https://doi.org/10.18503/SMTS-2022-12-2-25-37

ISSN 2949-0952 (Print)

УДК 656.073

СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ХОЛДИНГА

Максимов А.М.[1]*, Кудайберген К.Ж.[2]

[1] Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», ООО «КРАМ», гор. Москва, Россия
[2] ТОО «Greywolf Management», гор. Астана, Республика Казахстан
* Контактное лицо: a.maximov@kram-kon.com
qudaibergenqanat@gmail.com (К.К.Ж.)

Аннотация. Представлены результаты исследований современных проблем транспортно-логистического обеспечения торгово-промышленных предприятий. Изучены основные трудности взаимодействия Заказчика перевозок с исполнителями логистических услуг. Авторами изучены процессы планирования перевозки, выбора транспортно-логистических операторов, контроля хода поставки и итоговых взаиморасчётов с поставщиками и операторами. Сформулированы ключевые риски экономических потерь, возникающие в результате некачественной поставки, которые оказались несоразмерными с ответственностью участников поставки, а также сформулированы подходы к изменениям цепей поставок [1]. Предложены механизмы сценарного моделирования цепочек поставок [2], которые позволяют существенно сократить риски срыва сроков поставки и повысить ответственность исполнителей логистических операций. Приводятся результаты апробации сценарного моделирования в рамках крупного производственного холдинга, что доказывает практическую применимость предлагаемых механизмов.

Ключевые слова: цепочка поставок, транспортно-логистическая система, 4PL-оператор, моделирование цепочек поставок, поставки, точно-в-срок, цифровизация в логистике

© Максимов А.М., Кудайберген К.Ж., 2022

Поступила: 23 ноября 2022; Принята к публикации: 9 декабря 2022; Опубликована: 30 декабря 2022

Для цитирования:
Максимов А.М., Кудайберген К.Ж. Сценарное моделирование цепочек поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга // Недропользование и транспортные системы. 2022. Т.12. №2. С.25–37. https://doi.org/10.18503/SMTS-2022-12-2-25-37

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

https://doi.org/10.18503/SMTS-2022-12-2-25-37

ISSN 2949-0952 (Print)

SCENARIO MODELING OF SUPPLY CHAINS IN THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM OF INDUSTRIAL HOLDING

Andrei Maksimov[1]*, Kanat Kudaibergen[2]

[1] National University of Science and Technology MISIS, KRAM LLC, Moscow, Russia
2 Greywolf Management LLP, Astana, Kazakhstan
* Corresponding: a.maximov@kram-kon.com
qudaibergenqanat@gmail.com (K.K.)

Abstract. The results of studies of modern problems of transport and logistics support for commercial and industrial enterprises are presented. The main difficulties of interaction between the Customer of transportation and the providers of logistics services are studied. The authors studied the processes of transportation planning, selection of transport and logistics operators, control of the delivery progress and final mutual settlements with suppliers and operators. The key risks of economic losses arising from poor-quality delivery, which turned out to be disproportionate to the responsibility of the delivery participants, are formulated, and approaches to changes of supple chains are formulated [1]. Mechanisms for scenario modeling of supply chains [2] are proposed, which can significantly reduce the risks of failure to meet delivery deadlines and increase the responsibility of executors of logistics operations. The results of testing scenario modeling within a large industrial holding are presented, which proves the practical applicability of the proposed mechanisms.

Keywords: supply chain, transport and logistics system, 4PL-operator, supply chain modeling, deliveries, just-in-time, digitalization in logistics

© Maksimov A., Kudaibergen K., 2022

Received: November 23, 2022; Accepted: December 9, 2022; Published: December 30, 2022

For citation:
Maksimov A., Kudaibergen K. Scenario Modeling of Supply Chains in the Transport and Logistics System of Industrial Holding // Subsurface Management and Transportation Systems. 2022, Vol. 12, No. 2, pp. 25-37. https://doi.org/10.18503/SMTS-2022-12-2-25-37

The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Введение

В настоящее время в сфере логистических услуг сложилась ситуация несоответствия между ответственностью исполнителей логистических операторов в цепочке поставок и возникающими потерями Заказчиков поставок [3]. Под Заказчиками поставок понимаются как структурные подразделения любого промышленного холдинга, например, производственная служба, так и какое-либо юридическое лицо в целом, заказывающее поставку того или иного груза в заданные сроки.

Несмотря на рыночные отношения, призванные защищать Заказчика от существенных потерь по вине логистического оператора или поставщика, основные риски срыва сроков несёт на себе именно Заказчик поставки, и у него отсутствует эффективный инструмент управления возникающими рисками [4]. Это наиболее характерно для мультимодальных поставок, которые обеспечиваются не только собственными логистическими ресурсами, но и внешними профессиональными логистическими операторами. В результате у Заказчика поставки, в случае её срыва, увеличиваются риски срыва планов производства и продаж, что приводит к существенным убыткам бизнеса, несопоставимым со штрафными санкциями, предусмотренными договорами с операторами [5]. Однако и эти штрафные санкции на практике сложно получить ввиду множества форс-мажорных ситуаций и причин, на которые ссылается оператор. Судебная практика подобных дел говорит не в пользу пострадавших сторон [6].

Для сокращения случаев срыва производственных и коммерческих планов заказчики вынуждены перестраховываться и заказывать поставки с существенным запасом времени, либо поддерживать у себя высокий уровень запасов товарно-материальных ценностей, что приводит к снижению эффективности использования оборотных средств [3].

2. Актуальность исследования

Наличие высоких требований к временным и качественным параметрам цепочки поставок при наличии дефицита времени на принятие управленческих решений, неполнота, а в отдельных случаях, и недостоверность фактической информации, большое количество факторных признаков, необходимых для адекватной оценки ситуации, качественная и стохастическая неопределённость параметров системы обуславливают тот самый разрыв между причиняемым ущербом от срыва сроков и ответственностью исполнителя. Логистические операторы, находясь в цепочке зависимостей и неопределённости, не готовы нести ответственность за риски своих клиентов [7].

Кроме этого, важным фактором является отсутствие механизма, который бы мотивировал участников цепочки поставок не только к выполнению собственных обязательств в заданные сроки, но и к ускорению поставки в случае её отставаний от заданного графика, сгенерированных предыдущими участниками цепочки [5].

Детальный анализ логистических систем промышленных холдингов показывает, что управление цепочками поставок на основе системы мотивации участников усложняется размытостью функции логистики, так как взаимодействие с участниками цепочек поставок разрозненно и не позволяет планировать и контролировать всю цепочку в целом [8].

Причины возникающих проблем в цепочках поставок предопределяют необходимость использования принципов ситуационного моделирования и рассмотрения модели полной ситуации в транспортно-логистической цепочке поставок. Выработка эффективных решений управления возможна только при комплексной оценке ситуации на основе сравнения целевых и фактических показателей [9].

3. Методы и решения

Модель полной ситуации представляет собой совокупность параметров, описывающих текущее состояние цепочки поставок в виде транспортных узлов и соответствующих переходов между ними, а также целевую ситуацию управления в виде управляющего воздействия договорных обязательств, бонусов и штрафов в рамках реализации одного из вариантов управления цепочкой поставок [9] (**рис. 1**).

Цепочка поставок определяется векторами состояния и возмущения, которым принадлежат статические параметры цепочки поставок и её динамические значения при непосредственном перемещении груза. Для того чтобы динамика поставки между заданными транспортными узлами соответствовала плановым значениям, необходимо оказывать управляющее воздействие, корректирующее ход поставки в процессе её исполнения.

Структура модели полной ситуации может состоять из следующих сущностей [10]:

- множество транспортных узлов, являющихся точками передачи ответственности за товар;
- множество объектов транспортно-логистической сети (складов, транспортных средств, вагонов, путей и так далее);
- множество управляющих воздействий в виде штрафов за задержку и бонусов за ускорения, а также различных административных рычагов и имиджевых рисков;
- множество управляющих решений для исполнения всех необходимых обязательств;
- множество эталонных ситуаций в виде нормативов времени по доставке «точно-в-срок»;
- множество сценариев реализации цепочки поставок в виде возможных отклонений.

Представленная структура ситуационной модели цепочки поставок позволяет комплексно планировать сроки и стоимость как всей цепочки поставок, так и каждого участника. Предполагается, что в результате будет достигнута основная цель транспортно-логистической системы - выполнение поставок «точно-в-срок» на основании реализованного управляющего воздействия (**рис. 2**) [11].

Рис. 1. Модель полной ситуации транспортно-логистической цепочки поставок
Fig. 1. Model of the transport and logistics supply chain's complete situation

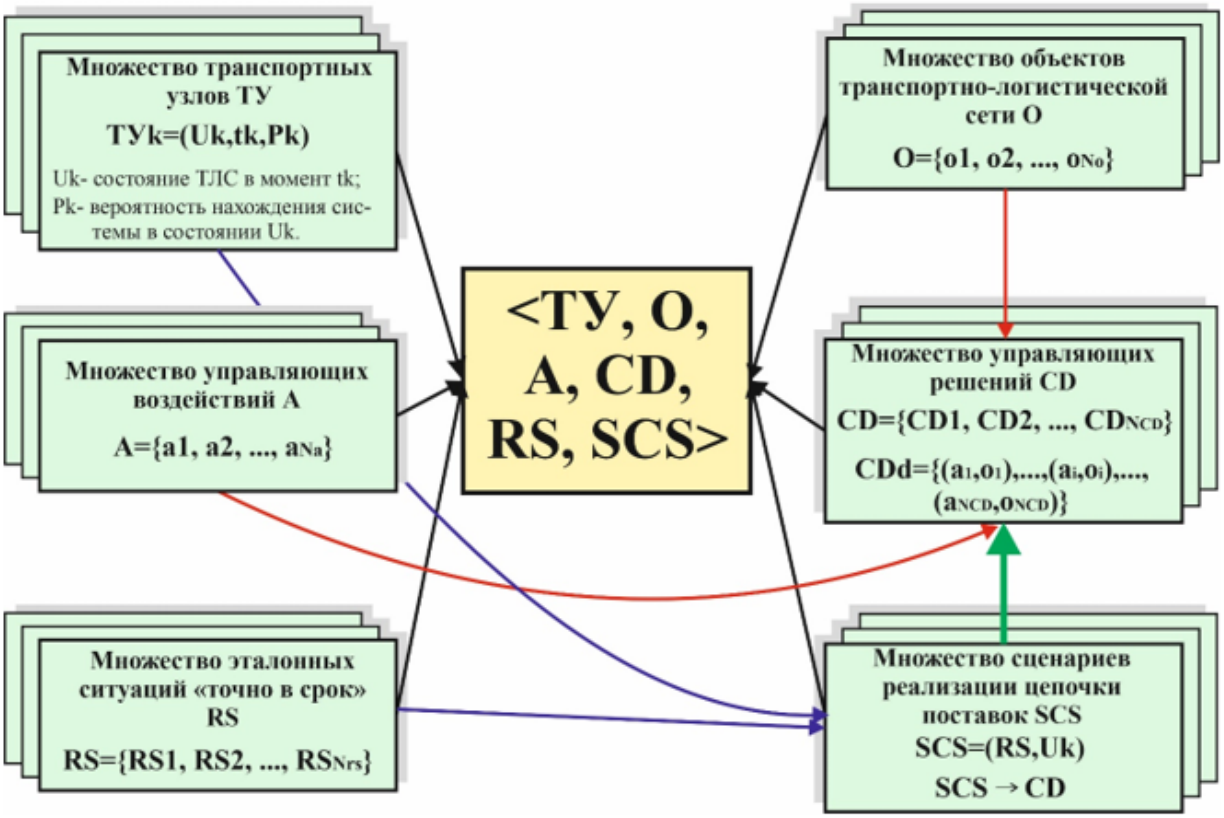

Рис. 2. Ситуационная транспортно-логистическая модель цепочки поставок
Fig. 2. Situational transport and logistics model of the supply chain

В основе ситуационного моделирования цепочки поставок предлагается использовать двухузловую модель. Процедура ситуационного моделирования строится на рассмотрении элементарных двухузловых моделей цепочки поставок, где в качестве основных элементов выступают два транспортных узла и структура взаимосвязей между ними (**рис. 3**).

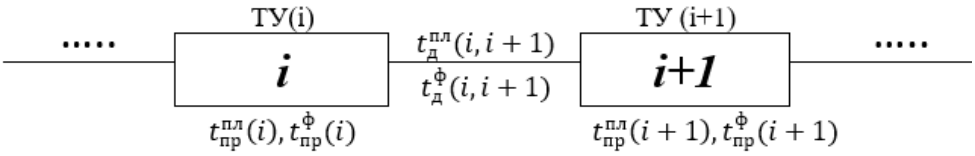

Рис. 3. Элементарная двухузловая модель цепочки поставок
Fig. 3. Elementary two-node supply chain model

Моделирование ситуаций строится на определении планового и фактического времени осуществления поставки [12].

В основу расчёта временных показателей двухузловой модели положена величина отставания/опережения в транспортном узле. Любое управленческое воздействие должно начинаться в процессе перемещения груза из узла *i* в узел *i*+1 и мотивировать ответственный ресурс на доставку груза в узел *i*+1 точно в срок, или, как минимум, на сокращение отставания, возникшее в узле *i* [8].

Наличие исходного множества сформированных ситуационных схем поставок предопределили необходимость реализации процедуры сценарного моделирования справедливой цены в транспортных узлах системы управления цепочками поставок.

На основании полученных временных отклонений появляется возможность расчёта бонуса, который начисляется только в том случае, если оператор уменьшает или устраняет величину отставания в графике поставок, а также расчёта штрафа, в случае возникновения или увеличения отставания относительно планового задания [13].

Например, для всех сценариев реализации цепочки поставок функция **бонуса *B*(*i*)** начисляется только в том случае, если оператор (*i*) уменьшает величину разрыва между отставанием в графике поставки и плановым заданием.

$$B(i) = \begin{cases} 0, t_д^{ф}(i, i+1) > t_д^{пл}(i, i+1) \vee t_{фп}(i+1) > t_{пп}(i+1), \\ > 0,\ t_д^{ф}(i, i+1) < t_д^{пл}(i, i+1) \wedge \Delta t_о(i+1) = 0, \\ > 0,\ t_д^{ф}(i, i+1) < t_д^{пл}(i, i+1) \wedge \Delta t_о(i+1) > 0. \end{cases}$$

Аналогичным образом начисляется и штраф при возникновении отставания.

В качестве примера **сценарного моделирования двухузловой модели цепочки поставок** рассмотрим сценарий «позже-раньше» (**рис. 4**), который является одним из множества возможных сценариев (**рис. 5**).

Анализ временных отклонений в контрольной точке КТ1 (транспортный узел *i*) определят исходное состояние поставки в виде превышения фактического времени над плановым и характеризует её исходным параметром «позже» [14], что инициирует формирование бонусного фонда от предыдущих участников поставки и мотивирует действующего текущего оператора на сокращение отставания.

В результате исполнения поставки произошла реализация сценария «позже-раньше», в ходе которого было сокращено отставание, зафиксированное в первом транспортном узле *i*. Дополнительно достигнуто ускорение относительно планового времени поставки в транспортном узле *i*+1. В такой ситуации бонус начисляется только на время сокращения отставания от планового задания за счёт штрафа, взымаемого с участника цепочки поставок, сгенерировавшего отставание. Однако при этом бонус не начисляется на время ускорения, которое позволило доставить груз в КТ2 раньше планового срока. Данный метод начисления бонуса за ускорение поставки и штрафа за замедление поставки можно назвать справедливой ответственностью за исполнение сроков поставки в рамках каждой двухузловой модели. Величину самого штрафа за каждый день или час отставания поставки назначает Заказчик перевозки, чем и генерирует справедливую ответственность формируя величину штрафа за возможное отставание и влияя на стоимость перевозки, которая связана с величиной штрафа. Чем выше ответственность, тем более надёжные, а значит и дорогостоящие участники будут являться исполнителями логистических услуг [9].

Анализ результатов более 1000 поставок в рамках промышленного холдинга АО «НАК «Казатомпром» позволил авторам статьи определить интегральную функцию распределения вероятности реализации (позже – раньше – точно-в-срок) поставки от величины отклонения (нижний график на **рис. 4**).

Оценку вероятности реализации цепочки поставок в работе предлагается осуществить посредством расчёта интегральной функции распределения, исходя из следующих соотношений $F(X) = P(t_{дост} < t)\ \forall\ t \in (t_{пл}(КТ2); t_ф(КТ2) \cup P(t_{min}<t<t_{max}) = F(t_{max}) - F(t_{min})$ [18].

Например, в текущей поставке анализ отклонения в первом транспортном узле *i* на 15 часов позволяет оценить вероятность поставки «точно-в-срок» на уровне 35%. При этом вероятность ускорения поставки оценивается на уровне 15%, а вероятность срыва планового срока в 50% (**рис. 4**). Данные показатели основываются на анализе статистики поставок. В перспективе, полученные вероятности могут стать основой решений по управлению рисками. В рассматриваемом примере полученные вероятности позволяли согласовывать возможные срывы с клиентом заранее, а не по факту их возникновения, что является одним из условий высокого уровня логистического сервиса.

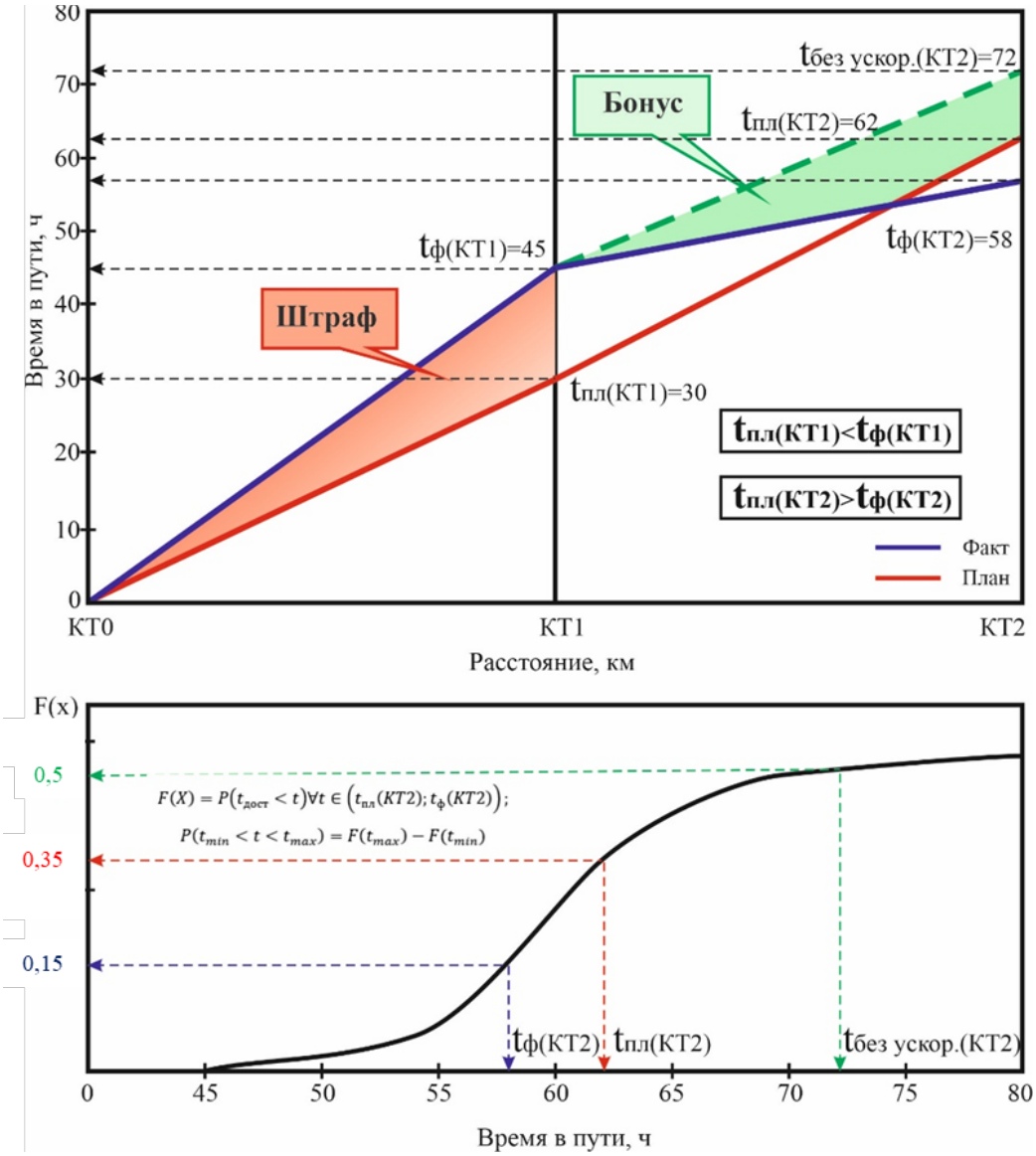

Рис. 4. Формирование сценариев и интегральной функции вероятности $F(x)$ реализации цепочки поставки на ТУ(i) и ТУ(i+1) (вариант ($\Delta t_n(i)>0 \wedge \Delta t_o(i+1)>0$), пример ситуации «позже – раньше»)

Fig. 4. Formation of scenarios and the integral probability function F(x) of the supply chain implementation at ТУ(i) and ТУ(i+1) (option ($\Delta t_n(i)>0 \wedge \Delta t_o(i+1)>0$), an example of the situation "later-before")

Аналогичное моделирование происходит для всех других возможных сценариев двухузловой цепочки поставок (**рис. 5**).

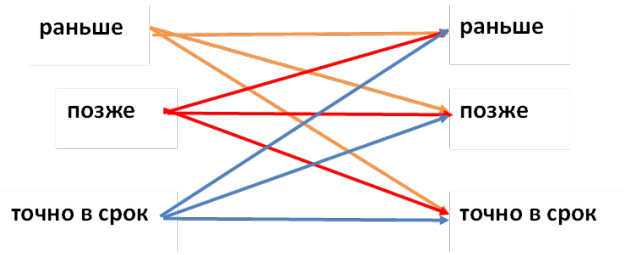

Рис. 5. Возможные сценарии реализации двухузловой цепочки поставок

Fig. 5. Possible scenarios for implementing a two-node supply chain

Разработанная модель была апробирована в рамках существующей цепочки поставок торгово-транспортной компанией (ТТК), осуществляющей закупку и поставку серной кислоты для рудников подземного скважинного выщелачивания (дочерних и совместных предприятий). Доставка продукции находится в зоне ответственности ТТК, поэтому на компанию возлагается вся ответственность за сроки доставки, а следовательно, и все взаимодействия с различными участниками цепочки поставок. Доставка серной кислоты осуществлялась по схеме, представленной на **рис. 6**.

Рис. 6. Укрупнённая схема доставки серной кислоты на рудники подземного скважинного выщелачивания
Fig. 6. General scheme for the delivery of sulfuric acid to the mines of in-situ leaching

До настоящего времени ТТК осуществляла мониторинг только финальных сроков доставки груза. Маршрут от поставщика до перевалочной базы ТТК считался одним участком и контролировался «котловым» образом, без разделения маршрута на более детальные участки (**рис. 7**). В результате постоянно срывались сроки доставки серной кислоты на рудники, и возникла объективная необходимость более детального контроля за нахождением груза в пути. Ключевыми задачами являлись сокращение штрафных санкций со стороны рудника и снижение рисков срыва производства, поскольку серная кислота является необходимым компонентом процесса добычи урана.

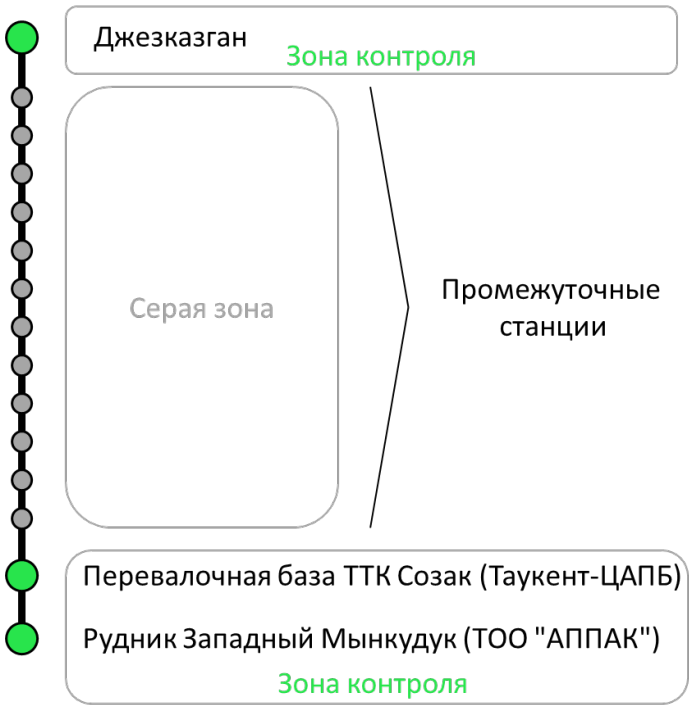

Рис. 7. Схема процесса доставки серной кислоты до внедрения модели
Fig. 7. Scheme of the sulfuric acid delivery process before the implementation of the model

Для решения поставленных задач было решено произвести дробление маршрута доставки на двухузловые маршруты (**рис. 8**) и установить нормативные сроки прохождения этих маршрутов [15].

В последующем, в результате контроля сроков прохождения участков были выявлены железнодорожные станции, где время нахождение груза превышало нормативные значения. Кроме того, наиболее проблемные участки были раздроблены на ещё более детальные двухузловые маршруты, что позволило контролировать прохождение груза уже по 18-и контрольным точкам (**табл. 1**) [15].

Для определения местонахождения груза в каждой точке маршрута были использованы следующие данные [16]:

- дата отгрузки серной кислоты поступала от продавца посредством электронной почты;
- даты прибытия и отбытия с железнодорожных станций из общедоступной информационной системы перевозчика, позволяющей контролировать местонахождения вагонов;
- даты поступления груза на перевалочную базу ТТК из информационной системы контроля поступающих грузов;
- даты поступления груза на рудник после внесения данных с грузовых накладных (см. **рис. 6**).

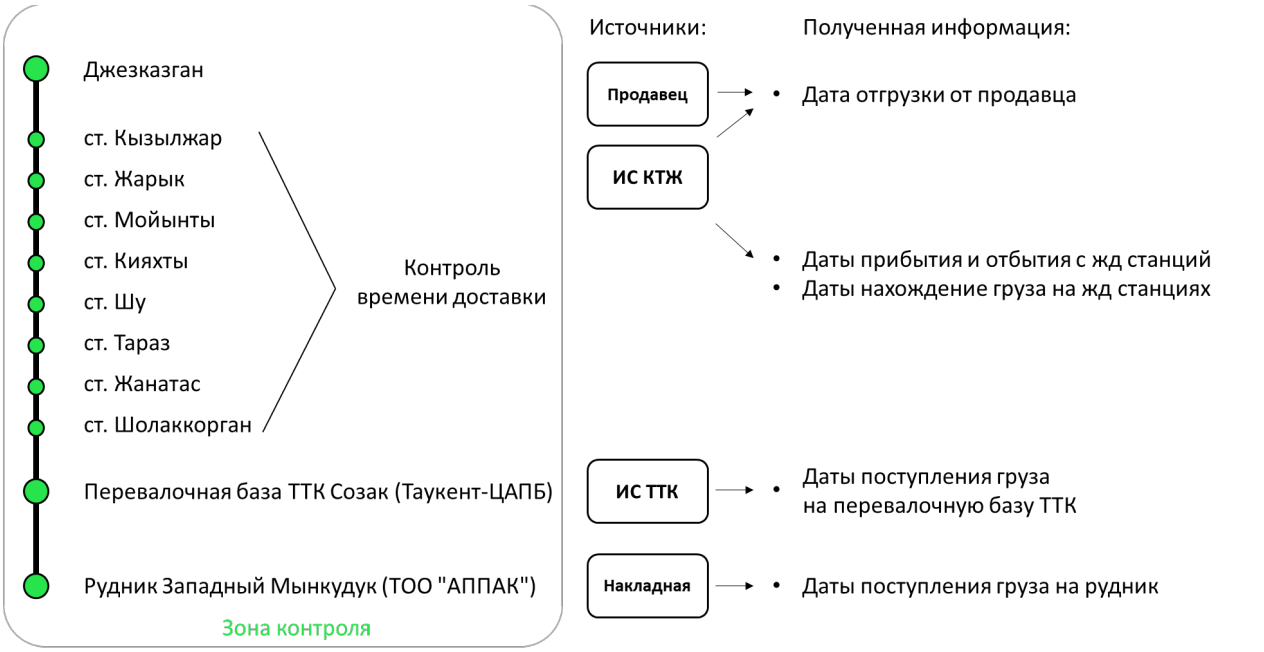

Рис. 8. Схема цепочки поставок с разделением по участкам маршрута
Fig. 8. Scheme of the supply chain with division by route sections

Контроль времени доставки на железнодорожных станциях и в остальных контрольных точках осуществлялся на принципах ситуационного моделирования поставки в рамках двухузловой модели. Оценивалось время отставания в первом узле (узел *i*) и инициировались мотивационные воздействия для сокращения отставания при поступлении груза во второй узел (узел *i*+1) [10].

Сокращение времени поставки было достигнуто в результате включения в договоры штрафных санкций за срывы сроков отгрузок, а также усиления контроля:

- времени отгрузки продавцом [17];
- нахождения груза при движении между железнодорожными станциями по номерам вагонов и возможностей ускорения задерживающихся вагонов;
- движения вагонов к ближайшей от отправки станции;
- времени поступления груза на перевалочную базу ТТК по номерам вагонов;
- времени доставки груза на рудник.

Мотивационное воздействие было возможно в рамках финансовой ответственности, включённой в договоры с участниками цепочки поставок [17], а также в рамках административной мотивации структур железной дороги. Это стало возможным после контроля перемещений грузов со стороны одним из руководителей железной дороги Казахстана (КТЖ). Данный контроль инициирован отправленным письмом со стороны руководителя Холдинга в адрес КТЖ с обозначением значимости перевозимых грузов. В результате данных воздействий было достигнуто как сокращение уже возникших отставаний, так и предотвращение потенциальных.

4. Полученные результаты

В результате использования сценарного моделирования срок доставки серной кислоты был значительно снижен. Среднее время в пути на исследуемом участке сократилось на 47.32 часа и составило 313.78 часа (**табл. 1**).

Кроме этого, произведена структуризация маршрутов в рамках всей цепочки поставок согласно коэффициенту изменения длительности поставок для различных параметров планового времени (**табл. 2**, **3**). В данных таблицах показано распределение 18 двухузловых маршрутов по двум критериям: плановое время движения по маршруту и коэффициент изменения длительности поставок [18, 19].

Коэффициент изменения длительности поставок показывает среднюю долю фактических задержек относительно планового времени. В **табл. 1** значения этого коэффициента представлены в столбцах $\overline{К_{изм.k}}$, как до внедрения модели, так и после. Соответственно, чем больше плановая длительность маршрута и выше коэффициент изменения длительности, тем больший потенциал содержится внутри этого маршрута для сокращения отставания цепочки поставок в целом [17].

Как видно из таблиц, в результате применения ситуационного моделирования, множество маршрутов сместились по шкале коэффициента изменения длительности от больших значений, к меньшим. Например, маршрут №8 (Мойынты – Кияхты), характеризующийся большой длительностью, переместился из зоны коэффициента 1.2–1.4 в зону <1. Сравнение результатов, представленных в **табл. 3** с данными **табл. 2** показывают улучшения по большинству маршрутов.

Таблица 1. Результаты моделирования временных показателей двухузловых маршрутов цепочки поставок
Table 1. Results of the timing of two-node supply chain routes modeling

№	Двухузловой маршрут цепочки поставок		Расстояние, км	Плановая длительность, час	До внедрения модели		После внедрения модели		Изменение $\overline{\Delta_k}$
					$\overline{К_{изм.k}}$*	$\overline{\Delta_k}$**	$\overline{К_{изм.k}}$*	$\overline{\Delta_k}$**	
1	ст. Джезказган	ст. Кызылжар	164	22.0	1.48	10.52	1.41	8.96	1.56
2	ст. Кызылжар	ст. Жомарт	47	5.2	1.42	2.16	1.21	1.08	1.08
3	ст. Жомарт	ст. Атасу	68	7.5	1.49	3.70	1.21	1.54	2.16
4	ст. Атасу	ст. Жанаарка	48	5.3	1.26	1.38	1.26	1.38	0.00
5	ст. Жанаарка	ст. Жарык	91	10.0	1.60	6.00	1.10	0.96	5.04
6	ст. Жарык	ст. Акадыр	78	8.7	1.47	4.10	1.11	0.94	3.16
7	ст. Акадыр	ст. Мойынты	137	15.3	1.39	5.90	1.21	3.14	2.76
8	ст. Мойынты	ст. Кияхты	334	70.0	1.25	17.68	1.07	4.96	12.72
9	ст. Кияхты	ст. Берлик I	104	24.1	1.33	7.94	1.20	4.70	3.24
10	ст. Берлик I	ст. Шу	8	1.9	1.20	0.38	1.20	0.38	0.00
11	ст. Шу	ст. Луговая	115	15.9	1.40	6.34	1.21	3.26	3.08
12	ст. Луговая	ст. Тараз	117	16.1	1.34	5.50	1.13	2.14	3.36
13	ст. Тараз	ст. Асса	32	6.1	1.08	0.50	1.08	0.50	0.00
14	ст. Асса	ст. Каратау	58	11.1	1.48	5.38	1.21	2.38	3.00
15	ст. Каратау	ст. Актаутас	20	3.8	1.19	0.72	1.19	0.72	0.00
16	ст. Актаутас	ст. Жанатас	67	12.9	1.21	2.70	1.21	2.70	0.00
17	ст. Жанатас	ст. Шолаккорган	55	12.0	1.40	4.84	1.40	4.84	0.00
18	ст. Шолаккорган	Рудник	386	20.0	1.37	7.36	1.06	1.20	6.16
Итого (суммарная плановая длительность всей поставки, $Т_{пл} = \sum_{k=1}^{k=K} t_{норм.nk}$, час):				268.0					
Средний коэффициент изменения длительности поставок $n = \overline{1,N}$ (N=25) по всем маршрутам $k = \overline{1,K}$ (K=18) $\overline{К_{изм}} = \frac{\sum_{k=1}^{k=K}\sum_{n=1}^{n=N}\frac{t_{фnk}}{t_{норм.nk}}}{K}$:					1.35		1.17		
Суммарная величина средних отклонений длительности поставок по всем маршрутам $k = \overline{1,K}$ (K=18) цепочки $\overline{\Delta_{сум}} = \sum_{k=1}^{k=K}\overline{\Delta_k}$:						93.1		45.78	47.32
Суммарное фактическое время цепочки поставок $n = \overline{1,N}$ (N=25) по всем маршрутам $k = \overline{1,K}$ (K=18) $Т_ф = Т_{пл} + \overline{\Delta_{сум}}$:						361.1		313.78	

*Коэффициент изменения длительности поставок $n = \overline{1,N}$ (N=25) на маршруте $k = \overline{1,K}$ (K=18)

$$\overline{К_{изм.k}} = \sum_{n=1}^{n=N}\frac{t_{фnk}}{t_{норм.nk}},$$

где $t_{фnk}$ – фактическое время длительности поставки n на маршруте k;

$t_{норм.nk}$- нормативное (плановое) время поставки n на маршруте k;

N – количество исследуемых поставок по маршруту k.

**Отклонение длительности поставок $n = \overline{1,N}$ (N=25) на маршруте $k = \overline{1,K}$ (K=18)

$$\overline{\Delta_k} = \sum_{n=1}^{n=N}\left(t_{фnk} - t_{норм.nk}\right).$$

Таблица 2. Распределение маршрутов относительно коэффициента изменения длительности поставок для различных параметров планового времени (до внедрения модели)

Table 2. Distribution of routes relative to the coefficient of change in the duration of deliveries for various planned time parameters (before the model implementation)

Коэффициент изменения длительности поставок по маршруту	Плановое время цепочки поставок по маршруту, час			
	>=20	[15-20)	[7–15)	<7
>= 1,4	1	7, 11, 14	3, 5, 6, 17	2
[1,2-1,4)	8, 9	18, 12	16	4, 10
[1,1-1,2)				15
<1,1				13

Таблица 3. Распределение маршрутов относительно коэффициента изменения длительности поставок для различных параметров планового времени (после внедрения модели)

Table 3. Distribution of routes relative to the coefficient of change in the duration of deliveries for various planned time parameters (after the model implementation)

Коэффициент изменения длительности поставок по маршруту	Плановое время цепочки поставок по маршруту, час			
	>=20	[15-20)	[7–15)	<7
>= 1,4	1		17	
[1,2-1,4)		7, 11, 14	3, 16	4, 10
[1,1-1,2)	9	12	5, 6	2, 15
<1,1	8	18		13

Результаты анализа существующих рисков позволили установить следующие причины их возникновения:

- задержки и неравномерность поставок кислоты;
- дефицит кислоты на рудниках;
- невыполнение основных показателей производства;
- приобретение кислоты у соседних предприятий по завышенным ценам;
- ускорение поставок за дополнительную плату (до 30% от плановой стоимости поставки);
- перепростои железнодорожных вагонов в ожидании выгрузки на перевалочных базах ТТК и оплата штрафов за превышение нормы простоя (каждый пятый вагон, поставляемый на перевалочную базу, превышал норму нахождения на выгрузке).

Реализация предлагаемой модели позволяет сократить все перечисленные риски. Суммарная экономия от внедрения предлагаемого метода планирования и контроля составила 28 млн уе. в год, без учёта рисков снижения объёмов производства в случае возникновения дефицита кислоты на руднике.

Для итогового и комплексного анализа достигаемых изменений в цепочке поставок были использованы два параметра (**рис. 9**):

1. Стабильность – средняя величина временных отклонений в рамках двухузлового маршрута в течение определённого интервала времени;
2. Точность – доля поставок «точно-в-срок» от общего числа поставок в рамках двухузлового маршрута в течение определённого интервала времени.

Параметр «точность» наиболее эффективен для отражения системных регулярных отклонений фактического времени от планового. Тогда как значение параметра «стабильность» зависит от существенных абсолютных отклонений фактического времени от планового.

Таким образом, только комплексное рассмотрение изменений этих двух параметров позволяют сделать однозначный вывод о качественном изменении состояния двухузлового маршрута [8].

До применения ситуационного моделирования с системой мотивации, основанной на бонусах и штрафах, только три двухузловых маршрута из восемнадцати имели удовлетворительные значения по двум параметрам «точность» и «стабильность». По результатам моделирования были получены значительные улучшения этих параметров для большинства двухузловых маршрутов, что наглядно отражено на диаграмме «точность-стабильность» (**рис. 9**) после внедрения модели. Только по двум маршрутам №1 и №17 не были достигнуты желаемые результаты. Это позволяет сделать вывод, что подобные маршруты выходят за область допустимых целевых значений моделирования и требуют дополнительного анализа причин и специфических управленческих воздействий.

5. Заключение

В результате проведённых исследований сформированы основные этапы механизма ситуационного управления цепочками поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга.

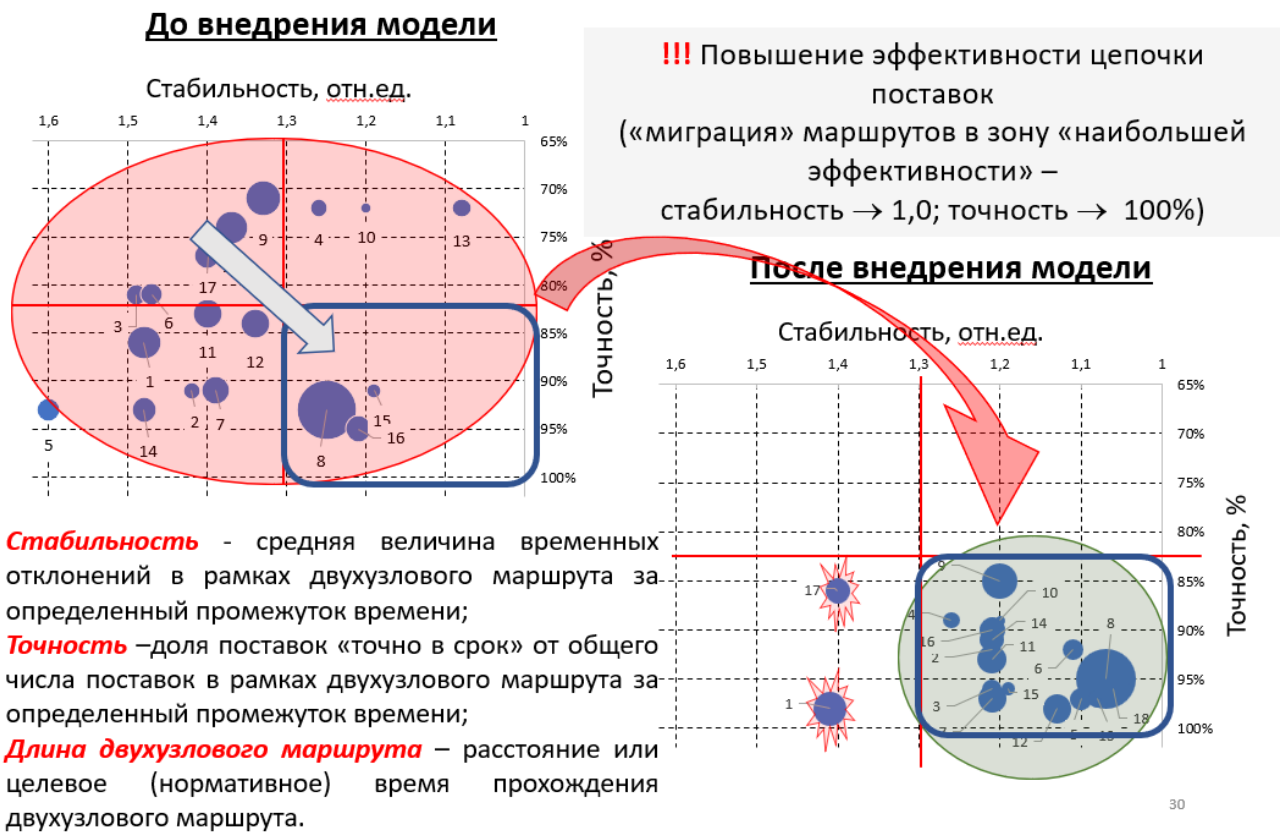

Рис. 9. Диаграммы параметров «точность» и «стабильность» двухузловых маршрутов цепочки поставок до внедрения и после внедрения разработанной модели

Fig. 9. Diagrams of parameters “accuracy” and “stability” of two-node supply chain routes before and after the developed model implementation

Разработан механизм ситуационного управления цепочками поставок в транспортно-логистической системе промышленного холдинга, основанный на

- воспроизводстве режимов, условий функционирования и контроле статуса поставок в транспортно-логистической системе;
- определении уровня индивидуальной ответственности каждого участника транспортно-логистического процесса [6];
- сценарном моделировании множества возможных ситуаций, возникающих в транспортных узлах;
- системе бонусов и штрафов за потенциальное ускорение и возможные срывы сроков поставок.

Список литературы

1. Водянова В., Заичкин Н., Ермаков И., Кузьминых С. Оценка задержки движения грузов в транспортных коридорах национальной логистической системы // Логистика. 2021. № 3. С. 30–34.
2. Бажина Д.Б., Лукинский В.С., Николаевский Н.Н. Имитационное моделирование цепей поставок на основе системной динамики // Логистика и управление цепями поставок. 2020. № 1. С. 47–56.
3. Линёва О.Н. Солнце взойдёт, и будут всходы. Оценка эффективности функционирования логистических систем // Российское предпринимательство. 2008. № 6–1. С. 21–23.
4. Никишов С.И. Анализ надёжности логистического провайдера на основе аппарата теории нечётких множеств // Риск: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2019. № 4. С. 19–23.
5. Сергеев В. И., Кокурин Д. И. Применение инновационной технологии «Блокчейн» в логистике и управлении цепями поставок // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 2. С. 125. https://www.doi.org/10.18334/ce.12.2.38833.
6. Гвилия Н.А. Модели организации логистики корпораций в шеринг-экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2020. № 2. С. 152–157.
7. Мартынович Н.В. Проблема рисков при построении глобальных цепей поставок // Цифровая наука. 2021. № 1. С. 17–22.

8. Мандрыкин А.В. П. Ю. Модель организации и управления логистическими системами // Экономинфо. 2020. Т. 17. № 1. С. 61–66.
9. Сергеев В.И., Дутиков И.М. Цифровое управление цепями поставок: взгляд в будущее // Логистика и управление цепями поставок. 2017. № 2. С. 87–97.
10. Ермаков А.А. Имитационное моделирование для принятия решений в логистике // Актуальные исследования. 2021. № 17. С. 9–11.
11. Борзова А.С., Львович Я.Е., Муха В.В. Многокритериальное моделирование выбора варианта структуры управления логистическим процессом в организационной системе // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021. Т. 9. № 1.
12. Eltantawy R. A., Fox G. L., Giunipero L. Supply management ethical responsibility: reputation and performance impacts // Supply Chain Management: An International Journal. 2009. Vol. 14. No. 2. pp. 99–108. https://www.doi.org/10.1108/13598540910941966.
13. Сковородников О.Г. Цифровая трансформация логистики: шаг бизнеса в будущее // Логистика сегодня. 2020. № 4. С. 260–264.
14. Волков В.Д. Формирование метамодели цифровой логистики // Риск: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2021. № 1. С. 16–23.
15. Дмитриев А.В. Развитие цифровых платформ транспортно-логистического обслуживания // Логистические системы в глобальной экономике. 2020. № 10. С. 125-129.
16. Dmitriev A.V. Digital Technologies of Transportation and Logistics Systems Visibility // Strategic decisions and risk management. 2019. No. 1. pp. 20–26. https://www.doi.org/10.17747/2618-947X-2019-1-20-26.
17. Маслов Е.С. Разработка методов управления транспортно-экспедиционной деятельностью на основе интеллектуальных информационных технологий: дис. … канд. техн. наук: 05.22.01, Российский университет транспорта РУТ (МИИТ). Москва. 2019. 158 с.
18. Зайцев Е. И., Парфенов А. В., Уваров С. А. Процессная модель формирования цепей поставок // Логистика и управление цепями поставок. 2012. № 2. С. 5-14.
19. Kvitko K. B. Structural and Logical Model of Transport Cluster // Modern Transportation Systems and Technologies. 2021. Vol. 7. No. 4. pp. 76-89. https://www.doi.org/10.17816/transsyst20217476-89.

References

1. Vodianova V., Zaichkin N., Ermakov I., Kuzminykh S. 2021. Assessment of the delay in the movement of cargo in the transport corridors of the national logistics system. *Logistics,* No. 3, pp. 30–34. (In Russ.).
2. Bazhina D.B., Lukinskiy V.S., Nikolaevskiy N.N. 2020. Simulation Modeling of Supply Chain Using System Dynamic. *Logistics and supply chain management,* No. 1, pp. 47–56. (In Russ.).
3. Lineva O.N. 2008. The Sun will Rise and there will be Shoots. Evaluation of the Functioning of Logistics Systems Effectiveness. *Russian Journal of Entrepreneurship,* No. 6-1, pp. 21–23. (In Russ.).
4. Nikishov S.I. 2019. Logistics Provider Reliability Analysis Based on the Apparatus of the Theory of Fuzzy Sets. *RISK: Resources, Information, Supply, Competition,* No. 4, pp. 19–23. (In Russ.).
5. Sergeev V.I. and Kokurin D.I. 2018. Application of Innovative Technology “Blockchain” in Logistics and Supply Chain Management. *Journal of Creative Economy*, Vol. 12, No. 2, p. 125. (In Russ.).
6. Gviliya N.A. 2020. Corporate Logistics Models in Sharing Economy. *Izvestiâ Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo èkonomičeskogo universiteta,* No. 2, pp. 152–57. (In Russ.).
7. Martynovich N.V. 2021. The Problem of Risks in Building Global Supply Chains. *Digital Science,* No. 1, pp. 17–22. (In Russ.).
8. Mandrykin A.V., P. Y. 2020. Organization Model and Logistic System Management. *Econominfo*, Vol. 17, No. 1, pp. 61–66. (In Russ.).
9. Sergeev V.I. and Dutikov I.M. 2017. Digital Supply Chain: Looking into the Future. *Logistics and supply chain management,* No. 2, pp. 87–97. (In Russ.).
10. Ermakov A.A. 2021. Simulation Modeling for Decision-Making in Logistics. *Current Research,* No. 17, pp. 9–11. (In Russ.).
11. Borzova A.S., Lvovich Y.E. and Mukha V.V. 2021. Multicriteria Choice Modeling of a Variant of the Logistic Process Management Structure in the Organizational System. *Modeling, Optimization and Information Technology*, Vol. 9, No. 1. (In Russ.).
12. Eltantawy, R. A., Fox, G. L. and Giunipero, L. 2009. Supply management ethical responsibility: reputation and performance impacts. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 14, No. 2, pp. 99–108.
13. Skovorodnikov O.G. 2020. Digital Transformation of Logistics: A Business Step into the Future. *Logistics Today,* No. 4, pp. 260–64 (In Russ.).
14. Volkov V.D. 2021. Formation of the Metamodel of Digital Logistics. *RISK: Resources, Information, Supply, Competition,* No. 1, pp. 16–23. (In Russ.).

15. Dmitriev A.V. 2020. Development of Digital Transport and Logistics Service Platforms. *Logistics systems in the global economy,* No. 10, pp. 125–29. (In Russ.).
16. Digital Technologies of Transportation and Logistics Systems Visibility. 2019. *Strategičeskie rešeniâ i risk-menedžment,* No. 1, pp. 20–26. (In Russ.).
17. Maslov E.S. 2019. Development of Management Methods for Forwarding Activities Based on Intelligent Information Technologies. PhD Thesis, Russian University of Transport (MIIT). (In Russ.).
18. Zaitsev E. I., Parfenov A. V., Uvarov S. A. 2012. Process Model of Supply Chain Formation. *Logistics and supply chain management,* No. 2, pp. 5–14. (In Russ.).
19. Kvitko K.B. 2021. Structural and Logical Model of Transport Cluster. *Modern Transportation Systems and Technologies*, Vol. 7, No. 4, pp. 76–89. (In Russ.).