

УДК 656.073.26

Разработка методики переработки контейнеропотоков на основе языка транспортно-логистических объектов

Е. А. Кайкина, А. В. Новичихин

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Кайкина Е. А., Новичихин А. В. Разработка методики переработки контейнеропотоков на основе языка транспортно-логистических объектов // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2026. Т. 23. Вып. 2. С. 381–390. DOI: 10.20295/1815-588X-2026-2-381-390

Аннотация

Цель: повышение эффективности функционирования транспортно-логистического центра на основе разработки методики формирования оптимального плана переработки контейнеропотоков. **Методы:** системный анализ транспортно-логистических операций, математическое моделирование вариантов переработки контейнеропотоков, метод многокритериальной оптимизации по выбранным критериям. **Результаты:** разработаны методические основы языка транспортно-логистических объектов, построена структурная модель транспортно-логистического центра, предложена математическая постановка задачи оптимизации переработки контейнеропотока в условиях транспортно-логистического центра, усовершенствован алгоритм переработки контейнеропотоков, выполнено моделирование вариантов переработки и определен оптимальный. **Практическая значимость:** внедрение предложенной методики в процесс планирования переработки контейнеропотоков позволит повысить перерабатывающую способность транспортно-логистического центра.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, транспортно-логистический центр, язык транспортно-логистических объектов, алгоритм, контейнеропоток

Введение

В условиях растущего контейнеропотока ключевым недостатком функционирования современных транспортно-логистических центров (далее — ТЛЦ) является ограниченная перерабатывающая способность инфраструктуры [1]. В связи с этим увеличивается время выполнения операций с грузами, растут эксплуатационные затраты, а также повышается риск возникновения задержек в процессе переработки контейнеропотоков [2]. Возникает необходимость совершенствования методов управления функционированием ТЛЦ для обеспечения устойчивости технологического процесса переработки контейнеропотоков в условиях взаимодействия различных видов транспорта.

Вопросу повышения эффективности функционирования транспортно-логистической системы, организации мультимодальных перевозок, а также совершенствования терминально-складского комплекса посвящены труды отечественных и зарубежных научных исследователей.

В работе О. Б. Маликова рассмотрены особенности функционирования транспортно-логистических систем и терминально-складской инфраструктуры [3], особенности взаимодействия железнодорожного транспорта при мультимодальных перевозках представлены в работах А.С. Балалева и Р.Г. Леонтьева [4]. В исследованиях С.Ю. Елисеева рассматриваются вопросы

построения и оптимизации международных транспортно-логистических систем на основе системного анализа [5]. Е.К. Коровяковским рассмотрены проблемы развития транспортно-логистических центров на железнодорожном транспорте [6]. В исследованиях зарубежных авторов Н.-О. Günther и К.Н. Kim освещены вопросы управления транспортно-логистическими операциями при применении количественных методов организации работы контейнерных терминалов [7]. В более современных работах авторов В.А. Weerasinghe, Н.Н. Perera, Х.Ваі рассмотрено исследование транспортно-логистических операций и многокритериальной оптимизации процессов функционирования контейнерных терминалов [8]. В исследованиях Н. Yu проведен анализ подходов к управлению операциями в условиях автоматизации контейнерных терминалов [9].

Однако существующие методы в недостаточной степени учитывают интегрирование логистических объектов, взаимодействие и взаимосвязи их технологических процессов на ТЛЦ при построении вариантов переработки контейнеропотоков.

Таким образом, задачей исследования является разработка методики переработки контейнеропотоков на основе языка транспортно-логистических объектов и определение критериев для оптимизации планирования работы ТЛЦ.

Ранее авторами был проведен анализ транспортно-логистического комплекса страны, выявлены основные направления повышения эффективности работы ТЛЦ [10], на основе которых была сформулирована концепция совершенствования функционирования ТЛЦ [11], и предложено совершенствование укрупненной схемы системы управления региональным транспортно-логистическим комплексом (далее — ТЛК) [11].

Математическая постановка задачи оптимизации переработки контейнеропотоков на ТЛЦ

В условиях функционирования ТЛЦ скорость и показатели эффективности переработки контейнеропотока зависят от параметров работы, изменяющихся в процессе выполнения операций. Сформулируем математическую постановку задачи оптимизации технологического процесса для выявления оптимального варианта переработки грузов, прибывающих на ТЛЦ.

Пусть дано $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ — множество контейнеропотоков, перерабатываемых на ТЛЦ, каждый из которых характеризуется объемом контейнеропотока в Q_x ДФЭ. Оптимизирование технологического процесса переработки контейнеропотоков на ТЛЦ предлагается на основе следующих критериев:

1. Время нахождения ($T_{x,i,j}$) контейнеропотока на ТЛЦ при выполнении операции i , на пункте j ТЛЦ при выбранном варианте переработки V :

$$T(V) = \sum_x^X \sum_i^D \sum_j^E T_{x,i,j} \longrightarrow \min,$$

$$i \in D; j \in E; x \in X,$$

где $V = \{v_1, v_2, \dots, v_o\}$ — множество вариантов переработки контейнеропотока на ТЛЦ;

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ — множество технологических операций, выполняемых в процессе переработки контейнеропотока на ТЛЦ;

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ — множество объектов инфраструктуры ТЛЦ, в условиях которых выполняется операция.

2. Затраты ($C_{x,i,j}$) на переработку контейнеропотока при выполнении операции i , на пункте ТЛЦ — j при варианте V :

$$C(V) = \sum_x^X \sum_i^D \sum_j^E C_{x,i,j} \longrightarrow \min.$$

3. Производительность ТЛЦ $P(V)$ при переработке контейнеропотока X объемом Q_x

в процессе выполнения операции i , на пункте ТЛЦ — j за время T :

$$P(V) = \frac{\sum_x Q_x}{\sum_x \sum_i \sum_j T_{x,i,j}} \rightarrow \max.$$

4. Риск возникновения задержки $R(V)$

в процессе переработки контейнеропотоков на ТЛЦ (по т. Байеса [12]).

Данный параметр необходим для учета неравномерности поступления контейнеропотоков, ограниченности инфраструктуры и возможных отказов погрузо-разгрузочных механизмов (далее ПРМ):

$$R(V) = P(V | U_w) = \frac{P(V) \cdot \prod_{w=1} P(V | U_w)}{P(U_w)} \rightarrow \min,$$

где V — выбранный вариант переработки контейнеропотока;

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_w\}$ — множество факторов, влияющих на процесс переработки контейнеропотока;

$P(V)$ — априорная вероятность варианта V ;

$P(V | U_w)$ — условная вероятность фактора U_w при варианте V ;

$\prod_{w=1} P(V | U_w)$ — произведение вероятностей всех факторов при данном варианте;

$P(U_w)$ — вероятность наблюдения данного набора факторов.

Тогда задача оптимизации переработки контейнеропотока на ТЛЦ может быть представлена в виде многокритериальной функции:

$$F(V) = \{\min T(V); \min C(V); \min P(V); \min R(V)\}.$$

Требуется сформировать варианты работы ТЛЦ с контейнеропотоками при учете существующих ограничений:

1. Ограничение перерабатывающей способности ТЛЦ:

$$Q(V) \leq Q^{\max},$$

где $Q(V)$ — объем перерабатываемого контейнеропотока по варианту V ;

Q^{\max} — максимальная перерабатывающая способность ТЛЦ.

2. Количество ПРМ:

$$N(V) \leq N^{\text{общ}},$$

где $N(V)$ — количество задействованных ПРМ при переработке контейнеропотока по варианту V ;

$N^{\text{общ}}$ — общее количество ПРМ на ТЛЦ.

3. Ограничение вместимости контейнерной площадки:

$$S(V) \leq S^{\max},$$

где $S(V)$ — площадь контейнерной площадки, используемая при переработке контейнеропотока по варианту V ;

S^{\max} — максимальная вместимость контейнерной площадки.

Таким образом, сформулированная математическая задача оптимизации переработки контейнеропотока на ТЛЦ заключается в формировании вариантов технологических операций с контейнерами и выбора среди них наиболее эффективного по заданным критериям.

Методические основы языка транспортно-логистических объектов

Для решения поставленной задачи необходимо структурированное описание объектов инфраструктуры ТЛЦ и выполняемых технологических операций с контейнеропотоками между ними. В связи с этим предлагается использование разработанной авторами методики языка транспортно-логистических объектов.

Данная методика позволяет представить функционирование ТЛЦ как структурную схему, состоящую из взаимосвязанных объектов и операций, необходимую для моделирования

вариантов переработки контейнеропотока и выбора оптимального из них.

Первым этапом формулирования методики является выделение основных зон ТЛЦ, участвующих в процессе переработке контейнеропотоков:

- зоны приема и отправления контейнеропотоков;
- зоны выполнения складских операций и временного хранения грузов;
- зоны выполнения погрузо-выгрузочных операций.

Выделенные зоны выбраны в соответствии с выполняемыми технологическими операциями и содержат объекты переработки контейнеропотоков, перевозимых автомобильным и железнодорожным транспортом.

Так, зона приема и отправления контейнеропотоков состоит из **PP** — пути приемо-отправочного парка, **KPP** — контрольно-пропускного пункта автотранспорта, **AS** — автомобильной стоянки.

Зона выполнения погрузо-выгрузочных операций состоит из **PG** — пути погрузки-выгрузки, **AF** — фронта выгрузки автотранспорта.

Зона выполнения складских операций и временного хранения грузов состоит из **SB** — зоны буферного хранения, **KP** — контейнерной площадки.

Для описания последовательности технологических операций и взаимосвязей между представленными транспортно-логистическими объектами авторами построена модель функционирования ТЛЦ «Сухой порт О» в интерпретации диаграммы IDEF0 (рис. 1). Построенная схема позволяет наглядно отследить маршруты перемещения контейнеропотоков на ТЛЦ и построить варианты их переработки.

Схема включает все приведенные выше зоны и объекты, а также технологические свя-

зи между ними, обозначающие контейнеропотоки в различных состояниях:

X^c , X^1 — контейнеропоток, состоящий из порожних и груженых контейнеров;

X_{AT} , X_{RT} — контейнеропоток, перевозимый автомобильным и железнодорожным транспортом;

$X_{ПРМ}$ — внутренние контейнеропотоки, перемещаемые при помощи ПРМ на территории ТЛЦ;

$X_{ТР}$ — транзитный контейнеропоток.

На схеме также отображены векторы планируемых показателей выполнения операций в условиях логистического объекта (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5) и векторы фактически полученных данных (B_1, B_2, B_3, B_4, B_5).

На основе предложенной схемы сформирован алгоритм формирования оптимального плана переработки контейнеропотока на ТЛЦ (рис. 2). Алгоритм состоит из трех этапов.

На первом этапе происходит моделирование процесса переработки контейнеропотока с учетом входных данных и формирование вариантов переработки контейнеропотока при использовании языка транспортно-логистических объектов.

Второй этап — оперативное управление, в процессе которого происходит анализ текущего состояния ТЛЦ и корректировка полученного на первом этапе плана при учете ограничений перерабатывающей способности ТЛЦ.

Третьим этапом является сбор и обработки данных о выполненных операциях на ТЛЦ для учета и использования полученного опыта при планировании.

В результате формируются варианты переработки контейнеропотока, которые отличаются последовательностью технологических операций, распределением контейнеров между объектами инфраструктуры ТЛЦ.

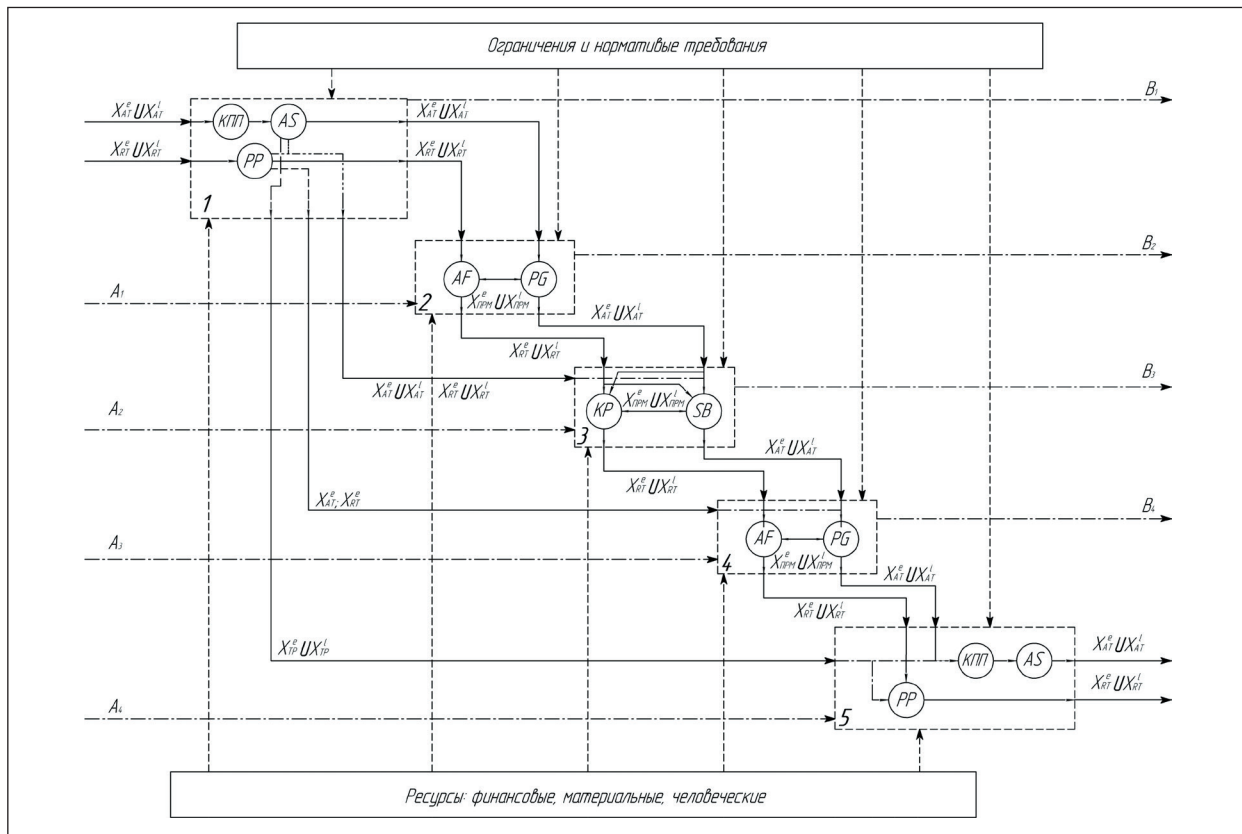


Рис. 1. Схема переработки контейнеропотока на ТЛЦ в интерпретации IDEF0 с применением языка транспортно-логистических объектов

Моделирование вариантов переработки контейнеропотока

Для обоснования практического применения предлагаемой методики на примере ТЛЦ «Сухой порт О» с параметрами, указанными в табл. 1, было выполнено моделирование вариантов переработки контейнеропотоков (табл. 2) при условии, что в среднем в сутки на ТЛЦ прибывает 5 контейнерных поездов, состоящих из 71 условного вагона с 40-футовыми контейнерами под выгрузку на контейнерную площадку и последующую погрузку на автомобильный транспорт.

Для каждого предлагаемого варианта выполнен расчет критериев оптимизации при переработке контейнеропотока на ТЛЦ, включающих время переработки, эксплуатационные затраты,

производительность и риск возникновения задержек. Полученные результаты позволяют провести анализ влияния параметров транспортно-логистических объектов на эффективность переработки контейнеропотоков и выявить различия между сформированными вариантами организации работы ТЛЦ (табл. 3).

Таким образом, для каждого варианта выполнена комплексная оценка их эффективности по выбранным критериям оптимизации, а также попарное сравнение представленных вариантов. В результате получено, что вариант №6 обеспечивает оптимальное использование ресурсов ТЛЦ за счет сокращения времени переработки контейнеропотоков при высокой производительности и низкой вероятности возникновения задержек.

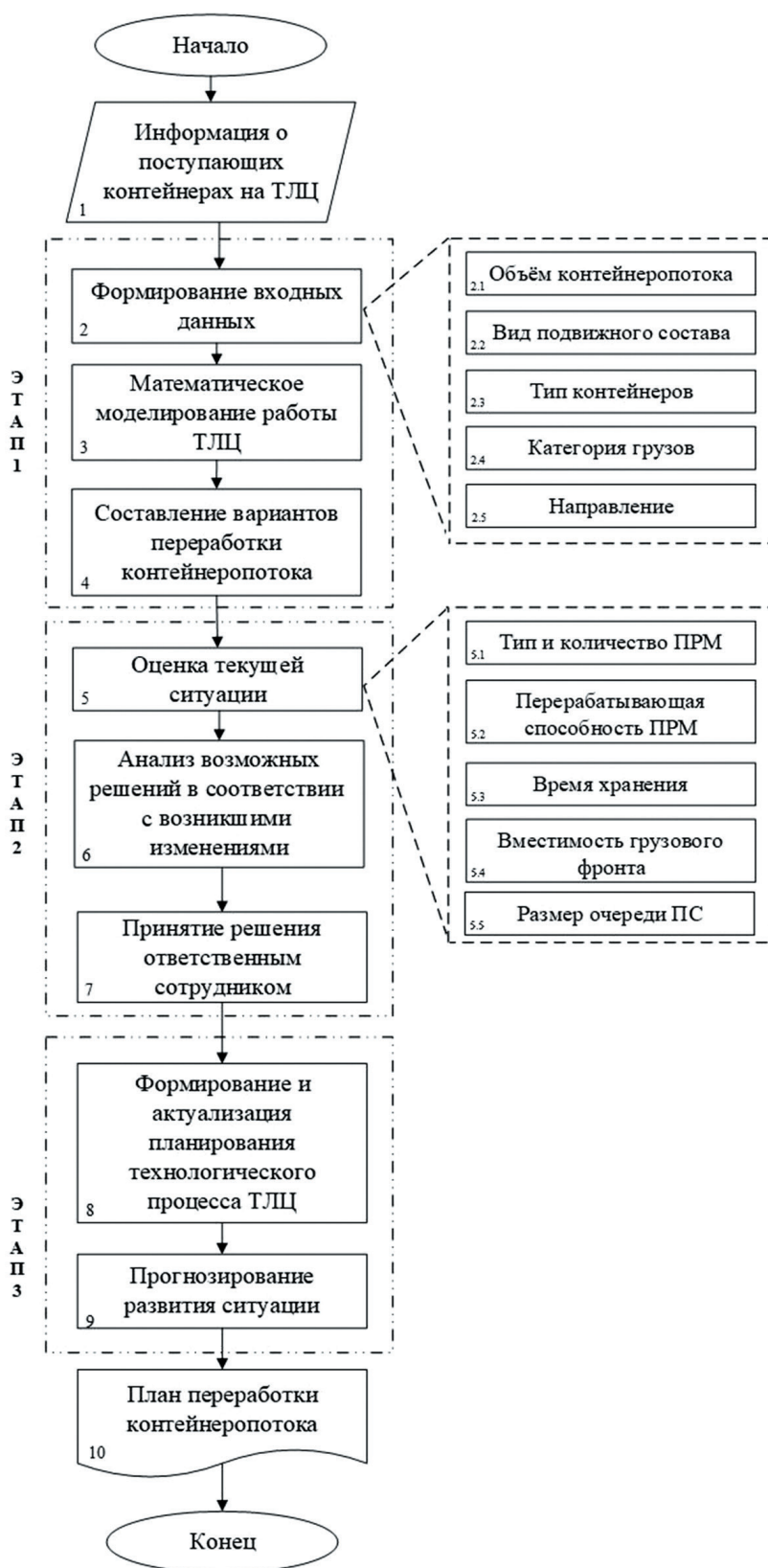


Рис. 2. Алгоритм формирования оптимального плана переработки контейнеропотока на ТЛЦ

ТАБЛИЦА 1. Параметры ТЛЦ «Сухой порт О»

Параметр	Усл. обозн.	Данные
Козловые краны	шт.	6
Ричстакеры	шт.	8
Автопогрузчики	шт.	4
Ворот автофронта	шт.	6
Площадь ТЛЦ	тыс. м ²	60
Персонал	чел.	120
Площадь контейнерной площадки	тыс. м ²	36
Ярусность	конт.	4
Время хранения	сут.	4
Вместимость приемо-отправочных путей	усл. в.	71
Кол-во приемо-отправочных путей	шт.	2
Вместимость погрузо-выгрузочных путей	усл. в.	71
Кол-во погрузо-выгрузочных путей	шт.	4
Размер стоянки автомобилей	тыс. м ²	9
Смена	ч	8

ТАБЛИЦА 2. Варианты переработки контейнеропотоков

Вариант	Особенность
1	Выгрузка козловыми кранами с последующим хранением и погрузкой
2	Комбинированная схема: 4 крана под выгрузку и 6 ричстакеров под складские операции и погрузку
3	Комбинированная схема: 4 крана и 2 ричстакера под выгрузку (с использованием буферной зоны и контейнерной площадки), 4 ричстакера под погрузку
4	По прямому варианту: 4 крана, 6 ричстакеров, 2 автопогрузчика (с применением буферной зоны)
5	Выполнение выгрузки 4 кранами в ночное время, погрузки 5 ричстакерами в дневное время с применением 2 автопогрузчиков
6	Комбинированная схема с выделением зон работы ричстакеров: 4 крана под выгрузку (с использованием буферной зоны и контейнерной площадки), 6 ричстакеров под погрузку с применением 2 автопогрузчиков
7	Комбинированная схема с сокращением длин маршрутов ричстакеров: 4 крана под выгрузку (с использованием буферной зоны и контейнерной площадки), 6 ричстакеров под погрузку с применением 2 автопогрузчиков
8	Комбинированная схема с применением резервов ПРМ: 3 крана на выгрузку (1 в оперативном резерве), 4 ричстакера под погрузку (2 в оперативном резерве)

ТАБЛИЦА 3. Результаты моделирования

Вариант переработки	<i>T</i> (сут.)	<i>C</i> (тыс. руб.)	<i>P</i> (конт. смена)	<i>R</i>
1	4	270	680	0,72
2	3,2	320	1292	0,34
3	2,5	420	1550	0,41

Окончание табл. 3

Вариант переработки	T (сут.)	C (тыс. руб.)	P (конт. смена)	R
4	1,2	350	1421	0,47
5	3,6	300	782	0,49
6	2,8	340	1448	0,28
7	3,4	290	802	0,44
8	3,0	330	850	0,31

Заключение

В результате проведенного исследования сформулирована математическая задача оптимизации переработки контейнеропотоков на ТЛЦ в условиях ограничения перерабатывающей способности инфраструктуры. Выявлены ключевые критерии оптимальности, а также ограничения.

Для решения поставленной задачи разработана методика языка транспортно-логистических объектов, предназначенная для структурного описания объектов ТЛЦ, технологических операций и маршрутов перемещения контейнеропотоков между ними, а также позволяющая моделировать варианты технологических операций при переработке контейнеропотоков.

На основе предложенного языка объектов составлены схема взаимодействия инфраструктуры ТЛЦ и алгоритм, включающий в себя этапы формирования оптимального плана работы ТЛЦ.

Как пример применения методики было выполнено моделирование вариантов переработки контейнеропотоков на примере ТЛЦ «Сухой порт О». Для оценки эффективности построенных вариантов использовано комплексирование критериев оптимальности, включающее время переработки контейнеропотоков, эксплуатационные затраты, производительность и риск возникновения задержек.

Результаты выполненных расчетов доказали возможность применения предложенной

методики для выбора оптимального варианта переработки контейнеропотоков.

Таким образом, практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанной методики языка транспортно-логистических объектов при моделировании и оптимизации процесса функционирования ТЛЦ в условиях увеличения контейнеропотоков.

Список источников

1. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577> (дата обращения: 25.04.2026).
2. Концепция создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации. М.: ОАО «РЖД», 2012. 79 с.
3. Маликов О.Б. Складская и транспортная логистика в цепях поставок: учебное пособие. СПб.: Питер, 2015. 400 с.
4. Балалаев А.С., Леонтьев Р.Г. Транспортно-логистическое взаимодействие при мультимодальных перевозках. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. 268 с.
5. Елисеев С.Ю. Построение и оптимизация функционирования международных транспортно-логистических систем. М.: ВИНТИ РАН, 2006. 242 с.: ил.
6. Коровяковский Е. К. Проблемы развития системы логистических центров на железнодорожном

транспорте // Логистические системы в глобальной экономике. 2013. № 3-1. С. 121–125.

7. Günther H.-O., Kim K. H. Container Terminals and Automated Transport Systems: Logistics Control Issues and Quantitative Decision Support. Berlin: Springer, 2005. 374 p.

8. Weerasinghe B. A., Perera H. N., Bai X. Optimizing Container Terminal Operations: A Systematic Review of Operations Research Applications // Maritime Economics & Logistics. 2023. Vol. 26, no. 2. Pp. 1–35.

9. Yard Operations and Management in Automated Container Terminals: A Review / H. Yu [et al.] // Sustainability. 2022. Vol. 14, no. 6. P. 3419.

10. Кайкина Е. А., Новичихин А. В. Направления совершенствования функционирования транспортно-логистического комплекса // Труды XXV Международной научно-практической конференции молодых ученых, студентов и аспирантов (Санкт-Петербург,

21–23 апреля 2025 г.) / под ред. проф. И. Б. Арефьева. СПб.: Медиапапир, 2025. С. 158–163.

11. Кайкина Е. А., Новичихин А. В. Совершенствование функционирования транспортно-логистического центра: концепция и система управления // Бюллетень результатов научных исследований. 2025. Вып. 3. С. 37–46.

12. Бишоп К. Распознавание образов и машинное обучение. М.: Вильямс, 2016. 738 с.

Дата поступления: 13.04.2026

Решение о публикации: 15.05.2026

Контактная информация

КАЙКИНА Екатерина Александровна — аспирант; kaikina_lkr@mail.ru

НОВИЧИХИН Алексей Викторович — доктор техн. наук, доцент; novitchihin@bk.ru

Development of Methods for Processing Container Flows Based on the Language of Transport and Logistics Facilities

E. A. Kajkina, A. V. Novichikhin

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russia

For citation: *Kajkina E. A., Novichikhin A. V. Development of Methods for Processing Container Flows Based on the Language of Transport and Logistics Facilities // Proceedings of Petersburg State Transport University, 2026. Vol. 23, iss. 2. Pp. 381–390. DOI: 10.20295/1815-588X-2026-2-381-390 (In Russian)*

Abstract

Objective: increase the efficiency of the transport and logistics center based on the development of a methodology for forming an optimal plan for processing container flows. **Methods:** system analysis of transport and logistics operations, mathematical modeling of container traffic processing options, a multi-criteria optimization method based on selected criteria. **Results:** methodological foundations of the language of transport and logistics facilities have been developed, a structural model of a transport and logistics center has been constructed, a mathematical formulation of the problem of optimizing container traffic processing in the conditions of a transport and logistics center has been proposed, an algorithm for processing container traffic has been improved, processing options have been modeled and the optimal one has been determined. **Practical significance:** the implementation of the proposed methodology in the process of container stream processing planning will increase the processing capacity of the transport and logistics center.

Keywords: railway transport, transport and logistics center, language of transport and logistics facilities, algorithm, container traffic, algorithm

References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 27 noyabrya 2021 goda №3363-r «Ob utverzhdenii Transportnoj strategii Rossijskoj Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda» [Decree of the Government of the Russian Federation dated November 27, 2021 No. 3363-r “On Approval of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035”]. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577> (accessed: April 04, 2026). (In Russian)
2. Kontseptsiya sozdaniya terminal'no-logisticheskikh tsentrov na territorii Rossijskoj Federatsii [The Concept of Creating Terminal and Logistics Centers in the Territory of the Russian Federation], Moscow, JSC “Russian Railways”, 2012, 79 p. (In Russian)
3. Malikov O.B. Sklads kaya i transportnaya logistika v tsepyakh postavok: Uchebnoe posobie. Standart tret'ego pokoleniya [Warehouse and Transport Logistics in Supply Chains: A Textbook. The Third Generation Standard], Saint Petersburg, Piter, 2015, 400 p. (In Russian)
4. Balalaev A.S., Leont'ev R.G. Transportno-logisticheskoe vzaimodejstvie pri mul'timodal'nykh perevozkakh [Transport and Logistics Cooperation in Multimodal Transportation], Moscow, Federal State Budgetary Educational Institution “Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport”, 2012, 268 p. (In Russian)
5. Eliseev S.Yu. Postroenie i optimizatsiya funktsionirovaniya mezhdunarodnykh transportno-logisticheskikh system [Building and Optimizing the Functioning of International Transport and Logistics Systems], Moscow, All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences, 2006, 242 p. (In Russian)
6. Korovyakovskij E.K. Problemy razvitiya sistemy logisticheskikh tsentrov na zheleznodorozhnom transporte [Problems of the Development of Logistics Centers in Railway Transport], *Logistics Systems in the Global Economy*, 2013, no. 3-1, pp. 121–125. (In Russian)
7. Günther H.-O., Kim K.H. Container Terminals and Automated Transport Systems: Logistics Control Issues and Quantitative Decision Support. Berlin: Springer, 2005, 374 p.
8. Weerasinghe B. A., Perera H. N., Bai X. Optimizing Container Terminal Operations: A Systematic Review of Operations Research Applications, *Maritime Economics & Logistics*, 2023, vol. 26, no. 2, pp. 1–35.
9. Yu H., et al. Yard Operations and Management in Automated Container Terminals: A Review, *Sustainability*, 2022, vol. 14, no. 6, 3419.
10. Kajkina E. A., Novichikhin A. V. Napravleniya sovershenstvovaniya funktsionirovaniya transportno-logisticheskogo kompleksa [Directions for Improving the Functioning of the Transport and Logistics Complex], *Proceedings of the XXV International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Students and Postgraduates*, Saint Petersburg, April 21–23, 2025, edited by Professor I. B. Aref'eva, pp. 158–163, Saint Petersburg, MediaPapir, 2025. (In Russian)
11. Kajkina E.A., Novichikhin A.V. Sovershenstvovanie funktsionirovaniya transportno-logisticheskogo tsentra: kontseptsiya i sistema upravleniya [Improving the Functioning of the Transport and Logistics Center: Concept and Management System], *Bulletin of Scientific Research Results*, 2025, iss. 3, pp. 37–46. (In Russian)
12. Bishop K. Raspoznavanie obrazov i mashinnoe obuchenie [Pattern Recognition and Machine Learning], Moscow, Williams Publishing, 2016, 738 p. (In Russian)

Received: April 13, 2026

Accepted: May 15, 2026

Author's information:

Ekaterina A. KAJKINA — Postgraduate Student;

kaikina_lkr@mail.ru

Aleksey V. NOVICHIKHIN — Dr. Sci. in Engineering, Associate Professor; novichikhin@pgups.ru