

Анализ подходов к определению пропускных способностей объектов транспортной инфраструктуры

А.Б. Володин¹, А.П. Лутай², П.В. Куренков²

¹ Академия водного транспорта Российского университета транспорта (МИИТ) (АВТ РУТ (МИИТ)); г. Москва, Россия;

² Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования — анализ подходов к определению пропускных способностей (ПРСП) объектов транспортной инфраструктуры. На ПРСП влияют многие факторы, зависящие от технических параметров инфраструктуры. Поэтому для получения достоверных данных принимаются во внимание показатели, которые характеризуют взаимодействие объектов и инфраструктуры в различных условиях.

Использованы аналитический, маркетинговый, проектный методы; методы моделирования, логистики, визуализации, бережливого производства; материалы общего доступа к интернет-ресурсам перевозочных компаний и иных участников процесса перевозок.

Представлено сравнение транспортных ПРСП. Выявлено, что пропускная мощность устройств ориентирована больше всего на объемы перевозок в различных сферах промышленности и производства. Все методы расчетов сводятся к определению максимального числа объектов, которое может пропустить инфраструктура в единицу времени в рассматриваемых дорожно-транспортных и погодных-климатических условиях. Установлено, что существующие подходы к определению ПРСП объектов транспортной инфраструктуры учитывают многие показатели и условия взаимодействия между субъектами и объектами инфраструктуры в разных моделях поведения, показывают, насколько эффективно функционирует определенный элемент логистической цепочки, а также выявляют «узкие» места, которые препятствуют бесперебойной работе системы.

Ключевые слова: пропускная способность; транспортная инфраструктура; железнодорожный транспорт; железнодорожная линия; авиатранспорт; автомобильные перевозки

Analysis of approaches to determining the throughput capacities of transport infrastructure facilities

Alexey B. Volodin¹, Alexey P. Lutay², Petr V. Kurenkov²

¹ Academy of Water Transport of Russian University of Transport (MIIT); Moscow, Russian Federation;

² Russian University of Transport (MIIT); Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The subject of the research is the analysis of approaches to determining the bandwidth of transport infrastructure facilities. The bandwidth is influenced by many factors, depending on the technical parameters of the infrastructure. Therefore, in order to obtain reliable data, indicators are taken into account that characterize the interaction of objects and infrastructure in various conditions.

Analytical, marketing, project methods were used; methods of modeling, logistics, visualization, lean manufacturing; materials of general access to the Internet resources of transportation companies and other participants in the transportation process.

A comparison of transport bandwidth is presented. It was revealed that the throughput capacity of devices is focused most of all on the volume of traffic in various spheres of industry and production. All calculation methods are reduced to determining the maximum number of objects that the infrastructure can pass in a unit of time in the considered road transport and weather and climatic conditions. It was found that the existing approaches to determining the bandwidth of transport infrastructure objects take into account many indicators and conditions of interaction between subjects and infrastructure objects in different models of behavior, show how effectively a certain element of the supply chain is functioning, and also identify bottlenecks that impede the smooth operation of the system.

Keywords: bandwidth; transport infrastructure; railway transport; railway line; air transport; road transport

ВВЕДЕНИЕ

Транспортные потоки пассажиров и грузов, характеризующиеся интенсивностью движения, скоростью, направлением, тесно взаимосвязаны.

Интенсивность движения этих потоков определяется на основе наблюдений или с использова-

нием различных подходов к расчетам пропускных способностей.

Пропускной способностью (далее — ПРСП) называется наибольшее количество поездов, автомобилей, пассажиров и т.д., которое может быть пропущено за конкретный промежуток времени (сутки, час и т.д.) через конкретный объект при

существующей технической оснащенности и эксплуатационных возможностях.

На ПРСП влияют многие факторы, зависящие от технических параметров инфраструктуры. Поэтому для получения достоверных данных принимаются во внимание показатели, которые характеризуют взаимодействие объектов и инфраструктуры в различных условиях.

Если мы рассмотрим все разнообразие объектов в транспортной сфере, то сможем выделить ряд объектов, для которых ПРСП будет одним из основных показателей и условий функционирования — это железнодорожные (ж.-д.) линии, станции, железнодорожные комплексы, терминалы (грузовые, таможенные, кассовые и др.); морские и речные порты, причалы; аэропорты; автотранспортные узлы; трубопроводы; информационные каналы и т.д.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы аналитический, маркетинговый, проектный методы; методы моделирования, логики, визуализации, бережливого производства; материалы общего доступа к интернет-ресурсам перевозочных компаний и иных участников процесса перевозок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчет наличной ПРСП железнодорожной линии

Наличная ПРСП линии — максимальные размеры движения поездов или пар поездов в зависимости от технического оснащения линии и объема грузовых перевозок.

Пропускная способность зависит от типа графика движения поездов, величины ключевых показателей, а также от путевого развития отдельных пунктов и определяется по формуле

$$N = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \alpha_n}{T_{\text{пер}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{тех}}$ — продолжительность технологических «окон», мин; α_n — коэффициент надежности технических средств; $T_{\text{пер}}$ — период графика, мин.

Наличную ПРСП участка рассчитываем в такой последовательности:

1) определяется максимальный перегон на участке с наибольшей суммой времен хода четного и нечетного поездов;

2) на установленном перегоне рассматриваются четыре возможные схемы прокладки поездов и выбирается схема, которая обеспечивает минимальный период графика;

3) составляется схема прокладки поездов на смежных перегонах, происходит регулирование остановок в четном и нечетном направлениях.

Расчет потребной ПРСП линии

Потребная ПРСП линии — это наибольшее количество поездов, которое необходимо пропустить при параллельном графике и заданных размерах движения пассажирских, пригородных, сборных поездов, влияние которых на ПРСП учитывается через коэффициенты съема, зависящих от путевого развития отдельных пунктов, их количества, скорости движения и расположения на графике пассажирских пригородных, ускоренных, грузовых и сборных поездов.

Потребная ПРСП определяется по формуле

$$N_{\text{потр}} = N_{\text{гр}} \cdot \beta_{\text{рез}} + \varepsilon_{\text{пс}} \cdot N_{\text{пс}} + \varepsilon_{\text{приг}} \cdot N_{\text{приг}} + (\varepsilon_{\text{уск}} - 1) \cdot N_{\text{уск}} + (\varepsilon_{\text{сб}} - 1) \cdot N_{\text{сб}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{гр}}$ — размеры движения без учета сборных и ускоренных грузовых поездов; $N_{\text{пс}}, N_{\text{приг}}, N_{\text{уск}}, N_{\text{сб}}$ — размеры пассажирских, пригородных, ускоренных грузовых и сборных поездов соответственно; $\varepsilon_{\text{пс}}, \varepsilon_{\text{приг}}, \varepsilon_{\text{уск}}, \varepsilon_{\text{сб}}$ — коэффициенты съема грузовых поездов пассажирскими, пригородными, ускоренными грузовыми и сборными поездами соответственно; $\beta_{\text{рез}}$ — коэффициент резерва.

На однопутном участке коэффициент съема для всех категорий поездов, кроме сборных, определяется по формуле

$$\varepsilon = 1 + 0,6 \cdot \gamma_{\text{пак}} - \frac{(20 \cdot C_4^0)}{N_{\text{пс}}^{\text{об}}} \geq 1, \quad (3)$$

где C_4^0 — доля четырехпутных отдельных пунктов (четыре и более пути, включая главный) на расчетном участке, это отношение числа четырехпутных отдельных пунктов к общему числу отдельных пунктов на участке; $N_{\text{пс}}^{\text{об}}$ — общее число скорых, пассажирских, пригородных и ускоренных поездов на участке.

Для двухпутного участка коэффициент съема равен

$$\varepsilon = (t_{\text{гр}} (1 - \Delta_{\text{ср}}) \cdot (0,8 - 0,005 \cdot N_{\text{пс}}^{\text{об}}) : I) + 1,3, \quad (4)$$

где $t_{\text{гр}}$ — время хода грузового поезда по ограничивающему перегону, мин; $\Delta_{\text{ср}}$ — отношение чистого среднего времени хода пары пассажирских поездов (скорых, пригородных, ускоренных грузовых) к чистому времени хода пары грузовых поездов на участке

$$\Delta_{\text{ср}} = \frac{t'_{\text{пс.ср}} + t''_{\text{пс.ср}}}{t'_{\text{гр.ср}} + t''_{\text{гр.ср}}}. \quad (5)$$

Отдельно для сборных поездов на однопутной линии коэффициент съема рассчитывается как

$$\varepsilon_{\text{сб}} = \delta(1,2 + 0,9 \cdot C_{\text{сб}}) - 0,4 \cdot N_{\text{пс}}^{\text{об}} \cdot (1 - \Delta_{\text{ср}}) - 0,5 \geq 1, \quad (6)$$

где δ — отношение суммы межпоездных интервалов в нечетном и четном направлениях движения к периоду непакетного параллельного графика на ограничивающем перегоне; $C_{сб}$ — число станций на участке, обслуживаемых сборным поездом.

На двухпутной линии для сборных поездов $\varepsilon_{сб}$ равен

$$\varepsilon_{сб} = (C_{сб} + 1) \cdot \left[1 - 0,02 \cdot N_{пс}^{об} \cdot (2 - \Delta_{ср}) \right] \geq 1. \quad (7)$$

Поскольку определение ПРСП по данному расчету является общим, оно не учитывает реальные условия работы, с которыми можно столкнуться на всей сети железных дорог ОАО «РЖД».

Так, например, проблемы «заторов» на подходах к морским портам ведут к критической ситуации в движении поездов и появлению «брошенных» составов на всем маршруте их следования. Также при снижении объемов перевозок меняется характер и тип станций — сортировочные переводятся в разряд участковых, а участковые — в разряд промежуточных. Многие станции вообще закрываются, как и некоторые отдельные линии, что приводит к снижению ПРСП. Однако в настоящее время стоит вопрос о восстановлении линий, которые были закрыты для движения.

Необходимость экономии расходов на содержание постоянных устройств, не зависящих от размеров движения, является причиной консервации станционных путей, парков станций, четной или нечетной сортировочных систем. Из-за этого многие станции переводятся с суточного на полусуточный режим работы, вследствие чего понижается классность станций.

В существующих методах определения ПРСП элементы ж.-д. линий рассматриваются отдельно без учета конкретных условий, в том числе без учета возможности возникновения заторов на подходах к морским портам, поскольку процесс перевозки грузов носит многофазовый характер.

Расчет ПРСП железнодорожной станции

ПРСП ж.-д. станции — максимально возможное число грузовых (без переработки и с переработкой по раздельности) и пассажирских поездов, которые могут быть пропущены станцией за сутки с учетом всех примыкающих к ней направлений в зависимости от технического оснащения станции при полном использовании имеющихся средств. Определяется для станционных путей по приему и отправлению поездов и для стрелочных горловин [1].

Наличная ПРСП любого устройства устанавливается только в том случае, если она не ограничивается ПРСП смежных устройств.

Величина наличной ПРСП станционных путей зависит от продолжительности занятия пути поездами, числа путей в рассчитываемом парке, дви-

жения пассажирских поездов на подходах к станции, выполнения работ по текущему содержанию и плановому ремонту пути и контактной сети и других факторов.

Влияние на наличную ПРСП стрелочной горловины оказывает конструкция горловины, способ управления стрелками, продолжительность выполнения различных передвижений, возможность посекционного размыкания и использование стрелок, отказы технических средств и времени для их обслуживания и планового ремонта.

Таким образом, ПРСП станции определяется по следующей формуле

$$N = \gamma \cdot (1440 - T_{пост}) \cdot \alpha_n \cdot \left[\frac{\beta_{дл} \cdot m^*}{t_{зан} + \Delta t} + \frac{(1 - \beta_{дл}) \cdot m}{t_{зан}} \right], \quad (8)$$

где γ — коэффициент эффективности использования графика движения поездов по их организованному подводу к узловой или технической станции в зависимости от ограничения межпоездного интервала по системам энергоснабжения, наличия путей достаточной емкости на предузловых промежуточных станциях для изменения порядка следования поездов и других факторов; $T_{пост}$ — продолжительность операций по содержанию постоянных устройств, мин; α_n — коэффициент надежности; $\beta_{дл}$ — доля поездов графиковой нормы длины в общем потоке; m^* — количество длинных путей, включая пути с занятием горловин и стрелочных секций; m — число путей в парке или на станции; $t_{зан}$ — среднее время занятия пути поездом, мин; Δt — дополнительное время занятия путей на протягивание «головы» поезда или осаживание «хвоста» при приеме и отправлении длинносоставных поездов в одной секции [1].

В формулах для расчета наличных и потребных пропускных способностей ж.-д. линий и станций учитываются надежность технических и постоянных устройств (формулы (1) и (8)), но никак не учитывается неравномерность, связанная с неритмичностью отправления поездов со станций погрузки, а также с отсутствием синхронности следований грузо-, вагоно- и поездопотоков. Также не учитывается конфигурация и густота сети, насыщенность конкретных участков, направлений и полигонов движущимися поездами, и «брошенными» составами с груженными и порожними вагонами, как находящимися в процессе перевозки, так и временно отставленными от движения и ожидающими «поднятия».

Расчет ПРСП вокзалов и привокзальных площадей

Повышение требований к транспортной инфраструктуре и взаимодействию ее элементов в транспортных узлах ведет к постоянному развитию связей между региональными субъектами любого го-

сударства. Основными элементами транспортной системы любого субъекта Федерации являются ж.-д., автобусные и речные вокзалы. Обеспечение эффективного использования различных видов транспорта обуславливается правильным расположением вокзальных комплексов и их ПРСП.

Вокзал является частью ж.-д. или любого другого вокзального комплекса, пассажирских районов портов, центральных автовокзалов, которые содержат все взаимосвязанные здания, сооружения и устройства, предназначенные для обслуживания пассажиров, выполнения почтовых, багажных и других операций.

К зонам проезда предъявляется главное требование — обеспечение оптимальных условий взаимодействия всех видов транспорта и связи с общественным транспортом и системой автомобильных дорог.

На привокзальных площадях, которые совмещены с магистральными улицами, ПРСП проезжей части магистральной улицы определяется с учетом коэффициента использования полос проезжей части K_n как

$$M_{пр} = 500 K_n n, \quad (9)$$

где n — число полос проезжей части улицы для пропуска транспортных потоков.

Пропускную способность остановочного пункта городского транспорта на привокзальной площади можно рассчитать по формуле

$$N = \frac{3600}{T_c + \tau + r}, \quad (10)$$

где N — число транспортных средств, которое может быть пропущено через остановочный пункт за час в определенном направлении, ед.; T_c — средняя продолжительность стоянки во время посадки-высадки пассажиров, с; τ — затраты времени на маневры и подъезд к остановочному пункту, с; r — затраты времени на ускорение и замедление транспорта, с.

Если принять для дальнейшего расчета: $T = T_c + \tau + r$, то суммарная ПРСП привокзальной зоны $N_{пл}$ будет определяться по формуле

$$N_{пл} = m \frac{3600}{T} K, \quad (11)$$

Из формулы (11) видно, что мощность площади вокзала зависит от количества остановочных пунктов m , и учитывается задержками из-за неодновременного отправления транспорта с пунктов остановки коэффициентом K^1 .

Расчет ПРСП взлетно-посадочной полосы

Пропускная способность взлетно-посадочной полосы (ВПП) — это способность обеспечения выполнения безопасного количества взлетно-посадочных операций самолетов в единицу времени².

На ПРСП ВПП оказывают влияние количество и размещение соединительных дорожек, схема планировки летных полос, типы эксплуатируемых воздушных судов и их режимы полетов, местные условия, оборудование аэродромов средствами посадки, организация движения самолетов на аэродроме. ПРСП определяется по формуле

$$P_{теор} = \frac{60}{\Delta T}, \quad (12)$$

где ΔT — средняя продолжительность операций взлета и посадки.

Расчет ПРСП аэропортов

Аэропорт — комплекс устройств и сооружений, которые предназначены для приема, отправления, размещения воздушных судов и обслуживания воздушных перевозок, имеющий для выполнения данных операций аэродром, аэровокзал, грузовые терминалы, другое оборудование.

Под ПРСП аэропорта понимается его возможность за год выполнения определенных объемов пассажирских $W_{п}$ и почтово-грузовых W_r перевозок.

ПРСП аэропорта по количеству перевезенных пассажиров в год определяется по формуле

$$W_{п} = q \cdot \lambda_{ч}^{\max} \cdot \frac{T_c \cdot 365}{k_c \cdot k_{ч}}, \quad (13)$$

где q — среднее планируемое количество пассажиров на один самолет; $\lambda_{ч}^{\max}$ — ПРСП аэродрома; T_c — количество часов работы аэропорта в сутки.

Анализируя вышеприведенную формулу, можно сделать вывод, что при расчете ПРСП аэропортов учитываются коэффициенты не только суточной неравномерности k_c , но и часовой неравномерности $k_{ч}$ движения самолетов, которые показывают отношение максимального суточного количества взлетно-посадочных операций к среднесуточному за год и отношение максимального часового количества взлетно-посадочных операций к среднечасовому за максимальные сутки соответственно (см. формулу (13)).

Среднее планируемое количество пассажиров на один самолет рассчитывается как

$$q = S \cdot p_i \cdot m_i \cdot j_p, \quad (14)$$

где p_i — соотношение частоты движения самолетов разных типов; m_i — пассажироместимость само-

¹ Рекомендации по проектированию вокзалов. М.: ЦНИИП градостроительства, 1997. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/5/5259/index.htm>

² Труды. Выпуск 10. Технология и планировка аэропортов. М.: Отдел научно-технической информации, 1972. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/TrudyVypusk10Texnologiyai.html>

летов; j_i — коэффициент, учитывающий процент коммерческой загрузки (по статистике $j_i = 0,75$).

Прогнозирование p_i и t_i на несколько лет вперед является непростой задачей, поэтому следует определять величину q на основе статистических данных за определенное количество лет, например, с использованием методик, изложенных в работах³ [2, 3].

Расчет ПРСП автодорог

Пропускная способность автодороги — максимальное число автомобилей, которое участок может пропустить за единицу времени в одном или двух направлениях рассматриваемой дороги при заданных погодных-климатических условиях.

Следует различать теоретическую, практическую и расчетную ПРСП.

Теоретическая ПРСП P_t рассчитывается для горизонтального участка дороги, учитывая, что интервалы между автомобилями и однородным составом транспортного потока (например, только автомобили легкового типа) постоянны. Теоретическая ПРСП полосы автомобильной магистрали составляет около 2900 «легковушек» в час.

Практическая ПРСП обеспечивается в реальных условиях движения на дорогах.

Расчетная ПРСП характеризует экономически целесообразное количество автомобилей, которое может пропустить в единицу времени участок в рассматриваемых дорожных условиях в соответствии с принятой схемой организации движения.

При оценке практической ПРСП в конкретных дорожных условиях необходимо учитывать снижение ПРСП из-за дорожных условий коэффици-

ентом β , а найти мощность дорожного полотна можно по следующей формуле, учитывая в расчете максимальную практическую ПРСП автомобилей за час $P_{\max}$

$$P = \beta \cdot P_{\max}, \text{ авт./ч.} \quad (15)$$

Для автомобильных линий, как и для железнодорожных, также должна учитываться неравномерность движения, связанная с неритмичностью отправления автомобилей из начальных пунктов^{4,5} [4–6].

Максимальная практическая ПРСП $P_{\max}$ учитывает густоту сети и конфигурацию, насыщенность разного рода автомобилями определенных участков (таблица).

Максимальная практическая ПРСП устанавливается на контрольном участке при благоприятных погодных-климатических условиях и транспортном потоке, состоящем только из автомобилей легкового типа [7–14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Существующие подходы к определению пропускных способностей объектов транспортной инфраструктуры учитывают многие показатели и условия взаимодействия между субъектами и объектами инфраструктуры в разных моделях поведения, показывают насколько эффективно функционирует определенный элемент логистической цепочки, а также выявляют «узкие» места, которые препятствуют бесперебойной работе системы.

Однако все методы расчетов сводятся к определению максимального числа объектов (поездов,

Таблица. Величины максимальной практической ПРСП

Автодороги	$P_{\max}$ легковых автомобилей, ч
Двухполосные	3600 в оба направления
Трехполосные	4000 в оба направления
Четырехполосные:	
без разделительной полосы	2100 по одной полосе
с разделительной полосой	2200 по одной полосе
Шестиполосные:	
без разделительной полосы	2200 по одной полосе
с разделительной полосой	2300 по одной полосе
Автомобильные магистрали, имеющие восемь полос	2300 по одной полосе

³ Экономика России: прошлое, настоящее, будущее: коллективная монография / под общ. ред. Н.А. Адамова. М.: Институт исследования товародвижения и конъюнктуры оптового рынка, 2014. 286 с.

⁴ Покровская О.Д. Организация работы складской распределительной системы: учебное пособие. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, 2015. 72 с.

⁵ Покровская О.Д. Организация международной доставки груза через распределительный центр: учебное пособие. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, 2015. 102 с.

вагонов, грузов, пассажиров), которое может пропустить тот или иной элемент инфраструктуры в единицу времени в рассматриваемых дорожно-транспортных и погоднo-климатических условиях, что дает возможность после расчета проанализировать исходные данные и определить условия дальней-

шего развития и наращивания ПРСП элементов транспортной инфраструктуры или, наоборот, рассмотреть возможность и целесообразность их временного закрытия (консервации), а также возможность частичного или полного демонтажа с целью снижения расходов на их содержание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванкова Л.Н., Буракова А.В. Определение пропускной способности станций с учетом емкости путевого развития // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2018. № 3 (59). С. 92–98. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.3(59).92-98
2. Покровская О.Д. Комплексная оценка транспортно-складских систем железнодорожного транспорта: дис. ... д-ра техн. наук. Санкт-Петербург, 2018. 377 с.
3. Покровская О.Д., Маликов О.Б. Вопросы логистической иерархии железнодорожных объектов // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2016. Т. 13. № 4 (49). С. 521–531.
4. Покровская О.Д., Маликов О.Б. Эволюционно-функциональный подход к классификации транспортных узлов // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2017. Т. 14. № 3. С. 406–419.
5. Покровская О.Д. Эволюционно-функциональный подход к развитию транспортных узлов // *Политранспортные системы: материалы IX Международной научно-технической конференции*. Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2017. С. 233–238.
6. Самуйлов В.М., Покровская О.Д., Цун Ц. Концепция «Новый шелковый путь» (Китай, Россия, Германия) // *Инновационный транспорт*. 2017. № 4 (26). С. 26–28. DOI: 10.20291/2311-164X-2017-4-26-28
7. Маликов О.Б., Покровская О.Д. Анализ системы нормирования на железнодорожном транспорте с позиций логисти-

ки и клиентоориентированности // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2017. Т. 14. № 2. С. 187–199.

8. Покровская О.Д., Титова Т.С. Понятийный аппарат терминалистики // *Бюллетень результатов научных исследований*. 2018. № 2. С. 29–43.

9. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Evolutionary-functional approach to transport hubs classification // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Pp. 356–365. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8_33

10. Pokrovskaya O. Terminalistics as the methodology of integrated assessment of transportation and warehousing systems // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 216. P. 02014. DOI: 10.1051/matecconf/201821602014

11. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Assessment of Transport and Storage Systems // *VIII International Scientific Siberian Transport Forum*. 2020. Pp. 570–577. DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2_55

12. Полянский Ю.А., Куренков П.В. Дорожный центр ситуационного управления: проблемы создания и функционирования // *Экономика железных дорог*. 2003. № 1. С. 51–65.

13. Полянский Ю.А., Куренков П.В. Топологическое моделирование взаимодействия хозяйств железной дороги // *Транспорт: наука, техника, управление*. 2003. № 7. С. 8–17.

14. Бубнова Г.В., Зенкин А.А., Куренков П.В. Транспортные коридоры и оси в евразийских коммуникациях // *Логистика — евразийский мост: материалы 12-й Международной научно-практической конференции*. 2017. С. 25–33.

REFERENCES

1. Ivankova L.N., Burakova A.V. Determination of carrying capacity of stations taking into account the length of the railway tracks. *Modern Technologies. System Analysis. Modeling*. 2018; 3(59):92-98. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.3(59).92-98 (In Russian).
2. Pokrovskaya O.D. *Comprehensive assessment of transport and storage systems of railway transport: dis. ... doctor. tech. sciences*. St. Petersburg, 2018; 337. (In Russian).
3. Pokrovskaya O.D., Malikov O.B. Concerning the logistics hierarchy of railway facilities. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2016; 13(4):(49):521-531. (In Russian).
4. Pokrovskaya O.D., Malykov O.B. Evolutionary functional approach to transport nodes classification. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2017; 14(3):406-419. (In Russian).
5. Pokrovskaya O.D. The evolutionary-functional approach to the development of transport nodes. *Political transport systems: materials of the IX International scientific and technical conference*.

Novosibirsk, Siberian State University of Railway Engineering, 2017; 233-238. (In Russian).

6. Samuylov V.M., Pokrovskaya O.D., Qiao C. Concept "New Silk Road" (China, Russia, Germany). *Innovative Transport*. 2017; 4(26):26-28. DOI: 10.20291/2311-164X-2017-4-26-28 (In Russian).

7. Malykov O.B., Pokrovskaya O.D. Rate-setting system analysis of railroad transport from a position of logistics and customer-oriented approach. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2017; 14(2):187-199. (In Russian).

8. Pokrovskaya O.D., Titova T.S. Research vocabulary of terminalistics. *Bulletin of Scientific Research Result*. 2018; 2:29-43. (In Russian).

9. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Evolutionary-functional approach to transport hubs classification. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020; 356-365. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8_33

10. Pokrovskaya O. Terminalistics as the methodology of integrated assessment of transportation and warehousing systems. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 216:02014. DOI: 10.1051/mateconf/201821602014

11. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Assessment of Transport and Storage Systems. *VIII International Scientific Siberian Transport Forum*. 2020; 570-577. DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2_55

12. Polyansky Yu.A., Kurenkov P.V. The road center of situational management: problems of creation and functioning. *Economics of Railways*. 2003; 1:51-65. (In Russian).

13. Polyansky Yu.A., Kurenkov P.V. Topological modeling of the interaction of railroad farms. *Transport: Science, Equipment, Management*. 2003; 7:8-17. (In Russian).

14. Bubnova G.V., Zenkin A.A., Kurenkov P.V. Transport corridors and axis in Eurasian communications. *Logistics – Eurasian Bridge: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference*. 2017; 25-33. (In Russian).

Об авторах

Алексей Борисович Володин — кандидат технических наук, доцент, директор; **Академия водного транспорта Российского университета транспорта (МИИТ) (АВТ РУТ (МИИТ))**; 127055, г. Москва, ул. Новосущевская, д. 22, стр. 3; ab.volodin@mail.ru;

Алексей Павлович Лутай — студент; **Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ))**; 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9; alekseilutai@mail.ru;

Петр Владимирович Куренков — доктор экономических наук, профессор; **Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ))**; 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9; petrkurenkov@mail.ru.

Bionotes

Alexey B. Volodin — Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Director; **Academy of Water Transport of Russian University of Transport (MIIT)**; build. 3, 22 Moscow, Novosushevskaya st., Moscow, 127055, Russian Federation; ab.volodin@mail.ru;

Alexey P. Lutay — student; **Russian University of Transport (MIIT)**; build. 9, 9 Obraztsova st., GSP-4, Moscow, 127994, Russian Federation; alekseilutai@mail.ru;

Petr V. Kurenkov — Dr. Sci. (Econ.), professor; **Russian University of Transport (MIIT)**; build. 9, 9 Obraztsova st., GSP-4, Moscow, 127994, Russian Federation; petrkurenkov@mail.ru.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Володин А.Б., Лутай А.П., Куренков П.В. Анализ подходов к определению пропускных способностей объектов транспортной инфраструктуры // *Техник транспорта: образование и практика*. 2020. Т. 1. Вып. 4. С. 322–328. DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.322-328

FOR CITATION: Volodin A.B., Lutay A.P., Kurenkov P.V. Analysis of approaches to determining the throughput capacities of transport infrastructure facilities. *Transport technician: education and practice*. 2020; 1(4):322-328. (In Russian). DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.322-328

Поступила в редакцию 24 апреля 2020 г.

Принята в доработанном виде 30 мая 2020 г.

Одобрена к публикации 20 августа 2020 г.

Received April 24, 2020.

Adopted in a revised form on May 30, 2020.

Approved for publication on August 20, 2020.

© А.Б. Володин, А.П. Лутай, П.В. Куренков, 2020