

Методология проектирования интермодальных терминалов в транспортных системах

Ю. О. Полтавская✉

Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Российская Федерация

✉ juliapoltavskaya@mail.ru

Резюме

Экономическое планирование любого региона, страны предусматривает развитие транспортной отрасли и создает возможность перехода от решений, основанных на использовании ресурсов, расположенных вблизи производства и потребления, к решениям, основанным в наибольшей степени на специализации и прогрессирующем разделении труда. В этом аспекте перевозки грузов становятся более технологичными, сети поставок усложняются, охватывая большее количество регионов. Приобретают актуальность задачи по эффективному использованию различных видов транспорта и их взаимодействию в ходе перегрузочных операций в интермодальных терминалах. Представленная методология проектирования интермодальных терминалов в транспортных системах позволяет оценить разработанные проектные решения с учетом обслуживаемых транспортных единиц. В статье рассмотрена специфика интермодальных терминалов в связи с выполняемыми задачами и их роль в интеграции различных видов транспорта в грузовых перевозках. Цель проведенного исследования – отражение основных аспектов проектирования интермодального терминала. Стоимостные затраты являются не менее важными при принятии решения о планировке терминала, его оборудовании и эксплуатации. В работе перечислены некоторые статьи затрат, связанные с администрированием и системой управления терминалом, а также другими функциями и услугами, выполняемыми на нем. Однако при принятии решения о строительстве терминала необходимо учитывать более широкий спектр статей затрат, которые не были рассмотрены в рамках данной работы.

Ключевые слова

интермодальный терминал, транспортная система, интермодальные транспортные единицы, перегрузочные операции, терминальное обслуживание, погрузочно-разгрузочные механизмы

Для цитирования

Полтавская Ю. О. Методология проектирования интермодальных терминалов в транспортных системах // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 4 (72). – С. 104–111. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.4(72).104-111

Информация о статье

поступила в редакцию: 02.11.2021, поступила после рецензирования: 10.11.2021, принята к публикации: 15.11.2021

Methodology of planning intermodal terminals in transport systems

Yu. O. Poltavskaya✉

Angarsk State Technical University, Angarsk, the Russian Federation

✉ juliapoltavskaya@mail.ru

Abstract

Economic planning of any region or country provides for the development of the transport industry, and creates the possibility of transition from solutions based on the use of resources located close to production and consumption areas, to those based, to a great extent on specialization and progressive labor division. In this aspect, the transportation of goods is becoming more technological, supply chains - more complex, covering more regions. Tasks of the effective use of various modes of transport with their interaction during transshipment operations in intermodal terminals are becoming urgent. The presented methodology for the design of intermodal terminals in transport systems makes it possible to evaluate the developed design solutions taking into account the serviced transport units. The specificity of intermodal terminals in connection with the tasks performed and their role in the integration of various modes of transport in freight traffic are considered. The purpose of the study is to reflect the main aspects of the design of an intermodal terminal. Costs are equally important when deciding on terminal layout, equipment and operating technology. Listed are some of the cost items associated with the administration and management system of the terminal, as well as other functions and services performed on it. However, when deciding on the construction of the terminal, it is necessary to take into account a wider range of cost items including those not considered in this work.

Keywords

intermodal terminal, transport system, intermodal transport units, transshipment operations, terminal services, loading and unloading mechanisms

For citation

Poltavskaya Yu. O. Metodologiya proyektirovaniya intermodal'nykh terminalov v transportnykh sistemakh [Methodology planning of intermodal terminals in transport systems]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 4 (72), pp. 104–111. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.4(72).104-111

Article info

Received: 02.11.2021, Revised: 10.11.2021, Accepted: 15.11.2021

Введение

В сетях поставок транспорт играет важную роль в обеспечении наиболее эффективного и действенного потока сырья, готовой продукции из пунктов отправления в пункты назначения. Специфика сети поставок, определяемая характеристиками перевозимого груза, влияет на организацию транспортного процесса и применяемые технологии при осуществлении перегрузочных операций. Увеличение объемов грузопотока в экономических системах подразумевает повышение важности устойчивого функционирования транспорта. Такой подход требует не только эффективного использования различных видов транспорта, но и поиска оптимальных решений по размещению интермодальных терминалов в транспортной системе [1–5].

Важным элементом устойчивого функционирования транспортной отрасли является прогнозирование потребностей в перевозках. В сфере грузовых перевозок большая роль отводится развитию высокоскоростного железнодорожного транспорта для осуществления интермодальных перевозок. На эффективность грузовых перевозок оказывает влияние многоотраслевая интегрированная транспортная сеть, основанная на современной и оптимально спроектированной инфраструктуре [6, 7]. Динамичное развитие транспорта включает экологические и социальные факторы: негативное влияние транспорта на окружающую среду вызвано выбросами вредных веществ, повышенным уровнем шума и ростом количества дорожно-транспортных происшествий [8]. Снижение негативного воздействия транспорта является одним из приоритетов транспортной политики развитых государств. В этом аспекте предпринимается множество мероприятий, включая повышение конкурентоспособности железнодорожного сектора, увеличение доли железнодорожного транспорта в распределении грузопотоков и развитие интермодальных перевозок, в том числе поддержку создания транспортно-складских терминалов. В связи с

увеличением объемов интермодальных перевозок за последние годы актуальное значение приобретают задачи модернизации и строительства интермодальных терминалов [9]. Целью данной статьи является рассмотрение комплексной методологии проектирования интермодальных терминалов, позволяющей оценить разработанные проектные решения.

Интермодальные терминалы и их характеристика

Для реализации транспортных процессов требуются перегрузочные пункты, где происходят различные виды деятельности, связанные с обработкой грузов. Интермодальный терминал – это пространственный объект, связанный с инфраструктурой, позволяющий эффективно перегружать интермодальные транспортные единицы (ИТЕ) между транспортными средствами, принадлежащими к разным видам транспорта, и выполнять операции с этими единицами [4, 10, 11].

Интермодальные терминалы играют роль концентрации и распределения грузов в составе транспортно-логистических систем. Эти пункты предоставляют услуги перевалки, складирования, а также другие услуги, связанные с распределением грузов. В интермодальных транспортных сетях имеются перегрузочные терминалы разной мощности, выполняющие определенные функции и задачи [12, 13]. Классификация интермодальных терминалов может осуществляться по различным критериям:

- тип обслуживаемых ИТЕ;
- транспортные средства, участвующие в транспортировке и доставке ИТЕ;
- пропускная способность терминала, выраженная годовым оборотом ИТЕ;
- функции, выполняемые терминалом в интермодальных транспортных сетях.

Классификация интермодальных терминалов по основным признакам представлена в табл. 1 [14].

Функционально-пространственная организация работы интермодальных терминалов определяет их пропускную способность, т. е. способность принимать и отправлять определенное количество груза в единицу времени. Также это связано с расходами, которые зависят от количества обработанных грузов, от функциональных и пространственных решений и типа используемых погрузочно-разгрузочных механизмов.

Таблица 1. Классификация интермодальных терминалов

Table 1. Classification of intermodal terminals

Классификационный признак	Виды терминалов
1. Вид обслуживаемого груза	Терминалы для наливных грузов, тарно-штучных, навалочных и насыпных, контейнерные терминалы, терминалы типа «Ro-Ro» для обработки судов с горизонтальной погрузкой
2. Количество взаимодействующих видов транспорта	Унимодальные и интермодальные терминалы
3. Охват обслуживаемых потребителей	Терминалы общего пользования, для обслуживания группы клиентов в составе логистических центров, для собственных нужд грузовладельцев
4. Характер взаимодействия с другими объектами инфраструктуры	Автономные и интегрированные терминалы
5. Выполняемые функции в транспортной системе	Перевалочные терминалы, универсальные, специализированные, терминально-складские комплексы

В этом отношении пропускная способность интермодальных терминалов может быть увеличена путем изменения как функциональной, так и пространственной компоновки терминалов, а также их погрузочно-разгрузочного оборудования. Однако следует помнить, что такая деятельность влечет за собой дополнительные расходы и влияет на общие затраты эксплуатации терминалов.

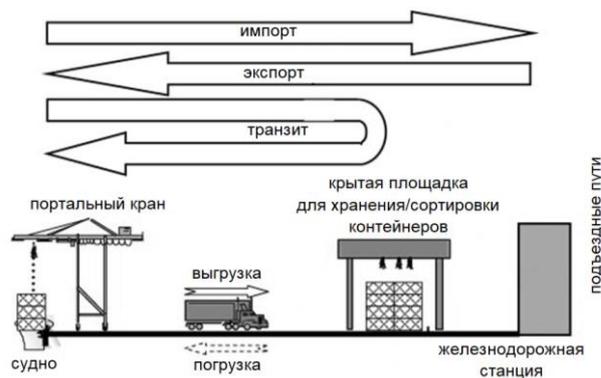
Взаимодействие различных видов транспорта в интермодальных терминалах воспринимается как способ увеличения пропускной

способности терминалов, при этом снижаются эксплуатационные расходы.

При выборе функциональных и пространственных решений интермодального терминала и его оборудования для обслуживания следует учитывать специфику терминала, а также количество и типы ИТЕ, обрабатываемых в единицу времени. В целом функциональные и пространственные решения включают:

- железнодорожно-автомобильную сеть терминала;
- складские и перевалочные площадки для контейнеров, съемных кузовов, полуприцепов, тягачей с полуприцепами;
- стояночные места для грузовых транспортных средств, ожидающих обслуживания;
- фронты погрузки/разгрузки, здания и технические сооружения [11].

Принципиальная схема функционально-пространственного решения интермодального терминала представлена на рис.



Функциональная схема интермодального терминала
Functional diagram of an intermodal terminal

Эти решения зависят от типа и местоположения интермодального терминала. Наземные, морские и внутренние терминалы имеют разные функциональные и пространственные системы, а также погрузочно-разгрузочное оборудование. Эксплуатационная способность интермодального терминала определяется грузоподъемностью транспортных средств и емкостью хранения ИТЕ [10]. Эффективное обслуживание ИТЕ в терминале обеспечивается системой железных и автомобильных дорог. Отдельные группы путей должны иметь надлежащие соединения, а вся система должна быть спроектирована в соответствии с основными техническими регламентами, строительной до-

кументацией и соответствовать всем условиям для безопасной работы. Связь интермодального терминала с автомобильными дорогами общего пользования обеспечивают подъездные пути, которые позволяют осуществлять маневры автотранспортных средств на терминале в зависимости от технологии их обслуживания.

Складские и погрузочно-разгрузочные площадки выполняют двойную функцию в интермодальном терминале. Они позволяют как хранить, так и сортировать ИТЕ. Данные площадки должны быть спроектированы с учетом технических и технологических решений терминала, а также типа и специфики обслуживаемых грузов. Эффективность площадок достигается размещением в зоне их действия основного погрузочно-разгрузочного оборудования, что позволяет ограничить количество операций до необходимого минимума [11, 15].

Методология проектирования интермодального терминала

Проектирование интермодальных терминалов – это междисциплинарная проблема, охватывающая как технические, так и экономические вопросы. С технологической стороны проектирование позволяет сформировать компоновку терминала, учитывая специфику ИТЕ и процессов их движения по терминально-складской территории [16]. Цель этой части проекта – определить схему интермодального терминала и связи между заданными областями в технологическом аспекте. Объектно-ориентированное проектирование включает определение размеров терминала с точки зрения функциональных и пространственных областей, определенных в процессе технологического проектирования. На этом этапе проектирования рассчитываются параметры, характеризующие планировку (функциональную и пространственную зоны) терминала. Процедура проектирования интермодального терминала осуществляется в четыре этапа [14].

Первый этап включает:

- определение поставщиков и получателей;
- оценка годового и среднесуточного объема грузов, обрабатываемого терминалом, и структуры ИТЕ;
- оценка прогнозов изменения объемов и структуры грузов в аспекте развития интермодальных транспортных систем;

- оценка процентной доли ИТЕ, обрабатываемых на терминале;
- определение среднего времени хранения ИТЕ.

Второй этап включает:

- описание процесса прохождения ИТЕ через терминал;
- определение планировки (функциональной и пространственной зон) предлагаемого терминала;
- выбор способа хранения ИТЕ на терминале;
- определение коэффициента неравномерности поступления ИТЕ.

Третий этап включает:

- определение и расчет времени транспортных циклов для перевозки ИТЕ через терминал;
- расчет суточной трудоемкости прохождения ИТЕ через терминал;
- расчет количества погрузочно-разгрузочного механизмов и человеческих ресурсов, необходимых для обслуживания ИТЕ, с учетом их типа и категории человеческого труда;
- расчет необходимой пропускной способности автомобильного, железнодорожного транспорта, которые используются для ввоза и вывоза ИТЕ;
- определение необходимой вместимости складских площадей;
- расчет параметров компоновки фронтов погрузки-разгрузки и параметров путей сообщения;

- расчет затрат и эксплуатационных расходов планируемого интермодального терминала.

Четвертый этап включает:

- расчет оценочных показателей для индивидуальных проектных решений;
- комплексную оценку проектных решений интермодального терминала.

Перечисленные этапы требуют детального анализа в рамках рационализации технологических процессов и оборудования, а также компоновки, что включают параметризацию входных данных, необходимых для проектирования терминала, и выполнение формальных расчетов отдельных этапов проектирования.

В соответствии с представленной методологией проектирования интермодального терминала и с использованием формализации отдельных этапов проектирования рассмотрен

практический пример проектирования наземного интермодального терминала.

Формулировка логистической задачи.

Исходные данные и условия при проектировании:

1. Терминальное обслуживание транспортных (грузовых) единиц: контейнеры ISO (1A, 1B, 1C), полуприцепы (NS) и съемные кузова (NW).

2. Терминальное обслуживание различных железнодорожных направлений: импорт, экспорт, транзит.

3. Технология обслуживания ИТЕ требует промежуточной обработки (временное хранение) и прямой обработки железнодорожных вагонов и трейлерных вагонов.

4. Среднее количество ИТЕ, обслуживаемых терминалом в день (табл. 2).

5. Перевалка осуществляется на рельсовом портале.

Таблица 2. Количество интермодальных транспортных единиц в день, обслуживаемых терминалом

Table 2. Number of intermodal transport units per day served by the terminal

№	n_N	n_P	n_{P-N}	n_{S-S}	n_{T-VP}	n_{PN}	n_{PP}
1A	25	17	17	12	10	0	8
1B	25	17	15	10	8	0	8
1C	25	17	10	8	3	0	8
NW	5	8	0	0	0	0	0
NS	8	10	0	0	0	0	0

Примечание. Количество ИТЕ на железнодорожном транспорте: n_N (импорт), n_P (экспорт), n_{P-N} (транзит). Количество ИТЕ на автомобильном транспорте (транзит) n_{S-S} . Количество ИТЕ на железнодорожном транспорте без перевалки транзитом n_{T-VP} . Количество незагруженных ИТЕ на железнодорожном транспорте: n_{PN} (экспорт), n_{PP} (импорт).

В интермодальном терминале выполняется максимум три операции по перевалке. Процентное соотношение количества операций для каждого типа ИТЕ, проходящего через терминал, отражено в табл. 3.

Таблица 3 Процентное соотношение операций по перевалке

Table 3 Percentage of transshipment operations

№	n_N	n_P	n_{P-N}	n_{S-S}	n_{PN}	n_{PP}
---	-------	-------	-----------	-----------	----------	----------

1	10	10	20	0	10	10
2	80	80	80	100	90	90
3	10	10	0	0	0	0

Примечание. Процентное соотношение числа операций, выполненных на определенном виде транспорта $u(ko^N)$. Среднее время хранения ИТЕ: $n_N - 24$ ч; $n_P - 12$ ч; $n_{P-N} - 48$ ч; $n_{S-S} - 24$ ч. Коэффициент неравномерности поступления ИТЕ принимаем равным 1,2.

Определение размеров функциональных и пространственных зон терминала.

Предполагая, что в течение длительного периода времени поток транспортных единиц должен быть сбалансированным, то пропускная способность составит 274 ИТЕ.

С учетом возможности эксплуатации двух железнодорожных линий пропускная способность железнодорожного транспорта составит 137 ИТЕ в каждом направлении. При использовании вагонов вместимостью по три транспортных единицы потребность в вагонах в одном направлении (с учетом коэффициента использования вагонов 0,9) составит 42 вагона для и 5 вагонов для полуприцепов и съемных кузовов.

С учетом длины вагона (14,62 м) протяженность подвижного состава на одном железнодорожном направлении составит 688 м, по два поезда в день для каждого направления длиной 344 м без учета длины локомотива. Тогда предполагается, что длина одного железнодорожного пути на терминале, включая зазор для маневрирования, составит 384 м.

Для транспортных единиц, подвергающихся промежуточной обработке, должна быть предусмотрена площадка для хранения. Принимая во внимание ежедневное количество контейнеров, съемных кузовов и полуприцепов, перемещаемых через терминал, а также предполагаемое время их хранения, вместимость складской площадки должна составлять: 428 мест для контейнеров, 17 – для сменных кузовов, 19 – для полуприцепов.

Если предположить, что контейнеры расположены вдоль погрузочных путей, длина единой площадки для хранения контейнеров не должна превышать 384 м. Следовательно, если предположить, что длина одного ИТЕ составляет 6,5 м, то 59 транспортных единиц может храниться в одном отсеке. Если предположить, что коэффициент штабелирования равен 2, то в одном отсеке можно хранить 118 ИТЕ. Следова-

тельно, для распределения 428 контейнеров на складе с заданным коэффициентом штабелирования потребуется четыре отсека для хранения.

Другой показатель, который необходимо рассчитать, это количество кранов, выполняющих перегрузочные операции. Для этого необходимо подсчитать количество операций (N_{ko}). Включая количество контейнеров, съемных кузовов и полуприцепов, которые должны быть обработаны в заданном направлении (некоторые из них обрабатываются по схеме «железнодорожный вагон – автомобиль», часть – «вагон – склад – автомобиль»), необходимое количество операций составит 644 операции. Если предположить, что среднее время цикла работы крана составляет 4 минуты, продолжительность рабочего времени – 16 часов, а коэффициент использования рабочего времени крана равен 0,8, то необходимое количество кранов N_M определим по формуле:

$$N_M = \frac{N_{ko}}{q_u},$$

где q_u – суточная производительность кранов (погрузочно-разгрузочных механизмов), определяется отношением:

$$q_u = \frac{T_o \cdot \beta_u}{t_u},$$

где T_o – суточная продолжительность работы погрузочно-разгрузочных механизмов (принимается равным 2 смены по 8 часов, итого 960 минут); β_u – коэффициент использования рабочего времени крана (0,8); t_u – среднее время цикла крана – 4 мин. / операция.

Согласно приведенной методике расчета, количество погрузочно-разгрузочных механизмов принимаем равным четырем (стоит учитывать, что при использовании четырех кранов их перегрузочный потенциал не будет полностью использован, а трех кранов будет недостаточно для обслуживания интермодального терминала при более высокой совокупности ИТЕ).

Кроме того, для оценки принятого решения необходимо учитывать затраты на строительство терминала, а также его эксплуатационные расходы [17]. Расходы интермодального терминала включают затраты на содержание железнодорожных путей, погрузочно-разгрузочные механизмы и их техническое обслуживание, системы управления терминалом, а также затраты на оплату труда квалифицированных специалистов.

Заключение

Проектирование интермодальных терминалов – это многоэтапный процесс, учитывающий ряд технических и технологических требований, вытекающих из нормативных документов. Компонировка терминала и его техническое оснащение определяется спецификой транспортируемых единиц и выполняемых технологических процессов. Следовательно, определение размера, пропускной способности, компоновки терминала (функциональные и пространственные области) и количества погрузочно-разгрузочных механизмов, необходимых для обслуживания определенного грузооборота, требует ряда вычислений. В этом аспекте при проектировании следует учитывать различные решения, что позволит выбрать оптимальное из них для принятых критериев оценки.

Растущая доля интермодальных перевозок в общем количестве перевозимых грузов приводит к тому, что увеличивается загрузка существующих интермодальных терминалов, а это означает, что в ближайшей перспективе будет достигнут предел установленной пропускной способности. Такое явление определяет необходимость в модернизации и строительстве новых терминально-складских комплексов [18, 19]. В статье рассмотрен подход к комплексной методологии проектирования интермодальных терминалов, в которой выделяются области проектирования процессов и объектов.

Список литературы

1. Казимиров А.О., Михайлов А.Ю. Задачи территориального размещения логистической инфраструктуры в городах // Авиамашиностроение и транспорт Сибири : сб. ст. IX Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск, 2017. С. 351–355.
2. Транспортная инфраструктура как основополагающий фактор эффективного функционирования экономики страны / О.А. Лебедева, Ю.О. Полтавская, З.Н. Гаммаева и др. // Сб. науч. тр. Ангар. гос. техн. ун-та. 2018. Т. 1. № 15. С. 125–130.
3. Куанышева Т.С., Увалиева А.Б. Принципы взаимодействия видов транспорта в условиях рыночных отношений // Транспорт: наука, техника, управление. 2008. № 3. С. 50–51.
4. Шепелев В.Д., Пряхин Д.С., Галигузов А.А. Взаимодействие различных видов транспорта в крупных транспортных узлах // Знание. 2016. № 9-2 (38). С. 5–10.

5. Гозбенко В.Е. Методы прогнозирования и оптимизации транспортной сети с учетом мощности пассажира и грузопотоков / В.Е. Гозбенко и др. // Деп. рукопись № 330-V2008 17.04.2008.
6. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Моделирование грузовых перевозок в транспортной сети // Вестн. Ангар. гос. техн. ун-та. 2016. № 10. С. 182–184.
7. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Развитие городских грузовых систем с учетом концепции городского планирования // Сб. науч. тр. Ангар. гос. техн. ун-та. 2016. Т. 1. № 1. С. 244–247.
8. Ложкина О.В., Rogozinsky G.G., Крипак М.Н. К вопросу о развитии интеллектуальных систем управления экологической безопасностью транспорта в больших городах-портах // Технологии построения когнитивных транспортных систем : материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб., 2019. С. 153–157.
9. Транспорт в России. 2018 : стат. сб. / Росстат. М., 2018. 101 с.
10. Полтавская Ю.О. Определение очередности обслуживания подвижного состава в транспортных узлах на основе критерия оптимальности // Сб. науч. тр. Ангар. гос. техн. ун-та. 2020. Т. 1. № 17. С. 171–175.
11. Carlo J.H., Vis F.A., Roodbergen K.J., Transport operations in container terminals: Literature overview, trends, research directions and classification scheme // European Journal of Operational Research. 2014. P. 1–13. DOI:10.1016/j.ejor.2013.11.023
12. Гозбенко В.Е., Крипак М.Н., Иванков А.Н. Совершенствование транспортно-экспедиционного обслуживания грузовладельцев. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2011. 176 с.
13. Крипак М.Н. Оптимизация транспортного обслуживания грузовладельцев в пределах крупного города (городской агломерации) : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Иркут. гос. техн. ун-т. Иркутск, 2009.
14. Pyza D., Jachimowski R. Designing of transshipment terminals in the aspect of selected intermodal transport systems // MATEC Web of Conferences. 2019. P. 1–7. DOI:10.1051/mateconf/201929404006.
15. Burdzik R., Cieśla M., Śladowski A. Cargo Loading and Unloading Efficiency Analysis in Multimodal Transport // Promet – Traffic & Transportation. 2014. Vol. 26. №. 4. P. 323–331. DOI:10.7307/ptt.v26i4.1356
16. Lebedeva O.A., Kripak M.N., Gozbenko V.E. Increasing effectiveness of the transportation network by using the automation of a Voronoi diagram // Transportation Research Procedia. 2018. C. 427–433. DOI:10.1016/j.trpro.2018.12.118.
17. Sonmez R.; Ontepeli B. Predesign cost estimation of urban railway projects with parametric modelling // Journal of Civil Engineering and Management. 2009. Vol. 15. №. 4. P. 405–409. DOI:10.3846/1392-3730.2009.15.405-409.
18. Poltavskaya Yu.O., Lebedeva O.A., Gozbenko V.E. Automation of the solution to the problem of optimizing traffic in a multimodal logistics system // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. 1258 AISC. P. 255–261. DOI:10.1007/978-3-030-57450-5_23.
19. Крипак М.Н., Колесник А.И. Проблемы и перспективы развития транспортной инфраструктуры в современных городах // Сб. науч. тр. Ангар. гос. техн. ун-та. 2014. Т. 1. № 1. С. 194–198.

References

1. Kazimirov A.O., Mikhaylov A.Yu. Zadachi territorial'nogo razmeshcheniya logisticheskoy infrastruktury v gorodakh [Problems of the territorial placement of logistics infrastructure in cities]. *Aviamashinostroyeniye i transport Sibiri. Sbornik statey IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Irkutskiy natsional'nyy issledovatel'skiy tekhnicheskii universitet; Redaktsionnaya kollegiya: Bobarika I.O. (otvetstvennyy redaktor); Lytkina A.A. [Aircraft engineering and transport of Siberia]*, 2017. pp. 351–355.
2. Lebedeva O.A., Poltavskaya Yu.O., Gammayeva Z.N., Kondratenko T.V. Transportnaya infrastruktura kak osnovopolagayushchiy faktor effektivnogo funktsionirovaniya ekonomiki strany [Transport infrastructure as the fundamental factor of effective functioning of the economy of the country]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Proceedings of the Angarsk State Technical University]*, 2018. Vol. 1. No. 15. pp. 125–130.
3. Kuanysheva T.S., Uvaliyeva A.B. Printsipy vzaimodeystviya vidov transporta v usloviyakh rynochnykh otnosheniy [Principles of interaction of modes of transport in conditions of market relations]. *Transport: nauka, tekhnika, upravleniye. Nauchnyy informatsionnyy sbornik [Transport: science, technology, management. Scientific information collection]*, 2008. No. 3. pp. 50–51.
4. Shepelev V.D., Pryakhin D.S., Galiguzov A.A. Vzaimodeystviye razlichnykh vidov transporta v krupnykh transportnykh uzлах [Interaction of different types of transport in large transport hubs]. *Znaniye [Knowledge]*, 2016. No. 9-2(38). pp. 5–10.
5. Gozbenko V.E., Ivankov A.N., Kolesnik M.N., Pashkova A.S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoy seti s uchetom moshchnosti passazhiro i gruzopotokov [Methods of forecasting and optimizing the transport network taking into account the capacity of passenger and cargo flows]. *Deposited manuscript No. 330-V2008* April 17, 2008.
6. Lebedeva O.A., Kripak M.N. Modelirovaniye gruzovykh perevozok v transportnoy seti [Modeling of freight traffic in the transport network]. *Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Angarsk State Technical University]*, 2016. No. 10. pp. 182–184.
7. Lebedeva O.A., Kripak M.N. Razvitiye gorodskikh gruzovykh sistem s uchetom kontseptsii gorodskogo planirovaniya [Development of urban freight systems with regard to the concept of urban planning]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Proceedings of the Angarsk State Technical University]*, 2016. Vol. 1. No. 1. pp. 244–247.
8. Lozhkina O.V., Rogozinsky G.G., Kripak M.N. K voprosu o razvitii intellektual'nykh sistem upravleniya ekologicheskoy bezopasnost'yu transporta v bol'shikh gorodakh-portakh [About development of intelligent systems for control of environmental safety of transport in large port cities]. *Tekhnologii postroyeniya kognitivnykh transportnykh sistem. Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem [Technologies of construction of cognitive transportation systems. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation]*, 2019. pp. 153–157.
9. *Transport in Russia*. Moscow: Stat sb Rosstat, 2018, 101 p.

10. Poltavskaya Yu.O. Opredeleniye ocherednosti obsluzhivaniya podvizhnogo sostava v transportnykh uzлах na osnove kriteriya optimal'nosti [Determination of the priority of servicing rolling stock in transport hubs based on the optimality criterion]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Collection of scientific papers of the Angarsk State Technical University], 2020. Vol. 1. No. 17. pp. 171–175.
11. Carlo J.H., Vis F.A., Roodbergen K.J., Transport operations in container terminals: Literature overview, trends, research directions and classification scheme. *European Journal of Operational Research*, 2014. pp. 1–13.
12. Gozbenko V.E., Kripak M.N., Ivankov A.N. The improvement of transport-forwarding service of cargo owners. Irkutsk, 2011.
13. Kripak M.N. Optimizatsiya transportnogo obsluzhivaniya gruzovladel'tsev v predelakh krupnogo goroda (gorodskoy agglomeratsii): avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Optimization of transport services for cargo owners within a large city (urban agglomeration): author. Ph.D. (Engineering) diss.]. Irkutsk: Irkut. gos. tekhn. un-t, 2009.
14. Pyza D., Jachimowski R. Designing of transshipment terminals in the aspect of selected intermodal transport systems. *MATEC Web of Conferences*, 2019. 294(4):04006, pp. 1–7.
15. Burdzik R., Cieřla M., Sładkowski A. Cargo Loading and Unloading Efficiency Analysis in Multimodal Transport. *Promet - Traffic&Transportation*, Vol. 26, 2014, No. 4, pp. 323–331.
16. Lebedeva O.A., Kripak M.N., Gozbenko V.E. Increasing effectiveness of the transportation network by using the automation of a Voronoi diagram. *Transportation Research Procedia*, 2018. pp. 427–433.
17. Sonmez R., Ontepeli B. Predesign cost estimation of urban railway projects with parametric modelling. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2009. Vol. 15, No. 4. pp. 405–409.
18. Poltavskaya Yu.O., Lebedeva O.A., Gozbenko V.E. Automation of the solution to the problem of optimizing traffic in a multimodal logistics system. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, 1258 AISC, pp. 255–261.
19. Kripak M.N., Kolesnik A.I. Problemy i perspektivy razvitiya transportnoy infrastruktury v sovremennykh gorodakh [Problems and prospects for the development of transport infrastructure in modern cities]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Angarsk State Technical University], 2014. Vol. 1. No. 1. pp. 194–198.

Информация об авторах

Полтавская Юлия Олеговна – канд. техн. наук, доцент кафедры управления на автомобильном транспорте, Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru.

Information about the authors

Julia O. Poltavskaya – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof., Department of Management of automobile transport, Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru.