров производителем;  $Q$  – множество поставленных товаров производителем.

Производственное предприятие (производитель) принимает решение о выборе розничного канала распределения исходя из максимизации целевой функции  $F(x_i^j, y_i, q_i^j, p_i^j)$ , которая может быть представлена в виде предпринимательской прибыли от объёма продаж готовой продукции с учётом количества произведённой продукции и поставок товаров в торгово-сбытовые сети. При этом критерием оптимальности для предприятия является количество проданных товаров в торгово-сбытовых сетях.

При реализации готовой продукции на маркетплейсах производитель выбирает схему сотрудничества в зависимости от условия хранения товаров. Так, ключевой



целью маркетплейса является максимизация прибыли, формирующейся в основном за счёт доходов от комиссионного вознаграждения производителями за организацию продаж готовой продукции и доходов за предоставление товарно-сбытовых услуг для обеспечения бесперебойной работы маркетплейса. В общем виде, целевая функция маркетплейса, предоставляющего услуги по хранению товаров (FBO)  $f_1(x_i^j, q_i^j, p_i^j)$ , определяется объёмом продаж и количеством поставок товаров на склады маркетплейса; целевая функция маркетплейса, предоставляющего услуги фулфилмента без складирования товаров (FBS),  $f_2(x_i^j, p_i^j)$  определяется объёмом продаж производителя на электронной площадке. При взаимодействии с розничными торговыми сетями производители продают товары на основании договора поставки, следовательно, целью контрагента является максимизация прибыли  $f_3(x_i^j, p_i^j)$ , которая формируется за счёт объёма продаж приобретённой у производителя готовой продукции конечным потребителям.

Товар как экономическое благо имеет определённую полезность, которая выражается в виде функции полезности  $u_l(x_i^j, p_i^j)$  для каждого  $l$ -го потребителя. Таким образом, формируется взаимосвязанная структура в системе «производитель - торгово-сбытовая сеть - потребитель», представляющая экономические интересы каждого из участников данной системы.

**2. Разработаны экономико-математические модели взаимодействия производственных предприятий и маркетплейсов по схемам FBO (Fulfillment by Operator) и FBS (Fulfillment by Seller), позволяющие обеспечивать ритмичность поставок и сбыта готовой продукции и своевременность поставок товаров на маркетплейс.**

Взаимодействие сторон экономических отношений выглядит следующим образом. Допустим, производственное предприятие реализует  $i$ -й вид товара в  $j$ -й торгово-сбытовой сети (маркетплейсе) по схеме FBO, то есть складирование товаров осуществляется маркетплейсом, а задачей производителя является осуществление поставок  $i$ -х товаров на складские помещения. Целевой функцией производителя является максимизация его прибыли в зависимости от функции доходов от объёма реализованных товаров в стоимостном выражении  $R(x_i^j, p_i^j)$ , функции производственных издержек  $C_1(y_i)$  и функций расходов на организацию торгово-сбытовой деятельности, включающих издержки на оплату складирования  $C^{ware}(q_i^j, x_i^j, p_i^j)$ , транспортировки  $C^{tr}(q_i^j, x_i^j, p_i^j)$ , вознаграждения маркетплейсу  $C^{com}(x_i^j, p_i^j)$ , маркетинговое продвижение товаров  $C^{adv}(x_i^j, p_i^j)$  и иные сопутствующие расходы  $C^{other}(x_i^j, p_i^j)$ :

$$\begin{aligned} \pi(x_i^j, y_i, q_i^j, p_i^j) = & R(x_i^j, p_i^j) - C_1(y_i) - C^{ware}(q_i^j, x_i^j, p_i^j) - C^{tr}(q_i^j, x_i^j, p_i^j) - \\ & - C^{com}(x_i^j, p_i^j) - C^{adv}(p_i^j) - C^{other}(x_i^j, p_i^j) \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (1)$$

Функции расходов на торгово-сбытовую деятельность в модели включают издержки на приёмку, хранение, обработку, доставку товаров производителем и маркетплейсом, маркетинговое продвижение на площадке, комиссионное вознаграждение за размещение товаров и иные сопутствующие расходы.

Ограничения в данной модели предлагаются следующие:

1) ограничение на количество  $i$ -х товаров, готовых к поставке на склад  $j$ -го маркетплейса:  $\sum_{i=1}^n y_i > \sum_{i=1}^n q_i^j$ ;

2) ограничение на количество  $i$ -х товаров, готовых к продаже:  $\sum_{i=1}^n q_i^j \geq \sum_{i=1}^n x_i^j$ .

Производитель должен своевременно осуществлять отгрузки  $i$ -х товаров на склад для их доступности к продаже на маркетплейсе, то есть должна обеспечиваться ритмичность поставок:  $0 < \sum_{i=1}^n q_i^j \leq \sum_{i=1}^n q^{iplan}$ , где  $q^{iplan}$  – плановое количество поставки товаров на  $j$ -й маркетплейс. Поставка  $i$ -х товаров должна осуществляться с такой периодичностью, что производитель должен не допустить дефицит  $i$ -х товаров на складах маркетплейса и регулировать оборачиваемость  $\kappa^{turn}$   $i$ -х товаров, где  $1 \leq \kappa^{turn} \leq K_{MAX}^{turn}$ ,  $K_{MAX}^{turn}$  – предельное значение коэффициента оборачиваемости при  $x_i^j = 0$  ;

3) ограничение на объём товаров на складах маркетплейсов:  $\frac{1}{T} \sum_{k=1}^K \lambda_k \left[ \sum_{i=1}^n q_i^j V_i \right] < \sum_{j=1}^m V_j^{ware}$ , где  $\lambda_k$  – коэффициент перераспределения складских объёмов в зависимости от объёмов  $i$ -х товаров  $k$ -й товарной категории,  $k$  – номер товарной категории ( $k = 1, \dots, K$ ) для  $\forall i \in K$ , где  $I \subset K$ , хранимой на складах  $j$ -го маркетплейса;  $V_i$  – объём  $i$ -го товара;  $V_j^{ware}$  – объём складов  $j$ -го маркетплейса, доступных для хранения товаров;

4) ограничение на рейтинг производителя на маркетплейсе:  $\kappa^{rate} > \kappa^{min}$ , где

$$\kappa^{rate} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i^j}{\sum_{i=1}^n q^{iplan}} \kappa^{delay} - \text{коэффициент рейтинга производителя, определяемый } j\text{-м}$$

маркетплейсом;  $\kappa^{delay}$  – коэффициент опоздания поставки товаров на склад,  $1 \leq \kappa^{delay} \leq 10$  в зависимости от времени опоздания отгрузки товаров  $\bar{t}^{delay}$  на склад маркетплейса (в соответствии с анализом деятельности российских маркетплейсов);  $\kappa^{min}$  – минимально допустимый коэффициент рейтинга производителя, устанавливаемый  $j$ -м маркетплейсом.

При выборе схемы FBS (Fulfillment by Seller, «продажи со склада производителя») производитель также стремится максимизировать прибыль от продажи товаров на онлайн-площадке, при этом прибыль рассчитывается по формуле (1). Функции расходов на обеспечение торгово-сбытовой деятельности в общем виде аналогичны функциям при схеме FBO.

Ограничения в модели по схеме FBS также накладываются на количество товаров к поставке (ограничение 1), предельно допустимый физический объём товаров на складах (ограничение 3) и допустимый рейтинг производителя (ограничение 4), который рассчитывается как  $\kappa^{rate} = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{x_i^j}{o_i^j} \right]$ , где  $o_i^j$  – количество заказов  $i$ -х товаров на  $j$ -м маркетплейсе.

Экономико-математическая модель по схеме FBO:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \pi(x_i^j, y_i, q_i^j, p_i^j) = R(x_i^j, p_i^j) - C_1(y_i) - C_2(q_i^j, x_i^j, p_i^j) \xrightarrow{p_i^j, x_i^j, q_i^j, y_i} \max, \\
 R(x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n p_i^j x_i^j, \\
 C_1(y_i) = \sum_{i=1}^n c_i(y_i) y_i, \\
 C_2(q_i^j, x_i^j, p_i^j) = C^{ware}(q_i^j, x_i^j, p_i^j) + C^{tr}(x_i^j, p_i^j, q_i^j) + C^{com}(x_i^j, p_i^j) + C^{adv}(p_i^j) + C^{other}(x_i^j, p_i^j), \\
 C^{ware}(q_i^j, x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n z_1^j [q_i^{jplan} (1 - \alpha) + q_i^j (1 - \beta)] + \sum_{i=1}^n [q_i^j (z_2^j V^{norm} + z_3^j (V_i - V^{norm}))] \kappa^{turn} + \\
 + \sum_{i=1}^n r_k^{jpack} p_i^j x_i^j, \\
 C^{tr}(q_i^j, x_i^j, p_i^j) = \min\{w_1(q_i^j), w_2(q_i^j), w_3(q_i^j)\} + 2L \sum_{\eta=1}^H (F^{auto} + C_{\eta}^{auto}) + \\
 + \sum_{i=1}^n [x_i^j (z_4^j + z_5^j (V_i - V^{fix}))] x_i^j \sum_{k=1}^K \left| \frac{V_{ik}}{V_{card}} \right| \sigma + \sum_{i=1}^n r^{jmile} p_i^j x_i^j + \sum_{i=1}^n r_i^{return} x_i^j z_6^j, \\
 C^{com}(x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n p_i^j x_i^j \left( r_k - r^{pers} + \frac{\sum_{i=1}^n q_i^j}{\sum_{i=1}^n q^{jplan}} \kappa^{delay} \right), \\
 C^{adv}(p_i^j) = C_8^j(p) + C_9^j(p) + C_{10}^j(p) + C_{11}^j(p), \\
 C^{other}(x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n (d^j p_i^j (x_i^j)^2 + e^j p_i^j x_i^j), \\
 \sum_{i=1}^n y_i > \sum_{i=1}^n q_i^j \geq \sum_{i=1}^n x_i^j; 0 < \sum_{i=1}^n q_i^j \leq \sum_{i=1}^n q^{jplan}, \\
 \frac{1}{T} \sum_{k=1}^K \lambda_k \left[ \sum_{i=1}^n q_i^j V_i \right] < \sum_{j=1}^m V_j^{ware}; \sum_{i=1}^n q_i^j V_i < \sum_{j=1}^m V_j^{ware}, \\
 \frac{\sum_{i=1}^n q_i^j}{\sum_{i=1}^n q^{jplan}} \kappa^{delay} > \kappa^{min}.
 \end{array} \right.$$

где  $z_1^j$  – базовый тариф за приёмку единицы товара на складах  $j$ -го маркетплейса;  $\alpha$  – доля авансового платежа за планируемую поставку товара  $q_i^{jplan}$ ;  $\beta$  – доля основного платежа за фактическую поставку товара  $q_i^j$ ;  $z_2^j$  – базовый тариф за суточное хранение одного литра товара на складе  $j$ -го маркетплейса;  $z_3^j$  – базовый тариф за суточное хранение одного литра товара сверх нормативного объёма на складе  $j$ -го маркетплейса;  $V^{norm}$  – нормативный объём товара, устанавливаемый  $j$ -м маркетплейсом;  $\kappa^{turn}$  – коэффициент оборачиваемости товаров;  $r_k^{jpack}$  – базовая ставка на обработку товаров  $k$ -й товарной категории на складе  $j$ -го маркетплейса;  $w_1(q_i^j)$  – функция расходов на перевозку из расчёта плотности  $q_i^j$ ;  $w_2(q_i^j)$  – функция расходов на перевозку из расчёта погрузочных метров  $q_i^j$ ;  $w_3(q_i^j)$  – функция расходов на перевозку из расчёта фактического веса;  $2L$  – расстояние от склада производителя

до склада  $j$ -го маркетплейса и обратно;  $\sum_{\eta=1}^N (F_{\eta}^{auto} + C_{\eta}^{auto})$  – совокупные издержки производителя на 1 км пути, исходя из затрат на топливо в соответствии с расходом топлива  $F_{\eta}^{auto}$  и издержек на иные сопутствующие расходы  $C_{\eta}^{auto}$ ;  $z_4^j$  – базовый тариф за транспортировку одного литра товара со склада  $j$ -го маркетплейса;  $z_5^j$  – базовый тариф за транспортировку одного литра товара сверх нормы со склада  $j$ -го маркетплейса;  $V^{fix}$  – фиксированный объём товаров на погрузку в автотранспорт, определяемый  $j$ -м маркетплейсом;  $\kappa^{tr} = \sum_{k=1}^K \left| \frac{V_{ik}}{V_{ik}^{card}} \right|$  для  $\forall i \in K$  – коэффициент логистики  $j$ -го маркетплейса;  $\left| \frac{V_{ik}}{V_{ik}^{card}} \right|$  – отклонение фактического объёма  $i$ -го товара  $k$ -й товарной категории от указанного объёма в карточке товара на маркетплейсе);  $\sigma$  – индекс локализации;  $x_i^{jlocal}$  – количество продаж внутри кластера;  $r^{jmile}$  – базовая ставка на доставку товаров на последней миле;  $r_i^{return}$  – доля возвращённых  $i$ -х товаров, возвращённых покупателями и подлежащих доставке до СЦ/склада;  $z_6^j$  – базовый тариф на доставку возвращённых товаров;  $r_k$  – базовая ставка комиссии маркетплейсу за продажу товара из  $k$ -ой товарной категории;  $r^{pers}$  – скидка покупателя, участвующего в программе лояльности маркетплейса;  $C_8^j$  – суммарные издержки на продвижение товаров на витрине маркетплейса;  $C_9^j$  – суммарные издержки на продвижение товаров в  $k$ -й категории товаров;  $C_{10}^j$  – суммарные издержки на оформление карточек товаров;  $C_{11}^j$  – суммарные издержки на продвижение товаров на сторонних ресурсах;  $b^j, e^j$  – коэффициенты вариации расходов.

Также в модели учитывается ограничение на количество доставленных и выкупленных заказов:  $\sum_{i=1}^n o_i^j \geq \sum_{i=1}^n x_i^j$ , где  $o_i^j$  – количество заказов  $i$ -х товаров на  $j$ -м маркетплейсе. Производитель должен доставить до потребителей все оформленные заказы и продать по возможности все доставленные товары покупателю. При этом количество заказов должно быть не менее количества запасов  $i$ -х товаров на складе производителя:  $\sum_{i=1}^n q_i \geq \sum_{i=1}^n o_i^j$ .

Для обеспечения своевременности осуществления доставки заказов в сортировочные центры по схеме FBS вводится коэффициент скорости доставки  $\kappa^{deli} = (\bar{t}^{deli} - t^{fix}) \kappa^{low}$ , где  $\bar{t}^{deli}$  – среднее время доставки заказов производителем;  $t^{fix}$  – фиксированное время доставки заказов, определяемое как максимально возможное, маркетплейса;  $\kappa^{low}$  – понижающий коэффициент доставки,  $\kappa_{MIN}^{low} < \kappa^{low} \leq \kappa_{MAX}^{low}$ . Понижающий коэффициент  $\kappa^{low}$  необходим для оплаты ожидания маркетплейса, так как поставку производителя необходимо отсортировать в сортировочном центре и передать на дальнейшую доставку до потребителя.

С учётом выражений и ограничений модель взаимодействия производителя с маркетплейсом по схеме FBS может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{cases}
 \pi(x_i^j, y_i, q_i, p_i^j) = R(x_i^j, p_i^j) - C_1(y_i) - C_2(q_i, x_i^j, p_i^j) \xrightarrow{p_i^j, x_i^j, q_i, y_i} \max, \\
 R(x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n p_i^j x_i^j, \\
 C_1(y_i) = \sum_{i=1}^n c_i(y_i) y_i, \\
 C_2(q_i, x_i^j, p_i^j) = C^{ware}(q_i, x_i^j) + C^{tr}(q_i, x_i^j, p_i^j) + C^{com}(x_i^j, p_i^j) + C^{adv}(p_i^j) + C^{other}(x_i^j, p_i^j), \\
 C^{ware}(q_i, x_i^j) = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\bar{c}_i^{ware}}{V_i q_i} \right] V_i x_i^j T, \\
 C^{tr}(x_i^j, p_i^j, q_i) = \min\{w_1(q_i), w_2(q_i), w_3(q_i)\} + 2L \sum_{\eta=1}^{\mu} (F^{auto} + C_{\eta}^{auto}) + \\
 + \sum_{i=1}^n r^{jmile} p_i^j x_i^j + \sum_{i=1}^n r_i^{return} x_i^j z_{6}^j, \\
 C^{com}(x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n p_i^j x_i^j \left[ r_k - r^{pers} + (\bar{t}^{deli} - t^{fix}) \kappa^{low} + \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i^j}{o_i^j} \right) \right], \\
 C^{adv}(p_i^j) = C_8^j(p_i^j) + C_9^j(p_i^j) + C_{10}^j(p_i^j) + C_{11}^j(p_i^j), \\
 C^{other}(x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n (d^j p_i^j (x_i^j)^2 + e^j p_i^j x_i^j), \\
 \sum_{i=1}^n y_i(t) > \sum_{i=1}^n q_i(t) \geq \sum_{i=1}^n o_i^j \geq \sum_{i=1}^n x_i^j(t), \sum_{i=1}^n o_i^j > 0, \\
 \frac{1}{T} \sum_{k=1}^K \lambda_k \left[ \sum_{i=1}^n q_i V_i \right] < V^{ware}; \sum_{i=1}^n q_i^j V_i < V^{ware}, \\
 \sum_{i=1}^n \left[ \frac{x_i^j}{o_i^j} \right] > \kappa^{\min}.
 \end{cases}$$

где  $\bar{c}_i^{ware}$  – среднесуточные расходы на складирование  $i$ -х товаров.

Разработанные модели позволяют определить максимальный размер прибыли от продажи товаров на определённом маркетплейсе с учётом стоимостных параметров и схем взаимодействия, а также накладываемых ограничений.

**3. Разработана экономико-математическая модель взаимодействия производственных предприятий и розничных торговых сетей, обеспечивающая повышение функционирования участников данной системы за счёт оптимизации параметров их взаимодействия.**

Предположим, что производитель принимает решение о реализации  $i$ -х товаров в розничных торговых сетях. Целевой функцией производителя является максимизация его прибыли и может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 \pi(x_i^j, y_i, q_i, p_i^j) = R(x_i^j, p_i^j) - C_1(y_i) - C^{ware}(q_i, x_i^j) - C^{tr}(q_i, x_i^j, p_i^j) - \\
 - C^{com}(x_i^j, p_i^j) - C^{adv}(p_i^j) - C^{other}(x_i^j, p_i^j) \rightarrow \max.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Для разработанной модели формализуются следующие ограничения:

1) ограничение на количество  $i$ -х товаров к продаже  $j$ -й сети:  $\sum_{i=1}^n y_i > \sum_{i=1}^n x_i^j$ ;

2) ограничение на количество  $i$ -х товаров, готовых к поставке и продаже:  $\sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n x_i^j$ . Условиями договора предусматривается периодичная отгрузка готовой продукции розничному продавцу, а общее количество всех отгруженных товаров является объёмом продаж производителя.

3) ограничение на физический объём товаров на складах производителя:

$$\frac{1}{T} \sum_{k=1}^K \lambda_k \left[ \sum_{i=1}^n q_i V_i \right] < V^{ware}.$$

Модель взаимодействия производителя с розничными торговыми сетями представляется в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi(x_i^j, y_i, q_i, p_i^j) = R(x_i^j, p_i^j) - C_1(y_i) - C_2(q_i, x_i^j, p_i^j) \xrightarrow{x_i^j, y_i, q_i, p_i^j} \max, \\ R(x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n p_i^j x_i^j, \\ C_1(y_i) = \sum_{i=1}^n c_i(y_i) y_i, \\ C_2(q_i, x_i^j, p_i^j) = C^{ware}(q_i, x_i^j) + C^{tr}(q_i, x_i^j, p_i^j) + C^{adv}(p_i^j) + C^{other}(x_i^j, p_i^j), \\ C^{ware}(q_i, x_i^j) = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(\bar{C}_i^{ware})}{V_i q_i} \right] V_i x_i^j T, \\ C^{tr}(x_i^j, p_i^j, q_i) = \min\{w_1(q_i), w_2(q_i), w_3(q_i)\} + 2L \sum_{\eta=1}^{\mu} (F^{auto} + C_{\eta}^{auto}), \\ C^{adv}(p_i^j) = C_{11}^j(p_i^j) + \sum_{i=1}^n r_i^g p_i^j \mathcal{G}_i + \sum_{i=1}^n r_i^{\Delta} p_i^j \Delta_i + \sum_{i=1}^n r_i^{\Delta''} p_i^j \Delta_i T \kappa^{area} + \sum_{i=1}^n r_i^l p_i^j N^l M^l + \sum_{i=1}^n \gamma^j (p_i^j)^2, \\ C^{other}(x_i^j, p_i^j) = \sum_{i=1}^n (d^j p_i^j (x_i^j)^2 + e^j p_i^j x_i^j), \\ \sum_{i=1}^n y_i > \sum_{i=1}^n x_i^j; \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n x_i^j, \\ \frac{1}{T} \sum_{k=1}^K \lambda_k \left[ \sum_{i=1}^n q_i V_i \right] < V^{ware}; \sum_{i=1}^n q_i V_i < V^{ware}. \end{array} \right.$$

где  $r_i^g$  – ставка стоимости размещения печатной рекламы, определяемая в долях от цены  $i$ -го товара;  $\mathcal{G}_i$  – количество размещений печатной рекламы;  $r_i^{\Delta}$  – ставка стоимости разработки наружной рекламы, определяемая в долях от цены  $i$ -го товара;  $\Delta_i$  – количество объектов наружной рекламы;  $r_i^{\Delta''}$  – ставка стоимости размещения наружной рекламы, определяемая в долях от цены  $i$ -го товара;  $\kappa^{area}$  – коэффициент размещения рекламы;  $r_i^l$  – ставка за продвижение  $i$ -го товара  $l$ -му потребителю;  $N^l$  – количество контактов  $l$ -х потребителей в базе покупателей для рассылки;  $M^l$  – количество писем для рассылки  $l$ -м потребителям;  $\gamma^j$  – понижающий коэффициент ресурсозатратности работы с  $j$ -й торговой сетью.

Разработанная модель позволяет определить максимальный размер прибыли от продажи товаров розничной торговой сети с учётом расходов на обеспечение торгово-сбытовой деятельности и формализуемых ограничений.

**4. Сформированы алгоритмы реализации разработанных экономико-математических моделей, позволяющие рассчитывать оптимальные значения ключевых параметров взаимодействия в системе «производитель - торгово-сбытовая сеть - потребитель» с учётом экономических интересов всех участников.**

В целях оптимизации взаимодействия участников в системе «производитель - торгово-сбытовая сеть - потребитель» предложены алгоритмы реализации разработанных экономико-математических моделей с учётом экономических интересов участников системы.

Алгоритм, направленный на оптимизацию объёма продаж товаров при сохранении объёма продаж по схеме FBO, представленный на рисунке 2, состоит из нескольких этапов.

**На первом этапе** формируется целевая функция производственного предприятия (1), целевая функция полезности для потребителя и выражается количество продаж  $l$ -му потребителю.

Целевая функция полезности  $l$ -го потребителя по  $i$ -му товару:

$$u_i^l = \rho_i^l (a_i (x_i^j)^2 + b_i x_i^j) - p_i^j x_i^j, \quad (3)$$

где  $a_i$  – числовой коэффициент, принимает отрицательное значение;  $b_i$  – положительный числовой коэффициент.

Проверяется условие первого порядка для целевой функции потребителя по  $x_i^j$  для  $l$ -го потребителя:  $\frac{\partial u_i^l}{\partial x_i^j} = 2\rho_i^l a_i x_i^j + \rho_i^l b_i - p_i^j = 0, i = (1, \dots, n)$ . Из уравнения выражается

оптимальное количество продаж:

$$x_i^j = \frac{p_i^j - \rho_i^l b_i}{2\rho_i^l a_i}. \quad (4)$$

**На втором этапе** определяется плановый и фактический объём отгрузок товаров на склады и проверяется выполнение ограничений (1, 3-4) модели.

Плановый объём отгрузок  $i$ -го товара  $q^{jplan}$  на склады  $j$ -го маркетплейса:

$$q^{jplan} = (1 + r_i^{return}) \frac{p_i^j - \rho_i^l b_i}{2\rho_i^l a_i}.$$

Фактический объём отгрузок  $i$ -го товара  $q_i^j$  на склады  $j$ -го маркетплейса:

$$q_i^j = (1 + r_i^{return}) \frac{p_i^j - \rho_i^l b_i}{2\rho_i^l a_i} - q^{jreject}, \text{ где } q^{jreject} \text{ – количество испорченных } i\text{-х товаров при}$$

транспортировке до складов  $j$ -го маркетплейса.

**На третьем этапе** определяется коэффициент оборачиваемости товаров на складе, выражается оптимальное значение цены товара и проверяется соответствие цены максимально возможной цене, за которую потребитель готов приобрести товар.

Определяется индекс оборачиваемости  $i$ -х товаров на складах  $j$ -го маркетплейса:  $i_i^{turn} = T_i r_i^{return} - \frac{2\rho_i^l a_i T_i q^{ireject}}{p_i^j - \rho_i^l b_i}$ .

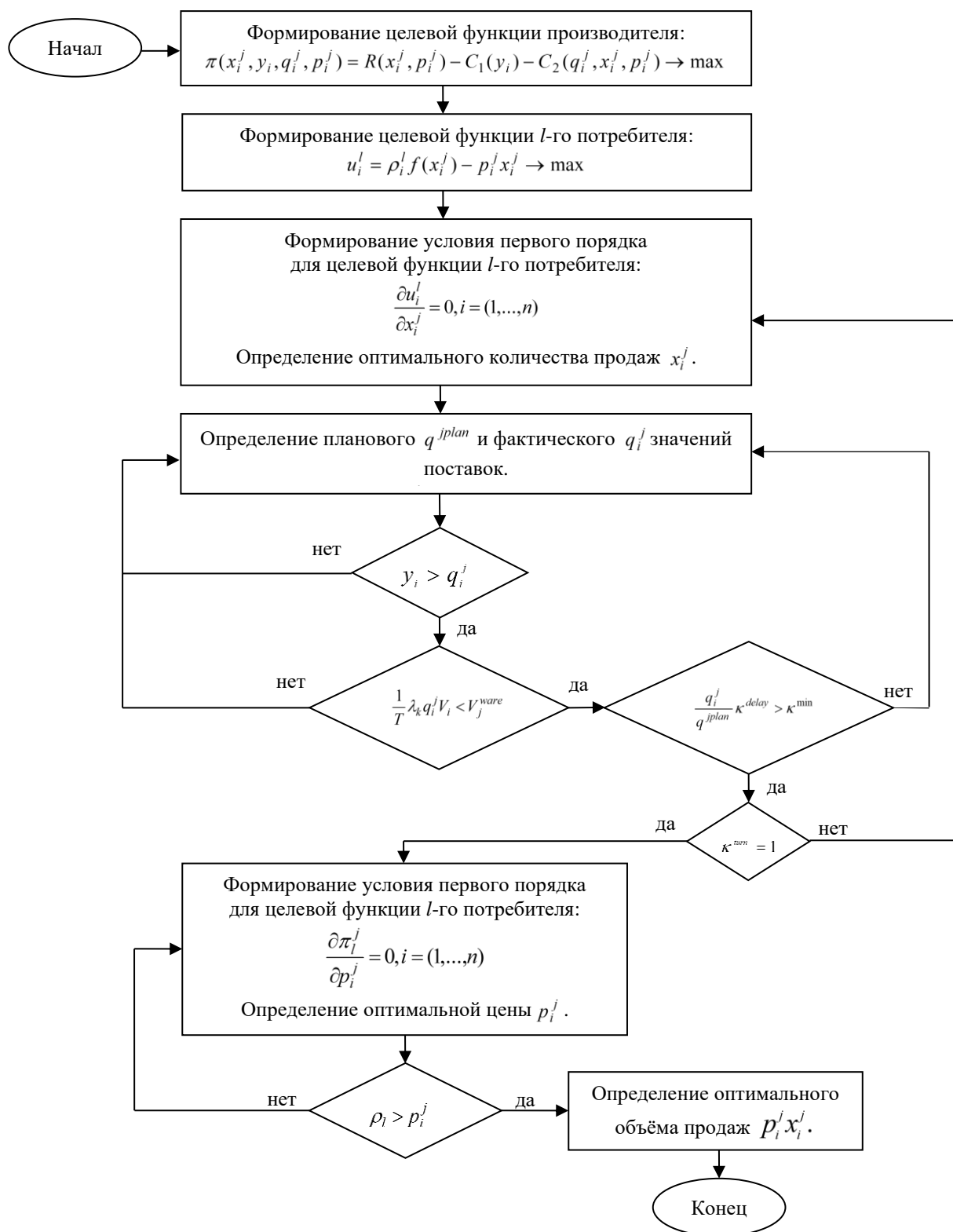


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма оптимизации объёма продаж товаров по схеме FBO



Индекс оборачиваемости отражает количество дней хранения  $i$ -го товара на складах маркетплейса до момента его продажи. Оптимальное значение коэффициента оборачиваемости достигается при оборачиваемости товара в среднем менее, чем за 60 дней. Иные значения оборачиваемости будут увеличивать стоимость хранения в соответствии с анализом деятельности российских маркетплейсов.

Формируется условие первого порядка для прибыли производителя по  $p_i^j$  для каждого  $l$ -го потребителя:  $\frac{\partial \pi_i}{\partial p_i^j} = 0, i = (1, \dots, n)$ . Из уравнения выражается оптимальное значение цены:

$$p_i^j = \frac{x_i^j \left( 1 - r_k^{jpack} - r^{jmile} - r_k + r^{pers} - \frac{q_i^j}{q^{jplan}} \kappa^{delay} - e^j \right) - r_\phi \varphi_i^j - r_\theta \theta_i^j - r_\nu \nu_i^j - r_\phi \phi_i^j}{2b^j x_i^j}. \quad (5)$$

Проверяется условие соответствия значения цены, устанавливаемой на  $i$ -й товар на маркетплейсе, максимальному значению цены, которую готов заплатить  $l$ -й потребитель:  $p_i^l \geq p_i^j$ .

Так, в соответствии с представленным алгоритмом определяется оптимальное значение объёма продаж товаров при соблюдении необходимых и достаточных условий при ведении торгово-сбытовой деятельности на маркетплейсах по схеме FBO.

Алгоритм, направленный на стимулирование объёма продаж товаров по схеме FBS, представленный на рисунке 3, включает следующие этапы.

**На первом этапе** формируется целевая функция производственного предприятия (2), проверяется условие: производственные мощности производителя позволяют распределять запасы  $i$ -х товаров  $y_i \gg q_i$ , – и выражается оптимальное количество проданных товаров.

Формируется целевая функция маркетплейса:

$$\begin{aligned} \pi_i^j(x_i^j, p_i^j) = & p_i^j x_i^j \left[ r_k - r^{pers} + (\bar{t}^{deli} - t^{fix}) \kappa^{low} + \frac{x_i^j}{o_i^j} \right] + \\ & + r^{jmile} p_i^j x_i^j + r_i^{return} x_i^j z_6^j + r_\phi p_i^{2j} \varphi_i^j + r_\theta p_i^{2j} \theta_i^j - c_j^{other} x_i^j \rightarrow \max, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $c_j^{other} x_i^j$  – расходы  $j$ -го маркетплейса на реализацию  $i$ -го товара.

Формируется условие первого порядка для целевой функции  $j$ -го маркетплейса по количеству проданных товаров  $x_i^j$ :

$$\frac{\partial \pi_i^j}{\partial x_i^j} = p_i^j \left[ r_k - r^{pers} + (\bar{t}^{deli} - t^{fix}) \kappa^{low} + \frac{2x_i^j}{o_i^j} \right] + r^{jmile} p_i^j + r_i^{return} z_6^j - c_j^{other} = 0, i = (1, \dots, n) \quad (7)$$

Из уравнения (7) выражается оптимальное количество проданных товаров в соответствии с экономическими интересами маркетплейса:

$$x_i^j = \frac{o_i^j (c_j^{other} - p_i^j (r_k - r^{pers} + (\bar{t}^{deli} - t^{fix}) \kappa^{low})) - r^{jmile} p_i^j - r_i^{return} z_6^j}{2p_i^j}. \quad (8)$$

**На втором этапе** определяется необходимое количество заказов, выполнение ограничений модели и выражается коэффициент скорости доставки заказов.

На третьем этапе определяется значение цены продажи товара в соответствии с рыночными ценами на аналогичные товары, расходы на торгово-сбытовую деятельность проверяются на соответствие бюджету предприятия и определяется объём продаж.

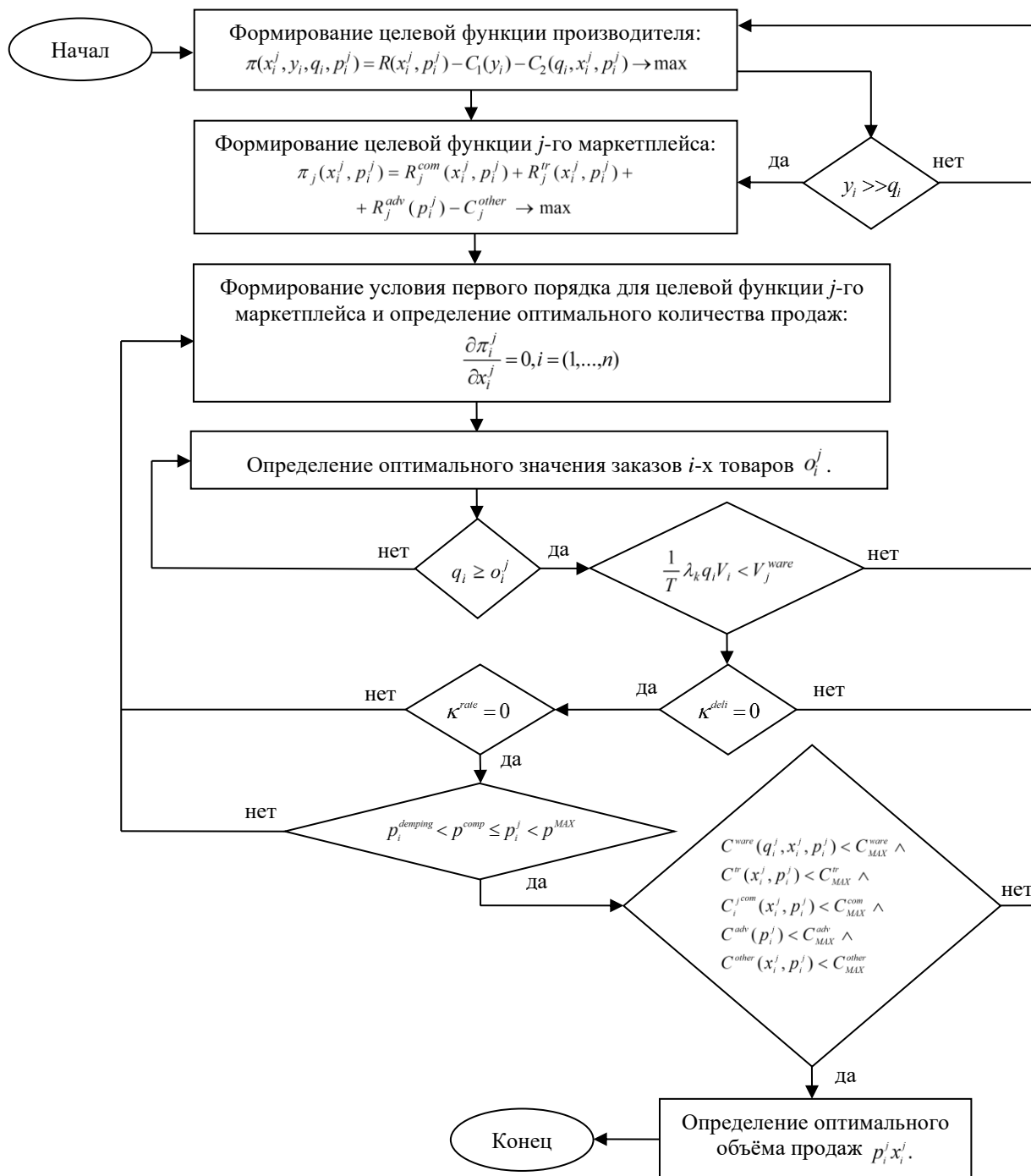


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма оптимизации объёма продаж товаров по схеме FBS

Цена продажи  $i$ -го товара на  $j$ -м маркетплейсе представим в виде вектора цен  $p_i^j = \{p_1^j, \dots, p_i^j, \dots, p_n^j\}$ , так как механизмы ценообразования на маркетплейсах соответствуют рыночным, а снижение цен обуславливается программами

лояльности маркетплейсов, фактор действия которых учитывается в целевых функциях производителя и маркетплейса. При этом оптимальное значение цены  $p_i^j$  проверяется на условие соответствия рыночной цене:

$$p_i^{demping} < p^{comp} \leq p_i^j < p^{MAX}, \quad (9)$$

где  $p_i^{demping}$  – демпинговая цена продажи  $i$ -го товара;  $p^{comp}$  – минимальная цена продажи аналогичного товара конкурентами;  $p^{MAX}$  – максимальная цена продажи аналогичного товара конкурентами.

Планируемые расходы производственного предприятия на обеспечение торгово-сбытовой деятельности проверяются на соответствие бюджету производителя. В случае несоответствия значения рассчитанных издержек в связи с увеличением количества проданных товаров, производителю следует пересмотреть увеличение объёма продаж для сохранения финансовой устойчивости предприятия.

Таким образом, в соответствии с представленным алгоритмом определяется значение объёма продаж товаров при принятии решения о стимулировании продаж при соблюдении необходимых и достаточных условий при ведении торгово-сбытовой деятельности на маркетплейсах по схеме сотрудничества FBS.

Оптимизация объёма продаж при взаимодействии с розничными торговыми сетями осуществляется на основании модифицированной модели оптимального размера заказа Харриса-Уилсона с постепенным пополнением заказа, так как заказ розничной сети представляет количество продаж товаров выбранному розничному продавцу. На первом этапе формируется функция издержек на выполнение заказа:

$$S_i(X_i) = p_i d_i + \frac{K d_i}{X_i} + \frac{C_i^{ware}}{2} \frac{(\Psi_i - d_i)}{d_i} X_i, \quad (10)$$

где  $S_i(X_i)$  – функция совокупных издержек в единицу времени;  $d_i$  – интенсивность спроса на  $i$ -е товары;  $K_i$  – издержки на выполнение одного заказа с  $i$ -ми товарами (отражают расходы на транспортировку);  $\Psi_i$  – интенсивность разгрузки заказа.

Для нахождения оптимального объёма заказа приравняем первую производную нулю:  $\frac{\partial S_i(X_i)}{\partial X_i} = 0, i = (1, \dots, n)$ . Выразим оптимальный размер заказа:

$$X_i^* = \varepsilon \sqrt{\frac{2d_i x_i^j T \bar{c}_i^{ware} (\min\{w_1(q_i), w_2(q_i), w_3(q_i)\} + 2L(F^{auto} + C_\eta^{auto}))}{V_i q_i}}. \quad (11)$$

где  $\varepsilon = \sqrt{\frac{d_i}{(\Psi_i - d_i)}}$  – корректирующий коэффициент EOQ-модели, показывающий, что размер заказа превышает рассчитанный по классической EOQ-модели.

На втором этапе формируется целевая функция розничной торговой сети:

$$\pi_i^j(x_i^j, p_i^j) = \tilde{p}_i^j \tilde{x}_i^j + \gamma^j (p_i^j)^2 - p_i^j x_i^j - d^j p_i^j (x_i^j)^2 - e^j p_i^j x_i^j, \quad (12)$$

где  $\tilde{x}_i^j$  – количество проданных  $i$ -х товаров  $j$ -й сетью конечным потребителям;  $\tilde{p}_i^j$  – цена продажи  $i$ -х товаров  $j$ -й сетью в розничных магазинах. Для нахождения

оптимальной цены продифференцируем выражение (15):  $\frac{\partial \pi_i^j}{\partial p_i^j} = 0, i = (1, \dots, n)$ . Решая полученное уравнение, определим оптимальное значение цены:

$$p_i^j = \frac{1}{2\gamma^j} \varepsilon \sqrt{\frac{2d_i x_i^j T \bar{c}_i^{\text{ware}} (\min\{w_1(q_i), w_2(q_i), w_3(q_i)\} + 2L(F^{\text{auto}} + C_\eta^{\text{auto}}))}{V_i q_i}} (1 + d^j \varepsilon \sqrt{\frac{2d_i x_i^j T \bar{c}_i^{\text{ware}} (\min\{w_1(q_i), w_2(q_i), w_3(q_i)\} + 2L(F^{\text{auto}} + C_\eta^{\text{auto}}))}{V_i q_i}} + e^j). \quad (13)$$

Таким образом, при применении метода расчёта определения оптимального размера заказа с учётом постепенного пополнения заказа при реализации товаров розничным торговым сетям, возможно определение оптимального количества продаж товаров розничной торговой сети и оптимальной цены продажи.

Расчёты показателей в соответствии с предложенными моделями и алгоритмами приведены на основе данных компании г. Самары ООО «Вуд Энд Лэзер Технолоджис» (Unidragon), занимающейся производством деревянных пазлов, за 2023 год. В таблице 1 представлены результаты оптимизации объёмов продаж в виде плановых расчётов на 2024 год, позволяющие увеличивать прибыль компании при организации сбыта на маркетплейсах и в розничных торговых сетях.

**Таблица 1 – Результаты оптимизации объёма продаж**

		Количество продаж, шт.	Объём продаж, млн. руб.	Расходы, млн. руб.	Прибыль, млн. руб.
Маркетплейсы	ГБО до оптимизации	48 213	116,193	94,564	21,631
	ГБО оптимизация продаж	49 692	118,708	96,231	22,477
	ГБО стимулирование продаж	58 248	125,320	100,489	24,831
	ГБС до оптимизации	14 427	36,957	31,420	5,537
	ГБС оптимизация продаж	14 982	38,054	31,861	6,193
	ГБС стимулирование продаж	18 632	40,993	33,075	7,198
Розничные торговые сети	До оптимизации	36 128	77,313	64,782	12,531
	Оптимизация продаж	37 058	77,892	63,752	14,140
	Стимулирование продаж	41 723	80,275	65,487	14,788

Согласно полученным результатам, прибыль производственного предприятия увеличивается в соответствии с алгоритмами оптимизации и стимулирования объёма продаж на маркетплейсах и в розничных торговых сетях. Совокупный экономический эффект от оптимизации и стимулирования продаж в торгово-сбытовых сетях составит 3,111 млн. руб. и 7,118 млн. руб. соответственно.

### III ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В диссертационной работе дополнены и уточнены основные теоретические положения функционирования производственных предприятий с учётом оптимизации их взаимодействия с торгово-сбытовыми сетями.

Разработаны и апробированы экономико-математические модели взаимодействия производственных предприятий и торгово-сбытовых сетей в виде маркетплейсов по схемам FBO и FBS и розничных торговых сетей. Сформированы алгоритмы оптимизации для предложенных моделей, позволяющие определить оптимальный объём продаж товаров с учётом сохранения текущего объёма продаж и их стимулирования.

#### **IV НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

##### **Научные статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России:**

1. Уварова, Л.А. Влияние транспортно-логистического комплекса на экономику Самарской области [Текст] / Л.А. Уварова // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2022. – Т. 13. – № 2. – С. 205-214. (0,56 п.л.).
2. Уварова, Л.А. Моделирование процессов сбыта в системе «производитель – маркетплейс» [Текст] / Л.А. Уварова, Д.Ю. Иванов // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2024. – Т. 19, № 3.– С. 284-299. (1,0 п.л. / 0,7 п.л.).
3. Уварова, Л.А. Экономико-математическая модель оптимизации взаимодействия производителей и маркетплейсов [Текст] / Л.А. Уварова // Социальные и экономические системы. Экономика. – 2024. – № 10. – С. 136-156. (1,2 п.л.).

##### **Научные статьи в других изданиях РФ**

4. Уварова, Л.А. Сравнительный анализ маркетплейсов: изучение потребительского поведения [Текст] / Л.А. Уварова, М.В. Малахова // Российская экономика в условиях структурной трансформации: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции (28 мая 2024 года) / под общ. ред. Д.Н. Ганченко, О.А. Цвиркун; Кемеровский государственный университет. – Москва: ООО «Актуальность.РФ», 2024. – С. 67-72 (0,29 / 0,14 п.л.).
5. Уварова, Л.А. Моделирование сбытовой деятельности производственного предприятия и розничных торговых сетей [Текст] / Л.А. Уварова // Математические модели техники, технологий и экономики: материалы Всероссийской научно-практической студенческой конференции (15 мая 2024 года). – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2024. – С. 167-171 (0,2 п.л.).
6. Уварова, Л.А. Развитие транспортно-логистического комплекса Самарской области в рамках национального проекта «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры» [Текст] / Л.А. Уварова // Человек. Знак. Техника: сб. ст. II междунар. междисциплинар. молодежн. форум Самар. нац. исслед. ун-т им. акад. С.П. Королева (10 февраля 2022 года) / гл. ред. Н.А. Развейкина. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2022. – С. 248-254 (0,37 п.л.).
7. Уварова Л.А. Формирование межрегионального транспортно-логистического комплекса [Текст] / Л.А. Уварова // Воспроизводственный потенциал региона: проблемы измерения потенциала и конкурентоспособности:

материалы VII Международной научно-практической конференции (2-3 июня 2022 года). – Изд-во: Башкирский государственный университет, 2022. – С. 219-225 (0,35 п.л.).

8. Уварова, Л.А. Построение микромоделей транспортных потоков на основе открытых данных [Текст] / Л.А. Уварова, Е.Р. Майоров, О.Н. Сапрыкин // Системная инженерия и информационные технологии. – 2019. – Т. 1. № 1 (1). – С. 15-21 (0,46 / 0,12 п.л.).

9. Уварова, Л.А. Расчет параметров микромоделей транспортных потоков города Самара [Текст] / Л.А. Уварова, О.Н. Сапрыкин, Е.Р. Майоров // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: труды V Всероссийской конференции. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2017. – 156-160 (0,3 / 0,19 п.л.).

10. Уварова, Л.А. Построение модели передвижения населения по городу Самара [Текст] / Л.А. Уварова, Е.Р. Майоров, О.Н. Сапрыкин // IT & Transport / IT & Транспорт: сб. науч. статей / под ред. Т.И. Михеевой. – Самара: Интелтранс, 2016. – Т. 5. – С. 49-54 (0,18 / 0,06 п.л.).