

УДК 519.816

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.30.3.029](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.30.3.029)

## МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ И ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕН МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ «ПРОИЗВОДИТЕЛЬ – КОНЕЧНЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ»

А.С. Дулесов, И.А. Гиманова, О.Л. Мельникова, В.И. Яковченко  
ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова»,  
Абакан, Россия

**Резюме:** В работе рассматривается построение экономико-математической модели распределения объемов и формирования цен в логистических каналах торгово-посреднической сети однопродуктового рынка. Исследуется логистическая цепь «производитель - конечный потребитель» с последовательно соединёнными агентами через микрорынки. Описаны условия для построения модели. Каждый участник сети характеризуется своими параметрами. Особое внимание уделено рассмотрению коэффициента реализации товара для каждого экономического агента и для всей цепи. Решены на практике задачи для трёх и четырёх участников последовательной цепи с заданным распределением цен и единым объемом продвижения товара (идеальный случай, который в практике отсутствует из-за присутствия неопределенности информации в виде случайных факторов воздействия на динамику показателей). Представлено решение задачи с опорой на значение показателей с учетом опыта купли/продаж, собственных предпочтений и добавленной цены каждого агента. Исходя из полученных значений коэффициента реализации товара (при рассмотрении реальной ситуации продвижения товара), представлены выводы о дальнейшем поведении участников цепи. Предлагается план коррекции полученных результатов с учётом спроса конечного потребителя. Определены объемы и коэффициенты реализации товара с соблюдением баланса между спросом и предложением. Построенная экономико-математическая модель распределения объемов и формирования цен позволит выработать и принять решение о выборе транзитной или складской цепи поставок.

**Ключевые слова:** моделирование, торгово-посредническая сеть, спрос и предложение, логистические цепи, коэффициент реализации товара.

**Для цитирования:** Дулесов А.С., Гиманова И.А., Мельникова О.Л., Яковченко В.И. Модель распределения объемов и формирования цен материального потока в логистической цепи «производитель – конечный потребитель». *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(3). Доступно по: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/DulesovSoavtors\\_3\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/DulesovSoavtors_3_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.029

## Distribution model of volumes and pricing of a material flow in the logistic chain "the producer – end user"

A.S. Dulesov, I.A. Gimanova, O.L. Melnikova, V.I. Yakovchenko  
Khakas State University named after N.F. Katanov, Abakan, Russia

**Abstract:** The work considers the construction of an economic and mathematical distribution model of volumes and pricing in logistic channels of the single-market trade-brokerage network. The logistic chain "the producer - the end user" is investigated with successively connected agents through micromarkets. Conditions for a model construction are described. Each participant of a network has its own parameters. Special attention is paid to the coefficient of goods sale for each economic agent and for the whole chain. The problems for three and four participants of a sequential chain with a given price distribution and a uniform amount of product promotion are solved in practice (an ideal case that is not

available in practice due to the uncertainty of the information in the form of random influences on the dynamics of the indicators). The solution based on the value of indicators is presented, taking into account the purchases/sales experience, individual preferences and the added price of each agent. On the basis of the obtained values of the sales coefficient of goods (when considering the real situation of the goods promotion), conclusions on the further behavior of participants in a chain are presented. The plan is proposed to adjust the results to the demand of the end user. Volumes and coefficients of realization of the goods with respect to balance between supply and demand are determined. The built-in economic and mathematical distribution model of volumes and pricing will make it possible to develop and make the decision on the choice of a transit or warehouse supply chain.

**Keywords:** modelling, trade-commerce network, demand and supply, logistic chain, coefficient of goods sale.

**For citation:** Dulesov A.S., Gimanova I.A., Melnikova O.L., Yakovchenko V.I. Distribution model of volumes and pricing of a material flow in the logistic chain "the producer – end user". *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(3). Available from: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/DulesovSoavtors\\_3\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/DulesovSoavtors_3_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.029 (In Russ).

## Введение

Рассматривая логистический канал отметим следующее: материальный поток последовательно движется от источника (производственные предприятия, поставщики сырья) к конечному потребителю, который может быть производственным или непроизводственным. Тем самым логистический канал представляет собой упорядоченное множество посредников, задачей которых является доведение материального потока от производителя до конечного потребителя. Между этими субъектами рынка имеются посредники, включение которых канал образуют логистическую цепь. В цепи участники (агенты) товародвижения выполняют операции доведения внешнего материального потока от одной логистической системы до другой [1,2].

Множество логистических цепей, связанных между собой через товарные потоки, образуют торгово-посредническую сеть, которую можно представить либо в виде структуры, либо в виде направленного графа. Если решается задача выбора логистического канала, не остается без внимания вопрос о выборе формы товародвижения (транзитная или складская), объемах товародвижения и ценах, формирующихся в процессах движения [3-6]. Говоря о формировании стоимости товара, то для транзитной формы товародвижения, возрастающая стоимость будет связана с расходами по доставке. Гораздо серьезнее дело обстоит рассмотрением складской формы [7]. Такого рода цепи имеют разветвленную структуру моделирующую возможность охвата многих конечных потребителей, но усложняющие задачу образования цены на товар. Ответ на вопрос о необходимости транзитной или складской цепи поставок с определением цен можно получить, если построить экономико-математическую модель распределения объемов и формирования цен [8].

## Материалы и методы

Построим модель распределения объемов и формирования цен.

Представим далее параметры и структуры логистической цепи «производитель – конечный потребитель» [9]. Среди ее основных показателей выделим и обозначим следующие:

–  $Q_i$  – объем товарного потока, протекающего от одного микрорынка к другому при участии  $i$ -агента;

- $P_i$  – расчетная цена товара на микрорынке;
- $P_{prod}$  – цена продажи единицы товара;
- $P_{nok}$  – цена покупки единицы товара;
- $P_{i0}$  – добавленная цена  $i$ -агента, где  $P_{i0} = P_{i prod} - P_{i nok}$ ;
- $Q_{i0}$  – планируемое количество товара, подлежащее реализации  $i$ -агентом;
- $R_i = P_{i0} / Q_{i0}$  – коэффициент реализации товара  $i$ -агентом,  $R_i \geq 0$ ;
- $Y_i = 1 / R_i$  – обратный коэффициент реализации товара,  $Y_i \geq 0$ .

На Рисунке 1 представлена структура рассматриваемой цепи.

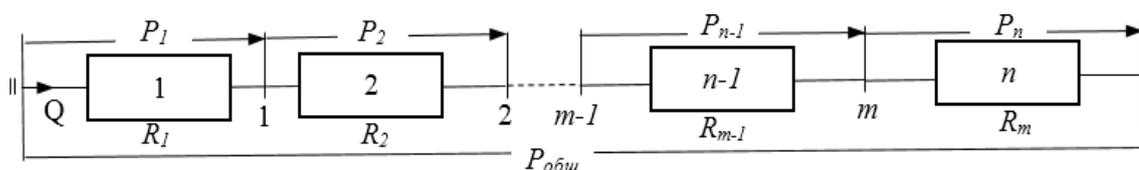


Рисунок 1 - Логистическая цепь «производитель – конечный потребитель»  
 Figure 1 – Logistic chain "the producer – the end user"

Структура цепи состоит из последовательно соединенных  $n$  агентов с  $m$  микрорынками, где 1 – производитель продавец,  $n$  – конечный потребитель. Если логистическая цепь последовательная как на Рисунке 1, то  $n = m + 1$ .

Поскольку данная структура весьма простая с точки зрения поиска и расширенного спектра данных, то неизбежны допущения при расчетах.

1. Не подлежит учету временной фактор, поэтому решение задачи предлагается на базе статичных характеристик.

2. Объем продвижения товара по цепи не изменяется  $Q = const$ . Это допущение означает отсутствие учета товара на складах. Предполагается, что весь товар будет реализован за рассматриваемый период времени.

3. Спрос на поставленный товар формируется только на микрорынке  $m$  конечного потребителя. Тем самым цены на микрорынках будут упорядочены по траектории:  $P_1 \leq P_2 \leq \dots \leq P_{m-1} \leq P_m$ , где  $P_m$  - цена на микрорынке  $m$ , сформированная влиянием спроса на товар.

4. Каналы и цепи рассматриваются как однопродуктовые, что упрощает поиск искомых значений показателей.

5. В структуре цепи имеются узлы-микрорынки, где  $P = 0$  (конечные точки справа и слева на Рисунке 1).

Решая задачу поиска цены на микрорынках распределения товарных потоков необходимо соблюдение баланса между реализованным и приобретённым товаром [10]. С целью его представления в математическом виде предварительно рассмотрим роль коэффициента реализации товара.

Коэффициент реализации товара  $R_i$  для любого агента в декартовой прямоугольной системе координат представляет собой  $tg \alpha = \frac{P_i}{Q_i} = R_i$  (Рисунок 2).

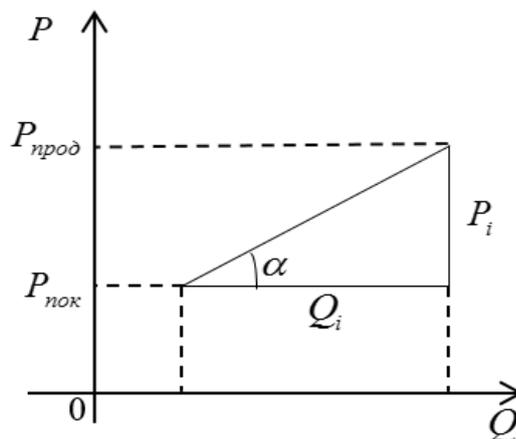


Рисунок 2 - Коэффициент реализации товара  $R_i$  агента

Figure 2 – Coefficient of goods sale of the  $i$ -agent

Выполняются следующие правила:

1. Сумма втекающих и вытекающих потоков на микрорынке равна нулю, то есть  $\sum_{i=1}^k Q_i = 0$ , где  $k$  – количество потоков.

2. Цена, сложившаяся на всей цепи или на ее отдельных участках, равна алгебраической сумме приращения цен агентов цепи:  $P_k = \sum_{i=1}^k P_i$ .

3. Согласно данным правилам, баланс реализации и приобретения товара будет иметь вид

$$\sum_{i=1}^n Q_i^2 R_i = \sum_{i=1}^n P_i Q_i. \quad (1)$$

Рассматривая (1) и условие  $Q = const$ , определим коэффициент реализации товара всей цепи из последовательно соединенных агентов по выражению:

$$R = \frac{\sum P_i}{Q} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{Q} = R_1 + R_2 + \dots + R_n. \quad (2)$$

Условие: если  $\Delta p = 0$ , то  $R = 0$  – отсутствие продвижения товарного потока. Величина  $R_i$  ограничена потенциальными возможностями освоения ресурсов.

Выражение (2) может быть переписано через  $Y_i$ , например, для двух агентов  $Y = \frac{Y_1 + Y_2}{Y_1 Y_2}$ .

В случае параллельной работы агентов по продвижению товара будут выполняться условия  $P_i = const$  и  $Q = var$ . В данном случае общий коэффициент для двух агентов будет определяться по выражению:  $\frac{1}{R_{общ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$  или

$$R_{общ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Для цепи из параллельных связанных агентов, общий коэффициент определяется по выражению

$$R_{\Sigma} = \frac{\prod_{i=1}^n R_i}{\sum_{i=1}^m R_i}. \quad (3)$$

В свою очередь

$$Y_{\Sigma} = \frac{1}{R_{\Sigma}}. \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) могут быть полезны в процессе объединения мелких конечных потребителей.

Уравнение поиска цен на микрорынке цепи поставок при условии  $Q = const$  учетом (1) будет иметь вид

$$\sum_{i=1}^n Q_i R_i = P, \quad (5)$$

где  $P$  – цена на микрорынке конечного потребителя.

При решении (5) необходимо соблюсти баланс между левой и правой частями уравнения

$$\sum_{i=1}^n P_i = P. \quad (6)$$

В зависимости от коэффициентов  $R_i$  определяется величина  $Q_i$  ( $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$ ). Поскольку в (6), согласно спросу на товар конечного потребителя, значения  $P$  и  $Q$

известны, то можно найти коэффициент  $R = \frac{P}{Q}$ .

Для сбалансированного уравнения (6) очевидно равенство

$$\sum_{i=1}^n R_i = R. \quad (7)$$

Получить для каждого  $i$ -го агента цепи величину  $R_i$  не является сложной процедурой. Однако, поскольку данный коэффициент определяется как

$$R_i = \frac{(P_i - P_j)}{Q_i}, \quad (8)$$

точнее величину всех трех переменных вряд ли можно получить, ведь они находятся под влиянием многих факторов детерминированного и недетерминированного характера. Подставив полученные  $R_i$  и  $Q_i$  в (5), баланс будет нарушен. Фактически получается значение  $Q_i$  не совпадающее со спросом на микрорынке конечного потребителя. Чтобы «выйти» на спрос, следует внести коррективы, соблюдая условие (7), для которого в (8)  $\forall Q_i = Q$  конечного потребителя.

### Результаты

Рассмотрим содержательную часть предложенной модели на представленных далее задачах.

Задача объединения конечных потребителей цепи поставок.

Пусть имеется 3 конечных потребителя на одном из микрорынков. Необходимо объединить потребителей определив при этом общий для них коэффициент реализации товара, то есть найти эквивалент.

Согласно сложившегося спроса на микрорынке, для всех потребителей имеем цену  $P = P_1 = P_2 = P_3 = 2400$ , где подстрочные индексы указывают на порядковый номер потребителя. При такой цене потребители покупают товар в количествах  $Q_1 = 5$ ;  $Q_2 = 8$ ;  $Q_3 = 6$ .

Для каждого покупателя:

$$R_1 = \frac{P}{Q_1} = \frac{2400}{5} = 480; R_2 = \frac{P}{Q_2} = \frac{2400}{8} = 300; R_3 = \frac{P}{Q_3} = \frac{2400}{6} = 400.$$

Согласно (3) и (4) получим:

$$R_{общ} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_2 R_1} = \frac{480 \cdot 300 \cdot 400}{300 \cdot 400 + 480 \cdot 400 + 480 \cdot 300} = 126,3;$$

$$Y_{общ} = \frac{1}{R_{j,o}} = \frac{1}{126,3} = 0,008.$$

Задача идеальный вариант распределения цен.

Логистическая цепь состоит из четверых агентов: производитель; оптовый посредник; мелкооптовый посредник; конечный потребитель. Необходимо определить цепи на микрорынках при известных значениях цены на микрорынке конечного потребителя и объеме закупок.

Исходные данные:  $P = 400$  - цена на микрорынке;  $Q = 600$  - количество реализуемого товара. Оба показателя получены на основании сложившегося на микрорынке спросе.

Построим логистическую цепь (Рисунок 3).

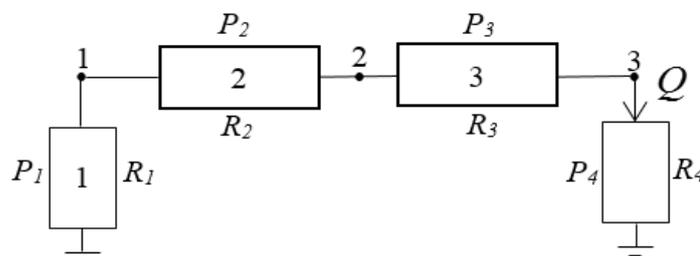


Рисунок 3 – Структура логистической цепи  
 Figure 3 – Structure of a logistic chain

Решение задачи рассмотрим по двум вариантам: идеальный и фактический.

1) Идеальный вариант распределения цен на микрорынках.

Определим коэффициенты при условии  $\forall Q = const$ :

$$R_4 = \frac{P_0 + P_3}{Q} = \frac{400 - 0}{600} = 0,667;$$

$$R_3 = \frac{P_3 - P_2}{Q} = \frac{400 - 340}{600} = 0,1;$$

$$R_2 = \frac{P_2 - P_1}{Q} = \frac{340 - 310}{600} = 0,05;$$

$$R_1 = \frac{P_1 - P_0}{Q} = \frac{310 - 0}{600} = 0,517.$$

В данных выражениях значения  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  - цены на микрорынках, которые определены на основе функций спроса с координатами (310;600), (340;600) и (400;600).

Согласно (1) запишем уравнение баланса цен:  $QR_1 + QR_2 + QR_3 = QR_4$ .

Решение:

$$600 \cdot 0,517 + 600 \cdot 0,05 + 600 \cdot 0,1 = 600 \cdot 0,667;$$

$$310 + 30 + 60 = 400.$$

Откуда  $P_3 = 400$ ;  $P_2 = 400 - 60 = 340$ ;  $P_1 = 340 - 30 = 310$ - распределение цен по микрорынкам.

Представленный здесь идеальный случай распределения цен на практике отсутствует. Причиной этому является наличие неопределенности информации, так как факторы воздействия на динамику показателей имеет случайный фактор. Далее представим решение задачи с опорой на значение показателей полученные исходя из опыта купли/продажи и собственных предпочтений каждого из агентов.

2) Фактический вариант распределения цен.

Предположим, что каждый из агентов планирует добавленную цену  $P = P_{\text{прод}} - P_{\text{пок}}$  и возможности купить и продать объем товара  $Q_i$  при условии:  $Q_{\text{пок}} = Q_{\text{прод}}$ .

Планируемые объемы купли/продажи и добавленная цена по каждому из агентов:

– конечный потребитель:  $P_4 = 400 - 0$ ;  $Q_4 = 600$ ;

– мелкооптовый посредник:  $P_3 = 380 - 300$ ;  $Q_3 = 550$ ;

– оптовый посредник:  $P_2 = 340 - 290$ ;  $Q_2 = 650$ ;

– производитель:  $P_1 = 280 - 0$ ;  $Q_1 = 700$ .

Определим коэффициенты:

$$R_4 = \frac{P_4}{Q_4} = \frac{400}{600} = 0,667;$$

$$R_3 = \frac{P_3}{Q_3} = \frac{380 - 300}{550} = 0,145;$$

$$R_2 = \frac{P_2}{Q_2} = \frac{340 - 290}{650} = 0,077;$$

$$R_1 = \frac{P_1}{Q_1} = \frac{280}{700} = 0,4.$$

Уравнение баланса согласно спросу на микрорынках конечного потребителя  $QR_1 + QR_2 + QR_3 = Q_4 R_4$ ;  $Q(R_1 + R_2 + R_3) = Q_4 R_4$ ;

$$Q = \frac{Q_4 P_4}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{P_4}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{400}{0,145 + 0,077 + 0,4} = 642,7$$

Цены на микрорынках:  $P_3 = 400$ ;  $P_2 = P_3 - Q \cdot R_3 = 400 - 642,7 \cdot 0,145 = 306,5$ ;

$P_1 = P_2 - Q \cdot R_2 = 306,5 - 642,7 \cdot 0,077 = 257,1$ .

Координаты спроса на микрорынках: (257;643); (306,5;643); (400;643).

#### Обсуждение:

Дадим оценку полученным результатам решения данных задач. На Рисунке 4 отобразим координаты показателей для каждой из задач.

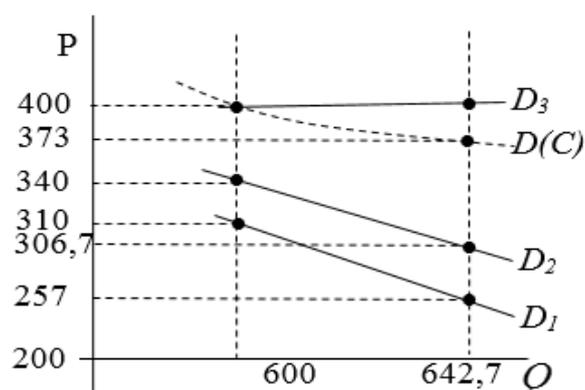


Рисунок 4 – Линии спроса  
 Figure 4 – Demand lines

По отношению к первой задаче, во второй, общий коэффициент реализации товара уменьшился:  $R_{общ} = R_1 + R_2 + R_3 = 0,145 + 0,077 + 0,4 = 0,622$ .

Коэффициент свидетельствует о том, что агенты планируют поставить больше товара на  $(642,7 - 600) = 42,7$  единиц, нежели требуется для конечного потребителя. Если конечный потребитель продолжит покупать товар по прежней цене в 400 ед., то на складах агентов-посредников будет не реализовано 42,7 ед. товара. Такая ситуация обусловлена следующим фактором: рынок покупателя относится к чистой конкуренции, его линия спроса обозначена на Рисунке 4 как  $D_3$ . Опираясь на роль данного фактора, значение  $P_3 = 400$  и, следовательно,  $R_1$  принимались неизменными при решении данных задач.

Скорректируем полученные результаты в пользу спроса конечного потребителя. Установим все  $Q_i$  равные  $Q$  конечного потребителя и определим  $R_i$ :

$$R_3 = \frac{P_3}{Q} = \frac{400 - 306,5}{600} = 0,156;$$

$$R_2 = \frac{P_2}{Q} = \frac{306,5 - 257,1}{600} = 0,032;$$

$$R_1 = \frac{P_1}{Q} = \frac{257,1 - 0}{600} = 0,429.$$

Условие (7) соблюдено:  $R_1 + R_2 + R_3 = R_4$  и условие (6) также соблюдено:  $P_1 + P_2 + P_3 = P_4$ .

### Заключение

Рассматривается логистический канал с агентами (производитель, посредники и конечный потребитель), в котором материальный поток одного продукта последовательно движется от производителя к потребителю. Задача продвижения товарного потока по каналу заключается в необходимости выполнения предварительного расчета цены и объема товара при известном спросе потребителя. Построенная простая экономико-математическая модель позволяет найти решение на основе баланса реализации и приобретения товара конечным потребителем. В основу модели положен коэффициент реализации товара. Он отражает возможность агента канала при установленной ценовой надбавке реализовать объем товара. На основе расчетов коэффициентов можно определять участие множества агентов в продвижении товара в рассматриваемых структурах логистических каналов. Предлагаемые

математические выражения позволяют достаточно легко определить цены на микрорынках логистической цепи и объем продвижения товара. Поставленные и решенные задачи подтверждают работоспособность предлагаемой модели распределения объемов и формирования цен при продвижении товара по логистическому каналу.

### БЛАГОДАРНОСТИ

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и республики Хакассия в рамках научного проекта № 19-47-190001 и гранта Президента Российской Федерации на основании договора № 909 от 31.12.20 г. Сочи.*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Oliveira J.B., Lima R.S., Montevechi J.A.B. Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2016;62(166-191). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2016.02.001> (дата обращения: 20.01.2020).
2. Groves, W, Collins, J, Gini, M, & Ketter, W. Agent-assisted supply chain management: Analysis and lessons learned. *Decision Support Systems*. 2014;57(1):274–284. DOI: 10.1016/j.dss.2013.09.006 (дата обращения: 26.01.2020).
3. Rubido N., Grebogi C., Baptista M.S. Resiliently evolving supply-demand networks. *Phys. Rev.* 2014. E 89, 012801. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.89.012801> (дата обращения: 20.05.2020).
4. Setiawan S.W., Lesmono D., Limansyah T. A Perishable Inventory Model with Return. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018;335(012049). DOI:10.1088/1757-899X/335/1/012049 (дата обращения: 18.04.2020).
5. Limansyah T., Lesmono J.D. A Mathematical Model for Inventory and Price-Dependent Demand with All-Units Discount. *IOP Conf. Series*. 2020;1490(01205). DOI: 10.1088/1742-6596/1490/1/012051 (дата обращения: 28.02.2020).
6. Wang Y., An Y., Xi F., Yao J., Wei Q. Multi-Objective Optimal Operation of Micro-Grid Based on Demand Side Management. *IOP Conf. Series*. 2018;1087(062009). DOI: 10.1088/1742-6596/1087/6/062009 (дата обращения: 11.02.2020).
7. Kurdhi N.A., Diwiryo T.A., Sutanto An integrated production-inventory model for the single vendor two-buyer problem with partial backorder, stochastic demand, and service level constraints. *IOP Conf. Series*. 2016. 693, 012008. DOI:10.1088/1742-6596/693/1/012008 (дата обращения: 15.03.2020).
8. Setiawan S.W., Lesmono D., Limansyah T. A Perishable Inventory Model with Return. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018;335(012049). Доступно по: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/335/1/012049/pdf>. DOI: 10.1088/1757-899X/335/1/012049 (дата обращения: 19.05.2020).
9. Gimanova I.A., Dulesov A.S., Litvin N.V. Simulation of economic agents interaction in a trade chain. *IOP Conf. Series*. 2017;803(012047). Доступно по: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/803/1/012047>. DOI:10.1088/1742-6596/803/1/012047 (дата обращения: 05.02.2020).
10. Дулесов А.С., Гиманова И.А., Мельникова О.Л., Дулесова Н.В. Оценка взаимосвязи показателей спроса и предложения на микрорынках торговой системы. *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2020;3(1):46-51. Доступно по: <http://vaael.ru/ru/article/view?id=1014>. DOI: 10.17513/vaael.1014 (дата обращения: 17.03.2020).

## REFERENCES

1. Oliveira J.B., Lima R.S., Montevechi J.A.B. Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2016;62(166-191). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2016.02.001> (accessed: 20.01.2020).
2. Groves, W, Collins, J, Gini, M, & Ketter, W. Agent-assisted supply chain management: Analysis and lessons learned. *Decision Support Systems*. 2014;57(1):274–284. DOI: 10.1016/j.dss.2013.09.006 (accessed: 26.01.2020).
3. Rubido N., Grebogi C., Baptista M.S. Resiliently evolving supply-demand networks. *Phys. Rev.* 2014. E 89, 012801. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.89.012801> (accessed: 20.05.2020).
4. Setiawan S.W., Lesmono D., Limansyah T. A Perishable Inventory Model with Return. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018;335(012049). DOI:10.1088/1757-899X/335/1/012049 (accessed: 18.04.2020).
5. Limansyah T., Lesmono J.D. A Mathematical Model for Inventory and Price-Dependent Demand with All-Units Discount. *IOP Conf. Series*. 2020;1490(01205). DOI: 10.1088/1742-6596/1490/1/012051 (accessed: 28.02.2020).
6. Wang Y., An Y., Xi F., Yao J., Wei Q. Multi-Objective Optimal Operation of Micro-Grid Based on Demand Side Management. *IOP Conf. Series*. 2018;1087(062009). DOI: 10.1088/1742-6596/1087/6/062009 (accessed: 11.02.2020).
7. Kurdhi N.A., Diwiryo T.A., Sutanto An integrated production-inventory model for the single vendor two-buyer problem with partial backorder, stochastic demand, and service level constraints. *IOP Conf. Series*. 2016;693(012008). DOI:10.1088/1742-6596/693/1/012008 (accessed: 15.03.2020).
8. Setiawan S.W., Lesmono D., Limansyah T. A Perishable Inventory Model with Return. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018;335(012049). Доступно по: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/335/1/012049/pdf>. DOI: 10.1088/1757-899X/335/1/012049 (accessed: 19.05.2020).
9. Gimanova I.A., Dulesov A.S., Litvin N.V. Simulation of economic agents interaction in a trade chain. *IOP Conf. Series*. 2017;803(012047). Доступно по: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/803/1/012047>. DOI:10.1088/1742-6596/803/1/012047 (accessed: 05.02.2020).
10. Dulesov A.S., Gimanova I.A., Melnikova O.L., Dulesova N.V. Interrelation assessment of indicators supply and demand in the micromarkets of the trading system. *Vestnik Altajskoi akademii ekinomikii i prava*. 2020;3(1):46-51. Доступно по: <http://vael.ru/ru/article/view?id=1014>. DOI: 10.17513/vael.1014 (In Russ) (accessed: 17.03.2020).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Дулесов Александр Сергеевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных технологий и систем, ФГБОУ ВО Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Российская Федерация.  
e-mail: [dulesov@khsu.ru](mailto:dulesov@khsu.ru)

**Aleksandr S. Dulesov**, Doctor Technical Sciences, Docent, Professor Of The Department Of Information Technology And Systems, Khakas State University Named After N.F. Katanov, Abakan, Russian Federation

**Гиманова Ирина Анатольевна**, старший преподаватель кафедры информационных технологий и систем, ФГБОУ ВО Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Российская Федерация.

*e-mail:* [gimanowa@gmail.com](mailto:gimanowa@gmail.com)

**Irina A. Gimanova**, Senior Lecturer, Department of Information Technology and Systems, Khakas State University named after N.F. Katanov, Abakan, Russian Federation

**Мельникова Ольга Леонидовна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информационных технологий и систем, ФГБОУ ВО Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Российская Федерация.

*e-mail:* [olga.l.melnikova@yandex.ru](mailto:olga.l.melnikova@yandex.ru)

**Olga L. Melnikova**, Candidate Of Pedagogic Sciences, Associate Professor, Department Of Information Technology And Systems, Khakas State University Named After N.F. Katanov, Abakan, Russian Federation

**Яковченко Виктория Игоревна**, студент, ФГБОУ ВО Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Российская Федерация.

**Viktorija I. Yakovchenko**, Student, Khakas State University Named After N.F. Katanov, Abakan, Russian Federation