

В. Д. Верескун, А. Н. Гуда, Э. А. Мамаев

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ И НАДЕЖНОСТЬЮ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

Аннотация. Рассматриваются методические подходы к обеспечению надежности и снижению рисков в реализации транспортно-логистических цепей поставок. Проведен анализ концептуальных подходов к оценке и управлению рисками, классификации и учета рисков, направлений повышения надежности реализации транспортно-логистических цепей как многоагентных систем. Рассмотрены разные подходы к формализованному представлению моделей надежности транспортно-логистических цепей, статистические и динамические аспекты управления рисками, модели привлечения инвестиций для повышения надежности транспортно-логистических цепей с учетом экономической привлекательности для агентов и фокусной компании в цепи. Показаны направления обеспечения надежности и снижения рисков в условиях стохастичности поведения агентов, возможностей резервирования сегментов логистических цепей, вариативности рынка – наличия монополии, олигополии и конкурентного рынка.

Ключевые слова: транспортно-логистическая цепь поставок, логистика и транспортировка, моделирование, оптимальность решений, управление рисками, надежность цепи поставок.

Для цитирования: Верескун, В. Д. Методы управления рисками и надежностью в транспортно-логистических цепях поставок / В. Д. Верескун, А. Н. Гуда, Э. А. Мамаев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4. – С. 153–160. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_4_153.

Введение

Современные методы оценки эффективности организации транспортно-логистических цепей используют критерии качества услуг, включающие надежность реализации поставок – полное соответствие заявленным условиям поставки. Эта сфера услуг имеет особенность – пространственная и временная протяженность реализации услуги с привлечением, как правило, множества участников при реализации комплексной транспортно-логистической услуги [1]. Именно фактор многоагентности в реализации транспортно-логистических услуг формирует существенный уровень рисков (энтропии, неопределенности), генерирует репутационные риски не только для конкретного агента (элемента, звена цепи), но и для всех участников реализации решения. Следует также отметить и другие особенности в реализации транспортно-логистических цепей, такие как гетерогенность участников по функциональным задачам и форме организации бизнеса, разный уровень конкуренции на отдельных сегментах рынка транспортно-логистических услуг, ограниченность выбора для реализации решений в отдельных сегментах, разный уровень надежности агентов, связанные как инфраструктурными, так и организационно-технологическими особенностями функционирования [2, 3].

Задачи управления рисками и надежностью организации транспортно-логистических цепей приобретают особую значимость в условиях цифровой экономики, транспорта и логистики, предусматривают внедрение технологий выбора оптимальных решений и их реализацию без привлечения логистов-проектировщиков цепей поставок [4–6].

В этих условиях развитие методической базы принятия решений по выбору, реализации транспортно-логистических цепей с учетом рисков и обеспечения высокой надёжности (реализуемости) в условиях воздействия внешних и внутренних факторов становится актуальной задачей. В работе приводится исследование методических подходов оценки надежности и управления рисками в транспортно-логистических цепях поставок, которые используются на разных уровнях их планирования и реализации.

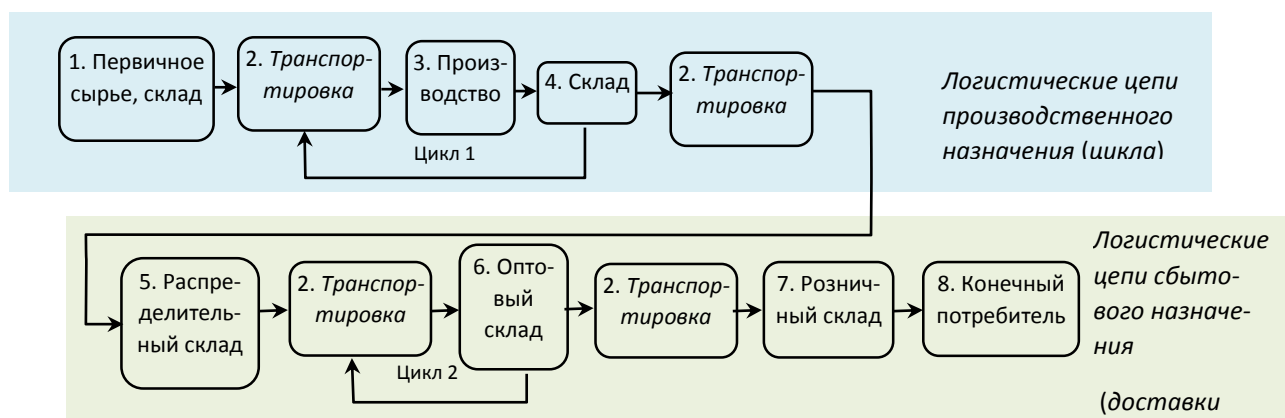
Постановка задачи

Формализация транспортно-логистических цепей поставок представляет определенные сложности: с одной стороны, требуется их определенная универсальность, с другой стороны, ориентация на достижение поставленной цели и решение сформулированных задач, требуют отказа от высокой степени обобщения их постановки.

Целью исследования являются модели и методы управления рисками и надежностью, которые позволяют представлять транспортно-логистическую цепь как последовательность взаимосвязанных элементов (субъектов бизнеса), обеспечивающие выполнение декларированных функций над материальным потоком.

В соответствии с целью транспортно-логистическую цепь можно представить последовательностью бизнес-единиц, обеспечивающей перемещение в пространстве материального (грузового) потока из точки зарождения (источника) в точку потребления (стока). Все операции над материальным потоком выбранными бизнес-единицами должны быть допустимыми.

Пусть в транспортно-логистической системе функционируют B видов субъектов хозяйствования, W_b – множество субъектов, реализующее функции вида b , $W = \cup_{b \in B} W_b$. Допустимые связи между хозяйствующими субъектами можно представить многослойным ориентированным графом $G_b = (W, D)$, $D = W \times W$. Формализованная схема реализации логистических цепей поставок, приведенная на рисунке [1, 7], представляется для каждого заказа-заявки цепью в графе G_b . Граф G_b является взвешенным, каждая вершина и дуга характеризуется вектором параметров, имеющие отношение к мощности реализации потока, временными, стоимостными параметрами и параметрами, определяющие надежность соответствующего узла при реализации потока каждого вида. То есть для каждой вершины $w \in W$ и дуги $d \in D$ определены векторы параметров I_w, I_d .



Формализованная схема реализации транспортно-логистических цепей

Множество видов потоков, реализуемых на этом графе, обозначим P . Компоненты векторов I_w и I_d для каждого элемента графа определяют «возможности» по реализации потока соответствующими элементами.

Таким образом, задача оптимальной организации материального потока на графе G_b сводится к определению цепи, доставляющей наилучшее значение по одному (или множеству) критериев, вычисляемые по определенному функционалу по параметрам векторов входящих в эту цепь вершин и дуг. Для двух вершин x и y для потока $f \in F$ величиной $S_f(x, y)$ определим цепь $x = w_0, w_1, \dots, w_n = y$, такую, что $(w_i, w_{i+1}) \in D$, компоненты векторов-характеристик I_w и I_d по реализуемости потока $f \in F$ являются допустимыми как по вершинам w_i , так и по дугам (w_i, w_{i+1}) , $i = 0, 1, \dots, n$.

В приведенной постановке определения оптимальной транспортно-логистической цепи опущены ограничения на множественность реализуемых потоков G_b , видоизменение характера потока при его прохождении через вершины и дуги G_b и другие ограничения, не влияющие на цели исследования. Пусть в компонентах векторов I_w и I_d первой компонентой являются величины, характеризующие надежность и реализуемость потока (риски) при его прохождении через вершину (дугу) цепи.

Пусть $\Omega_{(x,y)}^f = \{C_1, C_2, \dots, C_{|\Omega_{(x,y)}^f|}\}$ множество цепей (путей), соединяющее вершины x и y на графе G_b для реализации потока вида $f \in F$ (для удобства индекс потока $f \in F$ можно опустить):

$$C_i = \{x = w_0^i, w_1^i, \dots, w_n^i = y \mid (w_i^i, w_{i+1}^i) \in G_b, i = 0, 1, \dots, n\};$$

$$I_{C_i}^w = \{w_0^i, w_1^i, \dots, w_n^i\}, I_{C_i}^d = \{(w_0^i, w_1^i), (w_1^i, w_2^i), \dots, (w_{n-1}^i, w_n^i)\}.$$

В I_w и I_d компонента m определяет величину риска при порождении потока через вершину и дугу соответственно. Обозначим эти величины через $I_w^m(w_i)$ и $I_d^m(w_i, w_i)$.

Тогда нахождение оптимального пути для двух вершин x и y на графе G_b сводится к оптимизации функционала, т.е.

$$Z\{(x, y)^{opt}\} = \max_{C_l} \sum_{w_i^l \in I_{C_l}^w} I_w^m(w_i^l) + \sum_{(w_i^l, w_{i+1}^l) \in I_{C_l}^d} I_d^m(w_i^l, w_{i+1}^l).$$

Задача на максимум целевого функционала выражает критерий надежности (реализуемости) потока, а для рисков в аналогичной постановке мы имеем задачу на минимизацию функционала.

Методы решения

Функционально модели управления рисками и надежностью могут подразделяться на детерминированные и стохастические [8].

В *детерминированной модели* требуется определить транспортно-логистическую цепь поставок, доставляющую максимальное значение критерия эффективности, который определяет величины рисков и надежности.

В *однокритериальной постановке* задача сводится к поиску пути на ориентированном графе с минимальным (или максимальным) значением критерия риска (надежности). Классические алгоритмы нахождения кратчайшего пути на графе могут послужить методической основой нахождения оптимального решения. В алгоритме могут быть реализованы дополнительные ограничения на предельные допустимые значения рисков и надежности. Например, дуги и вершины графа с недопустимыми значениями параметров надежности и рисков могут быть исключены из постановки задачи и в расчетах не будут участвовать.

В общем случае модификация алгоритма нахождения кратчайшего пути будет зависеть от конкретной постановки задачи управления рисками. Рассмотрим некоторые варианты, например, нахождения транспортно-логистической цепи оптимальной надежности. Если рассматривать транспортно-логистическую сеть (x, y) как последовательность независимых элементов с вероятностями отказов при реализации потока на вершинах w_i и дугах (w_i, w_{i+1}) , $i = 0, 1, \dots, n$, равными $Q_p(w_i)$ и $Q_p(w_i, w_{i+1})$, ее надежность определяется $P(x, y) = \prod_{w_i} (1 - Q_p(w_i)) \prod_{(w_i, w_{i+1})} (1 - Q_p(w_i, w_{i+1}))$. $Q_p(w_i)$ и $Q_p(w_i, w_{i+1})$ являются параметрами – компонентами векторов-характеристик I_w и I_d .

Для случая многокритериального выбора оптимальной транспортно-логистической цепи используется алгоритм выделения Парето-оптимальных решений по каждому критерию, и дополнительный алгоритм отбора наилучшего решения, например, алгоритмы типа свертки критериев или последовательности уступок, упорядочив критерии в порядке убывания значимости для лица, принимающего решения.

Конкретные реализации алгоритмов имеют следующий вид:

1 Определение критериев оценки эффективности выбора оптимальной транспортно-логистической цепи на графе G . Например, стоимость реализации потока на единицу потока, время реализации потока, сохранность потока, надежность реализации потока по времени, стоимости, сохранности и др. Определим упорядоченный в порядке убывания их значимости набор таких критериев \tilde{Z}_j^* , $j = 1, \dots, m$.

2 Определим $\Omega_f^j(x, y)$ – множества Парето-оптимальных решений выбора транспортно-логистической цепи $S_f(x, y)$ по критерию j .

3 Возможны ситуации:

– $\bigcap_j \Omega_f^j(x, y) \neq \emptyset$, т.е. существует непустое множество оптимальных по всем критериям решений, довольно маловероятное. В таком случае требует решения задача многокритериального выбора в полученном множестве решений;

– $\bigcap_j \Omega_f^j(x, y) = \emptyset$, причем $\Omega_f^j(x, y) \neq \emptyset$. Оптимальным будет решение, которое является единственным входящим в два последовательных упорядоченных множества $|\Omega_f^j(x, y) \cap \Omega_f^{j+1}(x, y)| = 1$;

– множество Парето-оптимальных решений по очередному критерию не включает решения из предшествующего множества, т.е. $\Omega_f^j(x, y) - \Omega_f^{j+1}(x, y) \neq \emptyset$. Тогда оптимальное решение определяется экспертным или иным способом лицом, принимающим решение, из множества $\Omega_f^j(x, y) \neq \emptyset$.

В случае использования свертки критериев алгоритм нахождения оптимальной транспортно-логистической цепи сводится к расчету мультипликативного критерия по каждой дуге и вершине. Следующие действия сводятся к алгоритмам типа нахождения кратчайших путей на полученном графе сети с полученными весами.

Динамические модели. Оптимизация транспортно-логистических цепей в статической постановке требует нахождения оптимального решения в сложившихся условиях (конкретный момент времени), однако в случае неудовлетворительности найденного решения с позиций надежности необходимо рассмотреть вопросы совершенствования логистической системы. Другими словами, многоагентная транспортно-логистическая система в условиях конкуренции должна развиваться на принципах самоорганизации, привлечения ресурсов (капитала) в привлекательные сегменты рынка. Но в условиях олигополии или монополии по отдельным сегментам рынка или видам потоков логистическая система, как самоорганизующаяся организационно-экономическая система, может развиваться по разным траекториям, связанные с формой привлечения ресурсов.

Рассмотрим следующие варианты поведения агентов в условиях их олигополии и (или) монополии, т.е. в условиях зависимости агентов рынка от поведения и активности основных участников рынка. Например, монопольное положение железнодорожного транспорта, олигопольное положение портовых комплексов и операторов специализированного подвижного состава позволяют им в определенных условиях не заниматься развитием технологий, повышением надежности и снижением рисков.

Решение таких задач имеет двухэтапный характер. Первый этап – определение «узкого места» в системе надежности организации транспортно-логистических цепей и безальтернативности использования других. Этот вопрос решается моделями типа нахождения минимального сечения в графе Гв.

Второй этап – определение варианта привлечения инвестиций (средств, ресурсов) для повышения надежности и снижения рисков за счет ресурсов (инвестиций) участников (агентов) транспортно-логистических цепей. В этом случае целесообразно выделять в логистической цепи доминирующую фокусную компанию (агента), экономические интересы которой доминируют над остальными, например, ОАО «РЖД», «Деловые линии», «Почта России» [9, 10].

Для множества K -агентов ($k = 0, 1, \dots, |K|$) определены риски управления R , $r = 0, 1, \dots, |R|$. Доминирующие интересы в снижении рисков у фокусной компании $k = 0$. Величину влияния на работу каждого вида риска r агентом k , выраженную вероятностью возникновения отказа со стороны агента на заданном периоде времени t , и приводящую к нарушению вида j , определим как $p_{rkj}(t)$. Экономический ущерб от возникновения такого отказа для контрагента обозначим e_{rkj} . Агент k имеет возможности по снижению риска в работе, зависящие от объема выделяемых средств, $p_{rkj}(x_{rk}, t)$ – изменение вероятности безотказной работы r за период времени t при выделении средств x_{rk} , $e_{rkj}(p_{rkj}(t), x_{rk})$ – уменьшение потерь агента k при выделении средств x_{rk} за период времени t на развитие надежности управления r , устраняющий технологическое нарушение вида j , за счет безотказности. Каждый агент имеет возможности по выделению средств на обеспечение надежности и снижения рисков в объеме S_k . Тогда модели оптимизации распределения средств на обеспечение надежности элементов транспортно-логистической цепи имеют виды, приведенные в таблице.

В задачах 1–4 целевые функции (1.1), (2.1), (3.1), (4.1) выражают суммарный ущерб от рисков для участников транспортно-логистической цепи – агентов; (1.2), (2.2), (3.2) – ограничения на доступные средства агентов, направляемые на мероприятия по уменьшению отказов, снижению рисков и повышению надежности. Условие неотрицательности управляемых переменных заданы в (1.3), (2.3), (3.3), (4.4), условия (4.2) определяют превышение эффекта от увеличения надежности над затрачиваемыми на это средствами, условия (4.3) определяют экономическую целесообразность выделения средств для конкретного ресурса и контрагента.

Допускается также конкурентное распределение средств на повышение надежности в условиях взаимозависимости работы контрагентов транспортно-логистической цепи. В этом случае вопросы финансирования мер на снижение отказов становятся предметом «торга» между контрагентами.

Таким образом, детерминированные модели управления рисками отвечают на вопросы:

- на какие направления целесообразно распределять средства для повышения надежности реализации материального потока в условиях мультиагентного функционирования транспортно-логистических цепей;
- какие направления привлечения средств на снижение рисков возможны в условиях распределенности экономических интересов агентов;
- какие варианты консолидации ресурсов для снижения рисков допустимы в транспортно-логистической цепи.

В стохастических моделях управления рисками следует принимать следующие допущения:

- логистическая цепь представляется сложной архитектурой, допускающей резервирование элементов, представляемые конкурентными агентами на рынке логистических услуг;

- агенты имеют разные случайные характеристики надежности (вероятности выполнения договорных обязательств);
- стоимость услуг (включения в транспортно-логистическую цепь) агентов различная и зависит от надежности и рисков;
- доступны статистические показатели деятельности агентов на рынке транспортно-логистических услуг (виды деятельности, вероятность невыполнения обязательств, стоимость услуг, технологические и производственные мощности и др.);
- в прогнозируемый период времени реализации решений по управлению рисками транспортно-логистических цепей показатели агентов считаются постоянными.

**Модели привлечения инвестиций (ресурсов)
для повышения надежности транспортно-логистических цепей**

Модель – задача	Описание
1 Оптимальное распределение средств на повышение надежности фокусной компании ($k = 0$)	$\sum_j \sum_{r=1}^{ R } \sum_{k=1}^{ K } e_{roj}(p_{roj}(t), x_{rk}) \rightarrow \min_{\ x_{rk}\ }, \quad (1.1)$ <p>при ограничениях</p> $\sum_{r=1}^{ R } x_{rk} \leq S_k, \quad k = 0, 1, \dots, K , \quad (1.2)$ $x_{rk} \geq 0, \quad k = 0, 1, \dots, K , \quad r = 0, 1, \dots, R \quad (1.3)$
2 Оптимальное распределение средств на повышение надежности агента k	$\sum_j \sum_{r=1}^{ R } e_{rk0}(p_{rk0}(t), x_{rk}) \rightarrow \min_{\ x_{rk}\ }, \quad (2.1)$ <p>при ограничениях</p> $\sum_{r=1}^{ R } x_{rk} \leq S_k, \quad (2.2)$ $x_{rk} \geq 0, \quad k = 0, 1, \dots, K , \quad r = 0, 1, \dots, R \quad (2.3)$
3 Оптимальное распределение средств на повышение надежности с консолидацией ресурсов агентов с фокусной компанией ($k = 0$)	$\sum_j \sum_{r=1}^{ R } e_{rk0}(p_{rk0}(t), x_{rk}) \rightarrow \min_{\ x_{rk}\ }, \quad (3.1)$ <p>при ограничениях</p> $\sum_{k=0}^{ K } \sum_{r=1}^{ R } x_{rk} \leq \sum_{k=0}^{ K } S_k, \quad (3.2)$ $x_{rk} \geq 0, \quad k = 0, 1, \dots, K , \quad r = 0, 1, \dots, R \quad (3.3)$
4 Распределение средств на повышение надежности в условиях экономической целесообразности для агента	$\sum_j \sum_{r=1}^{ R } e_{rkj}(p_{rkj}(t), x_{rk}) \rightarrow \min_{\ x_{rk}\ }, \quad (4.1)$ <p>при ограничениях</p> $\sum_j \sum_{r=1}^{ R } e_{rkj}(p_{rkj}(t), x_{rk}) \geq S_k, \quad k = 0, 1, \dots, K , \quad (4.2)$ $\sum_j e_{rkj}(p_{rkj}(t), x_{rk}) \geq x_{rk}, \quad k = 0, 1, \dots, K , \quad (4.3)$ $r = 0, 1, \dots, R . \quad (4.4)$ $x_{rk} \geq 0, \quad k = 0, 1, \dots, K, \quad r = 0, 1, \dots, R $

В этих условиях формирование транспортно-логистической цепи с высокой степенью надежности (минимальными рисками) сводится к следующим моделям выбора:

1 Выбор (определение) пути в графе $G_{\text{в}}$ с оптимальным аддитивным критерием эффективности цепи. При этом все звенья цепи принимаются равнозначными по уровню влияния риска на реализацию материального потока. В этом случае в графе $G_{\text{в}}$ виды услуг сегментированы, получение услуги от альтернативных агентов маловероятно, и это соответствует условиям монопольного рынка.

2 Оптимальный выбор пути в графе $G_{\text{в}}$ по определенному критерию с резервированием отдельных альтернативных сегментов, т.е. поиск всех оптимальных путей или равнозначных при допущенных отклонениях целевой функции. В этом случае в графе $G_{\text{в}}$ существуют альтернативные сегменты для формирования транспортно-логистической цепи, который соответствует условиям олигополистического или конкурентного рынка транспортно-логистических услуг.

Надежность и риски реализации вышеприведенных транспортно-логистических цепей рассчитываются как надежность (риски) технической системы с резервированием, причем резервирование можно рассматривать «холодным», если реализация транспортно-логистической цепи декларирует использование на отдельных участках агентов без обязательного их привлечения к реализации потока, и «горячим», если в реализации транспортно-логистической цепи могут участвовать агенты по договору о сотрудничестве, в котором агент может подключиться к реализации логистической цепи по первому требованию.

В более общем случае модели управления рисками являются дополнительными моделями к моделям оптимальной организации транспортно-логистических цепей.

Выводы

Управление рисками и надежностью в транспортно-логистических цепях поставок является одной из ключевых задач, направленных на снижение непроизводительных издержек в стоимости конечной продукции и обеспечение конкурентоспособности. Многоагентность, гетерогенность, функциональная и технологическая разница в уровне развития элементов и другие факторы увеличивают риски и надежность. В этих условиях рассмотрение задачи управления рисками в цепях поставок должно производиться с учетом множества факторов и поведения процессов, которые интегрально должны обеспечивать гарантии реализации цепей поставок с минимальными издержками [11].

Приведенные в исследовании модели и подходы позволят решить эти задачи при условии их соответствия целям и задачам рассматриваемой организационно-экономической среды реализации логистических цепей.

Как показывает анализ, конкурентная вовлеченность в реализацию транспортно-логистических цепей агентов рынка доказывает востребованность использования оптимизационных и иных моделей управления рисками для увеличения эффективности принимаемых решений.

Список литературы

1 Транспортно-логистические системы в условиях системных изменений в экономике / Э. А. Мамаев, А. Н. Гуда, В. А. Финоченко, К. А. Годованый // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2 (86). – С. 145–154. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_2_145.

2 **Мамаев, Э. А.** Модель активности агентов в транспортно-логистических и технологических системах / Э. А. Мамаев, А. Н. Гуда, К. А. Годованый // Инженерный вестник Дона. – № 12. – 2021. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7345 (дата обращения: 15.11.2024).

3 **Пакулина, Е. В.** Анализ логистических рисков в современных условиях / Е. В. Пакулина, О. Д. Покровская, А. А. Мигров // International Journal of Advanced Studies. – 2023. – Т. 13. – № 2. – С. 172–196. – DOI 10.12731/2227-930X-2023-13-2-172-196.

4 **Дыбская, В. В.** Квантовая логистика: новый взгляд на оптимизацию логистической деятельности в цепях поставок / В. В. Дыбская, В. И. Сергеев, И. В. Сергеев // Логистика. – 2024. – № 5 (210). – С. 42–48.

5 **Дмитриев, А. В.** Обеспечение экономической безопасности и устойчивости цепей поставок в условиях цифровизации / А. В. Дмитриев, В. В. Щербаков // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2023. – № 15. – С. 11–18. – eISSN 2541-951X.

6 **Дмитриев, А. В.** Обеспечение экономической безопасности при внедрении цифровых технологий в транспортной логистике / А. В. Дмитриев, В. А. Нос // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). –

References

1 Transport and logistics systems in the context of systemic changes in the economy / E. A. Mamaev, A. N. Guda, V. A. Finochenko, K. A. Godovany // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2022. – No. 2 (86). – P. 145–154. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_2_145.

2 **Mamaev, E. A.** The model of agent activity in transport, logistics and technological systems / E. A. Mamaev, A. N. Guda, K. A. Godovany // Engineering Journal of Don. – No. 12. – 2021. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7345 (date of access: 11/15/2024).

3 **Pakulina, E. V.** Analysis of logistics risks in modern conditions / E. V. Pakulina, O. D. Pokrovskaya, A. A. Migrov // International Journal of Advanced Studies. – 2023. – Vol. 13. – No. 2. – P. 172–196. – DOI 10.12731/2227-930X-2023-13-2-172-196.

4 **Dybskaya, V. V.** Quantum logistics: a new look at optimizing logistics activities in supply chains / V. V. Dybskaya, V. I. Sergeev, I. V. Sergeev // Logistics. – 2024. – No. 5 (210). – P. 42–48.

5 **Dmitriev, A. V.** Ensuring economic security and sustainability of supply chains in the context of digitalization / A. V. Dmitriev, V. V. Shcherbakov // Bulletin of the Management Department of Saint-Petersburg State University of Economics. – 2023. – No. 15. – P. 11–18. – eISSN 2541-951X.

6 **Dmitriev, A. V.** Ensuring economic security when implementing digital technologies in transport logistics / A. V. Dmitriev, V. A. Nos // Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH). – 2024. – Vol. 31. – No. 1. – P. 21–29. – DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2024.1.85.003.

2024. – Т. 31. – № 1. – С. 21–29. – DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2024.1.85.003.

7 О моделях трансформации деятельности логистического оператора / К. А. Годованый, В. В. Зырянов, А. И. Колобов, Э. А. Мамаев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 55–65. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_1_55.

8 **Маколова, Л. В.** Прогнозирование логистических рисков в цепях поставок на основе моделирования процессов / Л. В. Маколова, О. И. Веревкина // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2022. – № 4 (33). – С. 41–47. – ISSN 2415-8658.

9 **Болодурина, И. П.** Применение правил нечеткой логики для анализа данных и принятия решений при управлении грузоперевозками в условиях неопределенности / И. П. Болодурина, Е. А. Спешилов // Вестник ЮУрГУ. – (Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»). – 2023. – Т. 23. – № 2. – С. 52–64. – DOI 10.14529/ctcr230205.

10 Вопросы совершенствования транспортной отрасли в условиях развития подключённых транспортных средств / Д. В. Капский, С. В. Богданович, П. В. Куренков, Н. А. Филиппова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 3. – С. 64–73. – DOI 10.25198/2077-7175-2024-3-64.

11 **Гришкова, Д. Ю.** Анализ логистических рисков в условиях переориентации грузопотоков в восточном направлении / Д. Ю. Гришкова, Н. С. Чигрин // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2024. – № 2 (32). – С. 83–89. – DOI 10.36718/2500-1825-2024-2-83-89.

7 About the models of transformation of the logistics operator's activities / K. A. Godovany, V. V. Zyryanov, A. I. Kolobov, E. A. Mamaev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – № 1. – P. 55–65. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_1_55.

8 **Makolova, L. V.** Forecasting logistics risks in supply chains based on process modeling / L. V. Makolova, O. I. Verevkinina // Transport of the Asia-Pacific Region. – 2022. – No. 4 (33). – P. 42–51. – ISSN 2415-8658.

9 **Bolodurina, I. P.** Application of fuzzy logic rules for data analysis and decision making in cargo transportation management under uncertainty / I. P. Bolodurina, E. A. Speshilov // Bulletin of the South Ural State University. Computer technologies, automatic control, radio electronics” – 2023. – Vol. 23, No. 2. – P. 52–64. – DOI 10.14529/ctcr230205.

10 Issues of transport sector improvement in the context of connected vehicles development / D. V. Kapski, S. V. Bogdanovich, P. V. Kurenkov, N. A. Filippova // Intellect. Innovations. Investments. – 2024. – No. 3. – P. 64–73. – DOI 10.25198/2077-7175-2024-3-64.

11 **Grishkova, D. Yu.** Logistic risks analysis in conditions of cargo flow reorientation in the eastern direction / D. Yu. Grishkova, N. S. Chigrin // Social and economic and humanitarian magazine. – 2024. – No. 2 (32). – P. 83–89. – DOI 10.36718/2500-1825-2024-2-83-89.

V. D. Vereskun, A. N. Guda, E. A. Mamaev

RISK AND RELIABILITY MANAGEMENT METHODS IN TRANSPORT AND LOGISTICS SUPPLY CHAINS

Abstract. The article considers methodological approaches to ensuring reliability and reducing risks in the implementation of transport and logistics supply chains. The article analyzes conceptual approaches to risk assessment and management, risk classification and accounting, and directions for increasing the reliability of transport and logistics chains as multi-agent systems. The article considers different approaches to the formalized representation of reliability models of transport and logistics chains, statistical and dynamic aspects of risk management, and investment attraction models for increasing the reliability of transport and logistics chains as well as statistical and dynamic aspects of risk management, and investment attraction models for increasing the reliability of transport and logistics chains, taking into account the economic attractiveness for agents and the focal company in the chain. The article shows the directions for ensuring reliability and reducing risks in the context of stochastic behavior of agents, the possibility of reserving segments of logistics chains and market variability – the presence of a monopoly, oligopoly and a competitive market.

Keywords: transport and logistics supply chain, logistics and transportation, modeling, optimality of solutions, risk management, reliability of supply chain.

For citation: Vereskun, V. D. Risk and reliability management methods in transport and logistics supply chains / V. D. Vereskun, A. N. Guda, E. A. Mamaev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 4. – P. 153–160. – DOI 10.46973/0201–727X_2024_4_153.

Сведения об авторах

Верескун Владимир Дмитриевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
доктор технических наук, профессор, ректор,
e-mail: vvd@rgups.ru

Гуда Александр Николаевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Информатика»,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой, проректор по научной работе,
e-mail: guda@rgups.ru

Мамаев Энвер Агапашаевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Логистика и управление транспортными системами»,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой,
e-mail: mamaev_enver@mail.ru

Information about the authors

Vereskun Vladimir Dmitrievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Rector of the University,
e-mail: vvd@rgups.ru

Guda Alexander Nikolayevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Computer Science»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Chair, Vice Rector for Scientific Research,
e-mail: guda@rgups.ru

Mamaev Enver Agapashaevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Logistics and Management of Transport Systems»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Chair,
e-mail: mamaev_enver@mail.ru