

УДК 656.073.2

## Диспетчеризация контейнеропотока на терминалах

Н. В. Малышев<sup>1</sup>, С. А. Бойков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

<sup>2</sup>Октябрьская железная дорога — филиал ОАО «РЖД», Российская Федерация, 190013, Санкт-Петербург, Подъездной пер., 1

**Для цитирования:** Малышев Н. В., Бойков С. А. Диспетчеризация контейнеропотока на терминалах // Бюллетень результатов научных исследований. — 2022. — Вып. 4. — С. 106–116. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-4-106-116

### Аннотация

**Цель:** Для определения рационального распределения ресурсов при управлении техникой, специализирующейся на внутритерминальных перемещениях, разработать метод диспетчеризации контейнеропотока. **Методы:** В работе используются материалы из открытых источников. Применяется системный подход к проектированию рациональной системы управления техникой контейнерного терминала. **Результаты:** Разработан метод диспетчеризации контейнеропотока на терминале, отличием которого является объединение процессов переработки на основе установления приоритетов подач вагонов, критериев снижения порожнего пробега подъемно-транспортных машин и повышения производительности грузовых фронтов. **Практическая значимость:** Разработанный метод диспетчеризации контейнеропотока позволит произвести переход к комплексной автоматизации и дальнейшей роботизации контейнерных терминалов.

**Ключевые слова:** Автоматизация, подъемно-транспортная машина, терминал, контейнерно-транспортная система, рациональное распределение ресурсов.

Повышение уровня автоматизации — процесс не единовременный, а длительный и многоэтапный. Диспетчеризация контейнеропотока на терминале в таком случае может рассматриваться как один из основных этапов перехода от автоматизации отдельных элементов, объектов и систем их управления к комплексной автоматизации и дальнейшей роботизации с помощью АСУ (TOS — Terminal Operation System) [1]. В таком случае диспетчеризацию и дальнейшую комплексную автоматизацию предлагается производить на основании разработанных комплексов задач к АСУ контейнерного терминала.

Схема контейнерного терминала имеет служебные проезды для применения различных видов погрузчиков с целью перемещения контейнеров в пределах терминала и взаимодействия с кранами для погрузки и разгрузки [2, 3]. В схеме управления транспортно-перегрузочной системой контейнерного терминала (рис. 1) важную роль играет взаимодействие оператора техники с диспетчером через комплексы задач к TOS.

Целью алгоритмов первого комплекса являются ввод, проверка, исправление ошибок в вводе, а также хранение справочной и оперативной информации, обмен данными между информационными системами различных подразделений (в том числе ОАО «РЖД» и таможни), а также выдача документов о работе контейнерного терминала.

Автоматизация планирования работы терминала является сутью алгоритмов второго комплекса задач. Также ставятся задачи формирования сменно-суточного плана работы терминала после анализа сведений об оперативной обстановке на терминале, подходе железнодорожных составов и автотранспорта, включающие составление плана комплектообразования в TOS при прибытии контейнеров на терминал на основе анализа заказанных транспортных партий контейнеров, которым устанавливается рациональное закрепление контейнеров за вагонами с критериями увеличения числа вагонов без сортировки груза в пути следования и уменьшения объема перегрузочных операций на терминале; на контейнерных терминалах с несколькими площадками определение оптимальных маршрутов грузовых автомобилей для обслуживания площадок; календарное планирование завоза контейнеров с помощью TOS на основе статистического анализа и учета перспективных объемов перевозок по направлениям плана формирования вагонов.

Перспективным способом реализации этого комплекса в TOS являются имитационные модели с графическим 3D-отображением результатов. Введя все необходимые исходные данные по работе терминала на сутки вперед, диспетчер может контролировать в реальном времени выполнение работ или посмотреть возможные проблемные ситуации, ускорив моделирование [4–6].

Алгоритмы третьего комплекса задач обеспечивают прием информации от терминалов сбора данных, сканеров, индикаторных устройств и другого оборудования о каждом поступающем контейнере для заведения в динамическую модель с возможностью проведения инвентаризации контейнеров для учета правильности данных о их хранении с выделением порожних. В ней учитываются все операции с временными отметками, номерами вагонов и автомобилей, на которых прибыли и отправлены контейнеры, вводятся сведения о грузах, станциях назначения и отправления груза, грузоотправителях и грузополучателях. При этом TOS сравнивает фактически достигнутые показатели работы терминала в заданный момент и плановые, определяет причины невыполнения и предложения по оптимальному управлению для уменьшения отставания от графика.

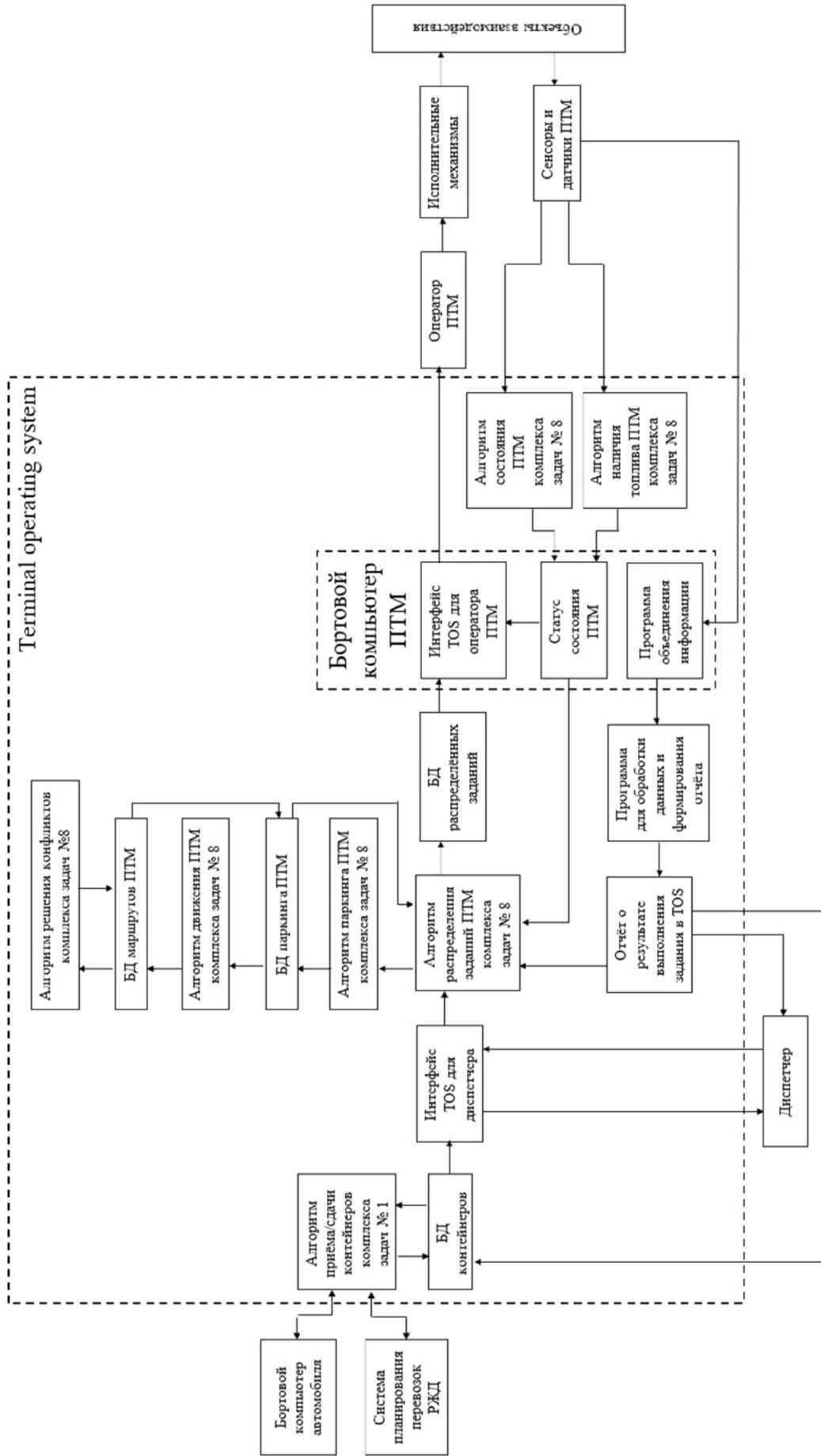


Рис. 1. Схема управления погрузчиком при выполнении операций

Алгоритмы четвертого комплекса задач предназначены для автоматизации взаимодействия с грузоотправителями и грузополучателями через связь с базой данных системы и упрощенной пересылкой необходимых технологических документов.

Большой объем работы TOS предполагается в алгоритмах пятого комплекса задач: учет перемещения контейнеров; учет оборота ж/д платформ; учета оборота автотранспорта; учет перевалки контейнеризированных грузов; определение простаивающих контейнеров под операциями; учет контейнеров в ремонте, с коммерческим и техническим браком, а также находящихся у клиентуры и прибывающих в соответствии с планами погрузки; начисление сборов и штрафов.

Учет производимой работы в TOS дает возможность решать алгоритмы шестого комплекса задач по накоплению статистической информации в массивах и использованию для выдачи установленных форм отчетности, оперативных отчетов (использование подъемно-транспортных машин по времени, производительность сотрудников и ключевых показателей деятельности Key Performance Indexes в соответствии с системой менеджмента качества, экономических показателей (штатная численность, заработная плата сотрудников, себестоимость переработки одного контейнера и т. д.), расчета календарного плана завоза и т. п.

Для упрощения работы приемосдатчика решаются алгоритмами седьмого комплекса задач. TOS формирует и выдает на дисплей рабочего места в посту оперативный план погрузки и выгрузки контейнеров, предоставляя по мере его выполнения соответствующие сведения о контейнерах на платформах. Кроме этого, приемосдатчик получает возможность контролировать работу видеосистемы для входного контроля состояния контейнеров, поступающих на терминал.

Алгоритмы последнего комплекса задач в TOS — поддержка в принятии решений диспетчера для общей координации работы терминала и управления подъемно-транспортными машинами (козловым контейнерным краном на рельсовом ходу, ричстакером, порталным погрузчиком, пневмоколесным порталным краном, терминальным тягачем и др.) в виде выдачи приказа технике на доставку контейнеров в (из) зоны хранения, разгрузку контейнеров с транспортного средства и погрузку контейнеров на транспортное средство, планирование работы терминала с учетом нормативов времени на выполнение погрузо-разгрузочных операций.

Диспетчеризация для терминального тягача, погрузчиков, козлового или пневмоколесного крана технологически не меняют работу терминала, но требует обслуживания приема и передачи информации в системе координат о позиции ПТМ, тележки крана и контейнеров [7–10]. Взаимодействие с операторами погрузчиков и терминальных тягачей рассмотрено более подробно ниже, так как необходимо более подробное исследование внутритерминальных перемещений. В состав схемы управления погрузчиком при выполнении операций входят элементы:

– бортовой компьютер автомобиля, предназначенный для объединения информации об автомобиле и контейнере с датчиков и взаимодействия с АСУ контейнерного терминала;

– система планирования перевозок РЖД, объединяющая автоматизированные системы управления перевозок: АСУЖТ, ЭТРАН, АСУ «Контейнер», ДИСКОН, ДИСПАРК и т. д. Отвечает за взаимодействие с АСУ объектов транспортной инфраструктуры;

– алгоритм приема (сдачи) контейнеров, отвечающий за прием и регистрацию данных о прибытии и отправлении контейнеров с магистрального транспорта, в том числе систем: АСУЖТ, ЭТРАН, АСУ «Контейнер», ДИСКОН, ДИСПАРК и т. д. Данный алгоритм является связующим звеном между терминалом и внешними информационными системами в первом и четвертом комплексах задач к АСУ терминала;

– база данных контейнеров, накапливающая сведения о прибывающих, отправляющихся и находящихся на терминале контейнерах;

– алгоритм паркинга ПТМ (подъемно-транспортной машины), позволяющий определить ближайшее доступное место парковки (с учетом приоритета, формируя список парковочных мест) для неиспользуемых на данный момент погрузчиков.

– база данных паркинга, накапливающая сведения о местах нахождения свободных ПТМ и возможных местах паркинга на терминале;

– алгоритм распределения заданий для ПТМ, позволяющий составить график движения в соответствии с текущим состоянием транспортно-перегрузочной системы на основании модели выбора задания для ПТМ;

– база распределенных заданий, накапливающая сведения о текущих заданиях и задействованных на них ПТМ и их маршрутах;

– алгоритм движения, позволяющий найти и построить кратчайший маршрут для каждого ПТМ в транспортно-перегрузочной системе терминала на основании модели выбора задания для ПТМ;

– база маршрутов ПТМ, накапливающая сведения о возможных маршрутах на терминале и маршрутах, задействованных ПТМ;

– алгоритм наличия топлива, позволяющий отслеживать количество топлива и планировать график заправки для ПТМ: 1) техника без назначенного задания автоматически направляется для заправки; 2) при количестве топлива ниже порогового значения техника вписывается в график посещения мест заправки сразу после исполнения задания;

– алгоритм решения конфликтов, позволяющий избежать возможные внештатные ситуации, столкновения ПТМ и заторы в транспортно-перегрузочной системе, способные остановить работу конкретной техники или даже всего терминала. Алгоритм действует на основе метода приоритета, если два и более ПТМ имеют пересечения в маршруте в один момент времени, алгоритм оценивает приоритет ПТМ на основе важности задания;

– алгоритм состояния ПТМ, позволяющий собирать и отслеживать информацию о статусе ПТМ на данный момент и передавать в TOS для выдачи заданий оператору техники.

– статус состояния, объединяющий информацию (уровень топлива, текущее положение и др.) о состоянии ПТМ.

В результате исследований предложено представить гибридный метод на основании алгоритма (рис. 2, 3), начинающегося с передачи сведений об автомобиле (вагоне) при прибытии от датчиков, системы планирования перевозок РЖД и бортового компьютера автомобиля в алгоритмы комплекса задач № 1 к АСУ терминала и обратно при отправлении автомобиля (вагона). После обработки сведений об автомобиле (вагоне) и находящихся на них контейнерах происходит передача сведений о контейнере в базу данных контейнеров АСУ терминала. Сведения о контейнерах выводятся на дисплей диспетчера терминала, в результате чего диспетчер принимает решение об выдаваемых заданиях, далее вводит задания для оператора ПТМ в АСУ терминала. Сформированное множество заданий передается в модель выбора соответствия задания и ПТМ, где сначала происходит поиск свободных ПТМ в алгоритме паркинга комплекса задач № 8 для множества заданий. После выделения необходимых свободных ПТМ из базы данных паркинга сведения о них передаются в алгоритм движения ПТМ комплекса задач № 8, в котором формируется множество маршрутов ПТМ для множества заданий в базе данных маршрутов, для которых в алгоритме решения конфликтов комплекса задач № 8 формируются окончательные маршруты с учетом отсутствия конфликтов в базе данных маршрутов. В базу данных паркинга ПТМ передаются сведения о занятых ПТМ, из которой формируется список занятых ПТМ и их маршрутов в алгоритм распределения заданий ПТМ комплекса задач № 8. Если критерии, поставленные диспетчером, выполнены, задание выводится на дисплей бортового компьютера конкретного ПТМ, оператор принимает задание к выполнению, производит воздействия на исполнительные механизмы ПТМ (колеса, спредер и др.) для взаимодействия со служебными проездами, контейнерами, идентификационными метками и др. Во время выполнения задания производится считывание передачи информации с объектов взаимодействия датчиками на ПТМ в алгоритм состояния ПТМ и алгоритм наличия топлива в ПТМ комплекса задач № 8. Определенные сведения о состоянии ПТМ датчиками и обработанные алгоритмами формируют статус состояния ПТМ, выводимый на дисплей бортового компьютера ПТМ. Кроме того, сведения о состоянии конкретного ПТМ дублируются в алгоритм распределения заданий для корректировки распределения заданий, а также программу объединения всей информации для соотнесения всех данных и формирования отчета о результате выполнения задания для принятия дальнейших решений диспетчером.

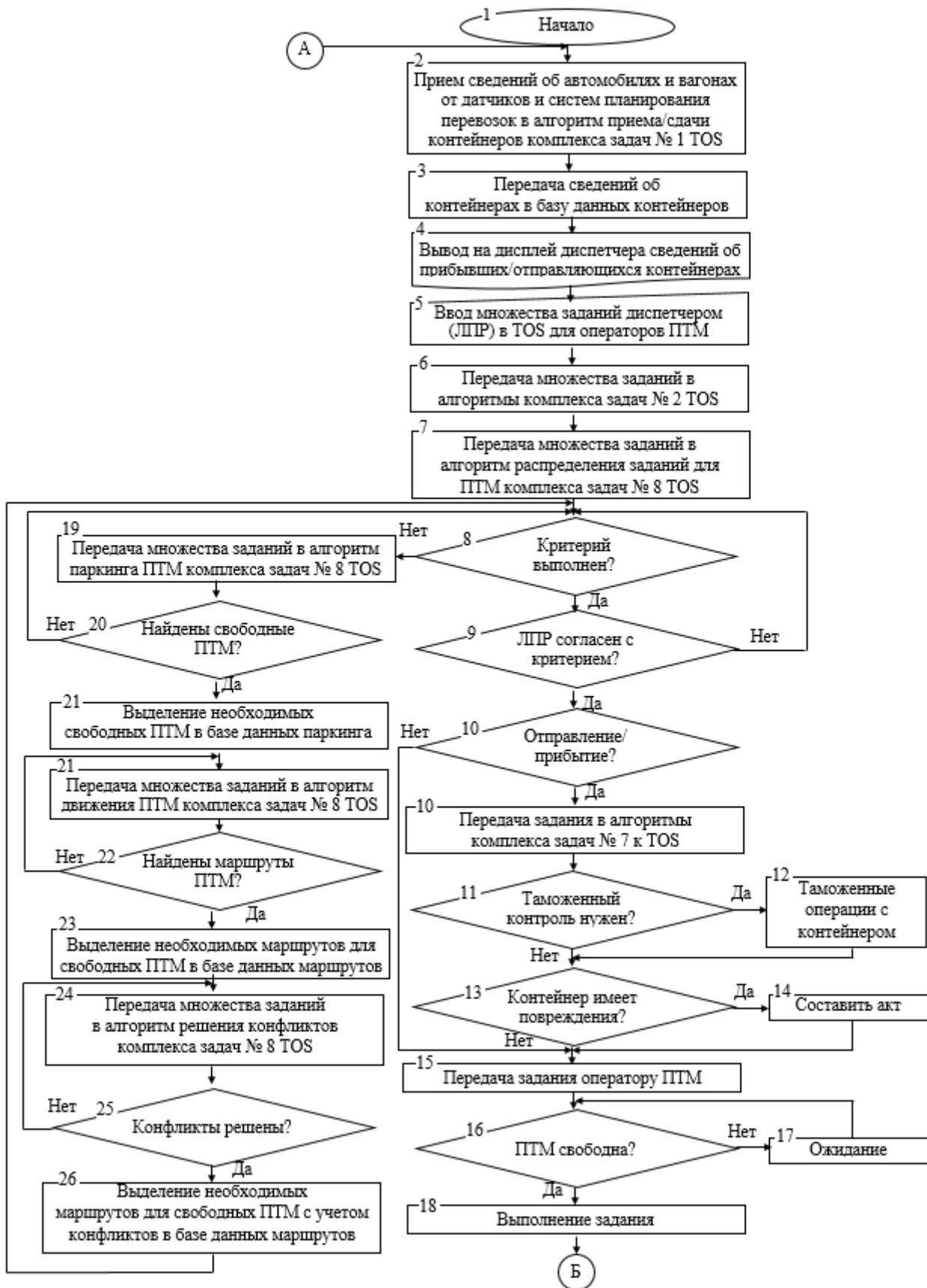


Рис. 2. Метод диспетчеризации погрузчика при выполнении операций (начало)

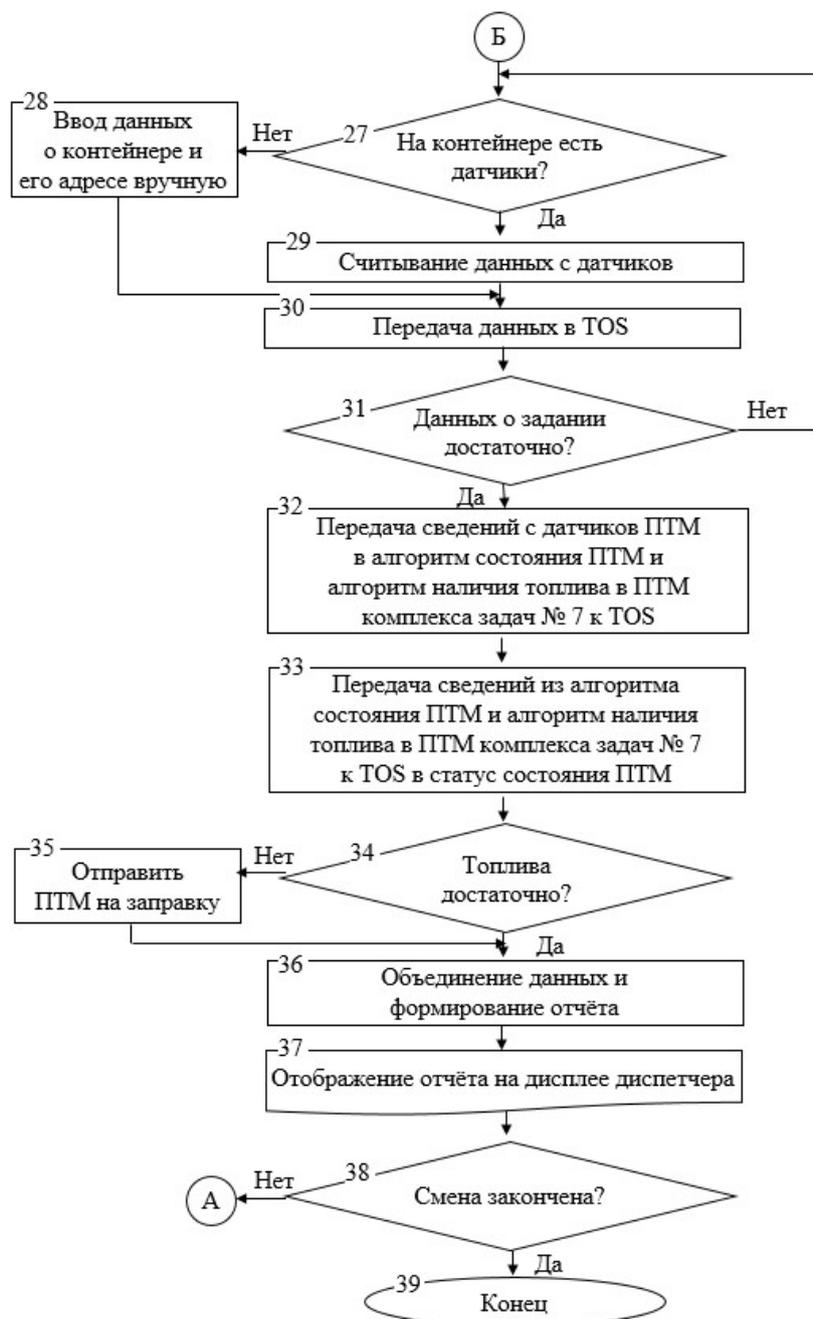


Рис. 3. Метод диспетчеризации погрузчика при выполнении операций (окончание)

## Библиографический список

1. Малышев Н. В. К вопросу роботизации тыловых контейнерных терминалов / Н. В. Малышев, Е. К. Коровяковский // Бюллетень результатов научных исследований. — 2020. — № 1. — С. 15–25. — DOI: 10.20295/2223-9987-2020-1-15-25.

2. Маликов О. Б. Проектирование контейнерных терминалов / О. Б. Маликов, Е. К. Коровяковский, Ю. В. Коровяковская. — СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2015. — 52 с.

3. Илесалиев Д. И. К вопросу о наиболее рациональном размещении грузовых терминалов / Д. И. Илесалиев, Е. К. Коровяковский // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 18–25 апреля 2016 года. — СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2016. — С. 162–166.

4. Коровяковский Е. К. Разработка модели-тренажера морского порта / Е. К. Коровяковский, Н. С. Белых, Е. А. Андреева и др. // Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке: сборник трудов XI Санкт-Петербургского конгресса, Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2017 года. — СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2017. — С. 138.

5. Малышев Н. В. Моделирование мультимодальных перевозок / Н. В. Малышев, К. Е. Ковалев // Транспорт России: проблемы и перспективы — 2018: материалы международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 13–14 ноября 2018 года. — СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2018. — С. 294–297.

6. Малышев Н. В. Имитационное моделирование мультимодальной цепи поставок с системой управления запасами / Н. В. Малышев, К. Е. Ковалев // Вестник транспорта Поволжья. — 2019. — № 4(76). — С. 78–83.

7. Коровяковский Е. К. Выбор маршрута транспортных средств в условиях неопределенности / Е. К. Коровяковский, А. П. Бадецкий // Транспорт России: проблемы и перспективы — 2016: материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 29–30 ноября 2016 года. — СПб.: Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2016. — С. 280–283.

8. Арефьев И. Б. Анализ и моделирование транспортных узлов / И. Б. Арефьев, Е. К. Коровяковский. — СПб.: ЮПИ, 2018. — 228 с.

9. Бадецкий А. П. Оптимизация распределения контейнеропотоков на направлении Китай — европейский союз / А. П. Бадецкий, А. Н. Деревянко // Russian Journal of Logistics & Transport Management. — 2020. — Т. 5. — № 1. — С. 69–86.

10. Конограй О. А. Перспективы конверсии международных транспортно-логистических потоков и потенциал Арктической транспортной инфраструктуры в транзите «Китай-Европа» / О. А. Конограй, А. А. Воронов // Экономика устойчивого развития. — 2022. — № 2(50). — С. 190–193. — DOI: 10.37124/20799136\_2022\_2\_50\_190.

Дата поступления: 10.08.2022

Решение о публикации: 26.10.2022

**Контактная информация:**

МАЛЫШЕВ Николай Валерьевич — ассистент; kol.pgups@mail.ru

БОЙКОВ Сергей Анатольевич — начальник железнодорожной станции Шушары; dcs2\_boykovsa@orw.ru

# Dispatching Container Flow at Terminals

N. V. Malyshev<sup>1</sup>, S. A. Boikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

<sup>2</sup>Oktyabrskaya Railroad — JSC “Russian Railways” Subsidiary, 1, Podyezdnoy lane, Saint Petersburg, 190013, Russian Federation

**For citation:** Malyshev N. V., Boikov S. A. Dispatching Container Flow at Terminals. *Bulletin of scientific research results*, 2022, iss. 4, pp. 106–116. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2022-4-106-116

## Summary

**Purpose:** To determine resource rational allocation in the management of technique that specializes in intra-terminal moving, to develop dispatching method for container flow. **Methods:** The work applies materials from open sources. Systematic approach is applied to designing rational management system for container terminal technique. **Results:** Method of container flow dispatching at terminal has been developed, the method features combining of conversion processes on the basis of prioritizing wagon supply, criteria for reducing the empty mileage of lifting-transport vehicles and increasing cargo front productivity. **Practical importance:** The developed method of dispatching container flow will allow make transition to complex automation and further robotization of container terminals.

**Keywords:** Automation, lifting and transport machine, terminal, container transport system, rational allocation of resources.

## References

1. Malyshev N. V., Korovyakovskiy E. K. K voprosu robotizatsii tylovykh konteynernykh terminalov [On the issue of robotization of rear container terminals]. *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy* [Bulletin of scientific research results]. 2020, I. 1, pp. 15–25. DOI: 10.20295/2223-9987-2020-1-15-25. (In Russian)

2. Malikov O. B., Korovyakovskaya Yu. V. *Proektirovanie konteynernykh terminalov* [Design of container terminals]. St. Petersburg: Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya Imperatora Aleksandra I Publ., 2015, 52 p. (In Russian)

3. Ilesaliev D. I., Korovyakovskiy E. K. *K voprosu o naibolee ratsional'nom razmeshchenii gruzovykh terminalov* [On the most rational placement of cargo terminals]. St. Petersburg: Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya Imperatora Aleksandra I Publ., 2016, pp. 162–166. (In Russian)

4. Korovyakovskiy E. K., Belykh N. S., Andreeva E. *A Razrabotka modeli-trenazhera morskogo porta* [Development of a model-simulator of the seaport]. St. Petersburg: Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya Imperatora Aleksandra I Publ., 2017, pp. 138. (In Russian)

5. Malyshev N. V., Kovalev K. E. *Modelirovanie mul'timodal'nykh perezovok* [Modeling of multimodal transportation]. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskiy universitet Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby Ministerstva Rossiyskoy Federatsii po delam grazhdanskoy oborony,

chrezvychnym situatsiyam i likvidatsii posledstviy stikhiynykh bedstviy Publ., 2018, pp. 294–297. (In Russian)

6. Malyshev N. V., Kovalev K. E. Imitatsionnoe modelirovanie mul'timodal'noy tsepi postavok s sistemoy upravleniya zapasami [Simulation modeling of a multimodal supply chain with an inventory management system]. *Vestnik transporta Povolzh'ya* [Bulletin of Transport of the Volga Region]. 2019, I. 4(76), pp. 78–83. (In Russian)

7. Korovyakovskiy E. K., Badetskiy A. P. *Vybor marshruta transportnykh sredstv v usloviyakh neopredelennosti* [The choice of the route of vehicles in conditions of uncertainty]. St. Petersburg: Institut problem transporta im. N. S. Solomenko RAN Publ., 2016, pp. 280–283. (In Russian)

8. Aref'ev I. B., Korovyakovskiy E. K. *Analiz i modelirovanie transportnykh uzlov* [Analysis and modeling of transport hubs]. SPb.: YuPI Publ., 2018, 228 p. (In Russian)

9. Badetskiy A. P., Derevyanko A. N. Optimizatsiya raspredeleniya konteyneropotokov na napravlenii Kitay — evropeyskiy soyuz [Optimization of the distribution of container flows in the direction China — the European Union]. *Russian Journal of Logistics & Transport Management* [Russian Journal of Logistics & Transport Management]. 2020, vol. 5, I. 1, pp. 69–86. (In Russian)

10. Konogray O. A., Voronov A. A. Perspektivy konversii mezhdunarodnykh transportno-logisticheskikh potokov i potentsial Arkticheskoy transportnoy infrastruktury v tranzite “Kitay — Evropa” [Prospects for the conversion of international transport and logistics flows and the potential of the Arctic transport infrastructure in transit “China — Europe”]. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya* [Economics of sustainable development]. 2022, I. 2(50), pp. 190–193. DOI: 10.37124/20799136\_2022\_2\_50\_190. (In Russian)

Received: August 10, 2022

Accepted: October 26, 2022

**Author's information:**

Nicolay V. MALYSHEV — Assistant; kol.pgups@mail.ru

Sergey A. BOIKOV — Head of the Shushary railway station; dcs2\_boykovsa@orw.ru