

Анализ возможности организации транспортно-пересадочного комплекса

Ю.В. Голеня

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС); г. Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

Перевозка пассажиров занимает значительное место в деятельности транспортных организаций. Обеспечение высокого качества перевозок пассажиров — одна из главных задач железнодорожного транспорта, которая напрямую зависит от технической оснащенности и технологии обслуживания пассажирского движения на пассажирских станциях.

Внедрение мультимодальных перевозок в пассажирском движении способно изменить отношение к транспорту в целом, это позволит: подобрать каждому пассажиру оптимальное сочетание видов транспорта (цены и качества); контролировать весь процесс перевозки и оповещать о дальнейших перемещениях; возложить на перевозчика ответственность за невыполнение стадий мультимодальной перевозки. Организация транспортно-пересадочного комплекса (ТПК) даст возможность оптимизировать и упорядочить процесс обслуживания пассажиров.

Исследование проведено на примере транспортного узла станции Н. Станция осуществляет пересадку пассажиров с железнодорожного транспорта (дальнего и пригородного сообщения) на все виды городского транспорта, а также такси и личный транспорт. Однако взаимодействие с другими видами транспорта регионального и федерального уровня в данном узле практически отсутствует. В некотором отдалении от станции Н располагается автостанция для нескольких междугородних направлений. Территориальное расположение, сосредоточие нескольких видов транспорта, сопутствующая инфраструктура, а также потенциальные возможности станции Н позволяют организовать ТПК и привлечь дополнительный пассажиропоток, что в условиях конкуренции с личным автотранспортом немаловажно. Приведены расчеты всех необходимых элементов мультимодального узла, требуемых для эксплуатации ТПК.

Ключевые слова: железнодорожная станция; железнодорожный транспорт; автомобильный транспорт; логистика пассажирских перевозок; мультимодальные перевозки; единый транспортный билет; транспортно-пересадочный комплекс; кластерный анализ; теория массового обслуживания

Analysis of the possibility of organizing a transport interchange complex

Yulia V. Golenya

Siberian Transport University (STU); Novosibirsk, Russian Federation

ABSTRACT

The carriage of passengers takes a significant place in the activities of transport organizations. Ensuring high quality passenger transportation is one of the main tasks of railway transport, which directly depends on the technical equipment and technology of servicing passenger traffic at passenger stations.

The introduction of multimodal transport in passenger traffic can change the attitude to transport in general, it will allow: to pick up each passenger the optimal combination of modes of transport (price and quality); monitor the entire transport process and notify of further movements, to hold the carrier responsible for not fulfilling the stages of multimodal transportation. And the organization of the transport and transfer complex will optimize and streamline the process of passenger service.

The study was carried out on the example of the transport hub of the station N. Station allows to transfer passengers from rail transport (long and suburban) to all types of urban transport, as well as taxis and personal transport. However, there is practically no interaction with other types of transport at the regional and federal level in this hub. At some distance from station N is a bus station for several long-distance destinations. Territorial location, concentration of several modes of transport, accompanying infrastructure, as well as the potential of this station N allow to organize a prospective transport and transfer complex and attract additional passenger flow, which in the conditions of competition with personal vehicles is important. To do this, all the necessary elements of the multimodal node, necessary for the operation of the transport and transfer complex, are calculated.

Keywords: railroad station; railway transport; automobile transport; passenger transportation logistics; multimodal transportation; unified transport ticket; transport interchange complex; cluster analysis; queuing theory

ВВЕДЕНИЕ

Согласно стратегии развития железнодорожного транспорта на период до 2030 г. одними из направлений повышения доступности и качества

транспортных услуг служат: увеличение количества компактных транспортных узлов, повышение доступности, качества и объема услуг, предоставляемых железнодорожными вокзалами¹.

¹ О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030. М., 2006. 104 с.

Мультимодальные поездки по «единому транспортному билету» удобны и способствуют формированию лояльности пассажиров, одновременно являясь источником потенциального дохода [1]. Мультимодальная перевозка — перевозка, осуществляемая по одному перевозочному документу несколькими видами транспорта [2]. Поэтому одно из основных требований к таким перевозкам — наличие транспортного узла, объединяющего различные виды транспорта, причем всех уровней (городского, регионального и федерального) [3]. Строительство транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), а на их основе транспортно-пересадочных комплексов (ТПК) — мировая тенденция в логистике пассажирских перевозок [4].

На станции Н можно организовать ТПК, так как это совокупность элементов ТПУ, объединенных с объектами социальной, сервисной и торгово-развлекательной инфраструктуры с целью обеспечения комфортной пересадки пассажиров, а также оказания комплекса услуг пассажирам и посетителям [5, 6].

Анализ возможности организации транспортно-узла (ТУ) рассматривается на станции Н. Станция Н в пассажирском движении объединяет четыре направления, это крупнейшая пассажирская внеклассная станция на Транссибирской магистрали. Железнодорожный (ж.-д.) вокзал станции Н представляет собой сложное техническое сооружение, рассчитанное на ежегодное обслуживание 16 млн пассажиров с широкой сферой услуг современного пассажирского сервиса. Единовременная расчетная вместимость вокзала и пропускная способность вокзала станции Н относит его к категории крупных вокзалов. За 2018 г. пропущено 3072 транзитных пассажирских поезда без изменения веса и длины, 6382 транзитных пассажирских поезда с изменением веса и длины, 3721 поезд своего формирования и оборотных, а также 22 433 пары пригородных поездов.

На сегодняшний день станция Н позволяет осуществлять пересадку пассажиров с ж.-д. транспорта (дальнего и пригородного сообщения) на все виды городского транспорта (автобусы, троллейбусы, метро, маршрутные такси), а также такси и личный транспорт (платная перехватывающая парковка). Однако взаимодействие с другими видами транспорта регионального и федерального уровня в данном узле отсутствует.

В городе Н функционирует комплекс автовокзалов с главным автовокзалом рядом с выездом из города Н и автостанциями на других выездах из города, а также в небольшом отдалении от ж.-д. вокзала Н. Автовокзал при оптимальных условиях должен представлять собой пункт стыковки не только автомобильного городского транспорта с региональным автотранспортом, но и по возможности находиться в местах, позволяющих органи-

зовать ТПУ. В городе Н этому условию удовлетворяет именно ж.-д. станция Н. Предлагаемый ТПУ можно отнести к межрегиональному значению по параметрам занимаемой площади, объему пассажиропотока, числу задействованного в мультимодальном сообщении транспорта, по расстоянию между элементами ТПУ, и т.д. [7, 8].

Вокзал Н располагает достаточной свободной площадью для предоставления ее в аренду региональному автотранспорту. Учитывая наличие коммуникаций в здании ж.-д. вокзала, организация крупной автостанции на его территории не потребует значительных капиталовложений. Кроме того, принимая во внимание тот факт, что жителям отдаленных районов удобнее добираться до центра города пригородными поездами, особенно в часы пик городского движения, данное мероприятие может способствовать привлечению дополнительного пассажиропотока на ж.-д. транспорт. Увеличение пассажиропотока влечет за собой улучшение качественных показателей пассажирских перевозок, что оказывает непосредственное влияние на удовлетворенность пассажиров предоставляемыми услугами. И главное — у пассажира появляется возможность выбора любого вида транспорта в одном месте [9].

Для осуществления перевозок пассажиров с автовокзала используется 215 автотранспортных единиц. Маршрутная сеть включает два пригородных, 23 межмуниципальных, 25 межсубъектных и пяти международных маршрутов. Ежесуточный пассажиропоток составляет около 3000 пассажиров.

Основной поток маршрутов отправляется в утреннее и обеденное время. В среднем интервал отправления в пиковые часы — от 5 до 10 минут. Среднечасовое количество отправляемых маршрутов — 14 в дневное и четыре в ночное время. Самыми мощными направлениями по количеству отправляемых пассажиров и по частоте отправления являются Т, К и Б.

Основываясь на данных из социальных сетей и открытых форумов, а именно на высказывании недовольства удаленностью автовокзала, трудной транспортной доступностью и постоянным наличием в этой части города пробок, можно смело говорить, что имидж автовокзала на сегодняшний день — скорее отрицательный. В настоящее время ж.-д. вокзал Н располагает свободной площадью для сдачи ее в аренду. Периодически она предоставляется на период проведения фестивалей и ярмарок, однако данный вид мероприятий носит исключительно временный характер. В свете тенденции к развитию мультимодальных пассажирских перевозок стоит задуматься об использовании данной территории под организацию автостанции непосредственно на станции Н, и, как следствие, мультимодального пассажирского ТУ на вокзале Н.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пассажирские поездопотоки исследованы с применением кластерного анализа (представляет собой распределение исходных данных на сегменты со сходными по некоторым признакам элементами) [10]. Кластерный анализ поездопотоков выявил отсутствие регулярных прямых поездов, следующих с юга на восток и обратно. Одним из вариантов решения этого вопроса является пересадка на станции Н с поезда одного направления на поезд другого направления. При этом пассажир вынужден приобретать сразу два билета на каждый из них. Использование единого билета как неотъемлемого элемента мультимодальной перевозки позволит упростить процесс пересадки и сделать железнодорожное сообщение более привлекательным [11].

Поскольку требуемые коммуникации для организации автостанции на вокзале Н уже имеются, то основное внимание уделяется транспортной и инфраструктурной составляющим [12], а именно:

- разработка интегрированного графика взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта;
- определение оптимальных направлений перевозок; прогнозирование объемов перевозок, размеров парка автотранспортных средств, числа касс обслуживания мультимодального сообщения;
- организация пассажиропотока при смене вида транспорта;
- разработка схемы безопасного прохода пассажиров и пешеходов.

Внедрение самостоятельной автостанции, обслуживающей хотя бы несколько направлений, в уже существующий вокзальный комплекс требует серьезных капитальных вложений в реорганизацию имеющейся территории. Поэтому в настоящем исследовании рассматривается возможность создания на базе вокзала Н мультимодального железнодорожно-автомобильного сообщения, обслуживающего восточное направление, а именно маршруты до Т, К, Б, а также транзитные маршруты в направлении юг — восток. Выбор направлений определен с учетом логистического изучения транспортных потоков города Н. Имитационная модель расположения предлагаемой автостанции, входящей в ТПК станции Н, приведена на рис. 1.

Фрагмент одного из разработанных интегрированных графиков взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта на основании существующего расписания движения автотранспортных средств и графика движения пассажирских поездов представлен на рис. 2. Так же разработаны варианты интегрированного взаимодействия пригородного железнодорожного и автобусного сообщений.

Для определения необходимого количества элементов ТПК, обслуживающих мультимодальное сообщение, был спрогнозирован расчетный суточный поток пассажиров, следующих в сообщении по схеме «электропоезд — пассажирский поезд» и «пассажирский поезд — автобус» при условии привлечения дополнительного пассажиропотока.

На основании наблюдений за струями пассажиропотоков предлагаемого ТПК составлена выборка

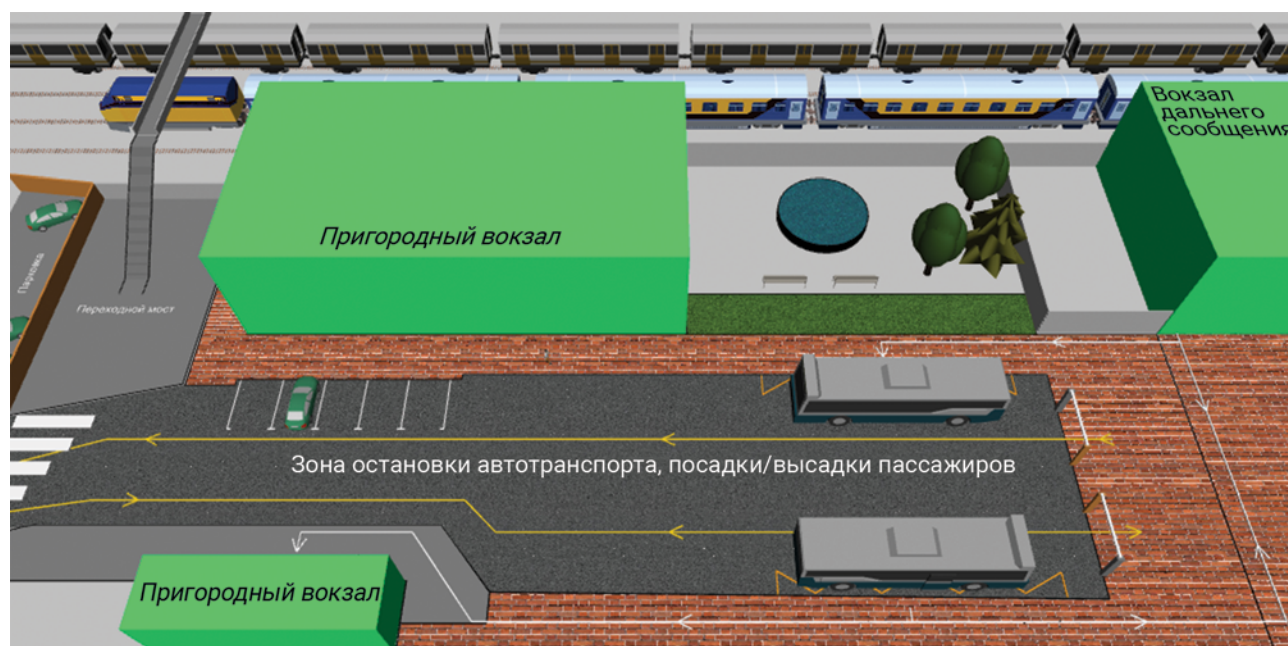


Рис. 1. Имитационная модель предлагаемой автостанции Н

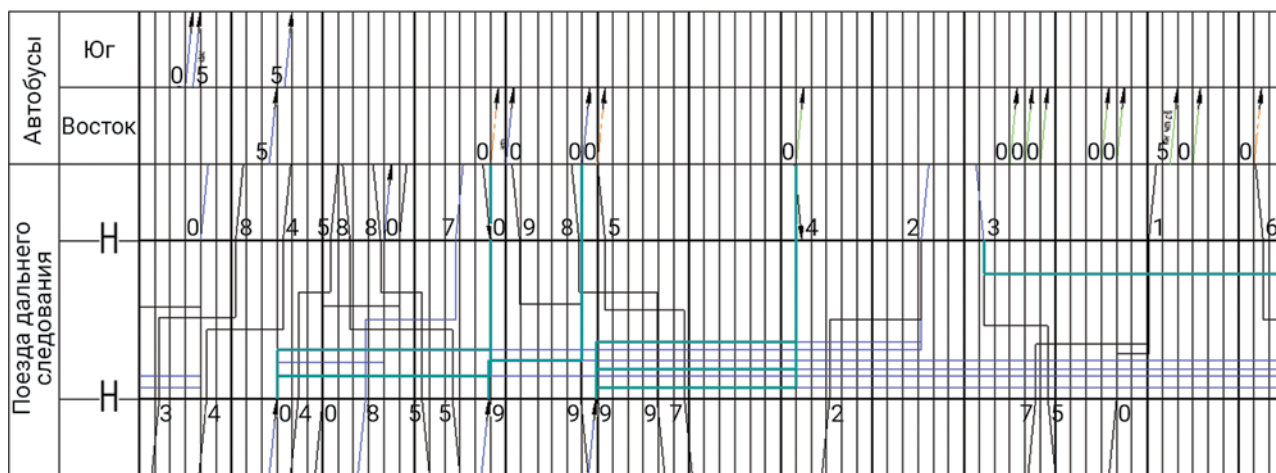


Рис. 2. Фрагмент интегрированного графика взаимодействия видов транспорта на станции Н

данных, позволяющая установить время на пересадку с различных видов транспорта.

Фрагмент наблюдения продолжительности пересадки пассажира с пригородного поезда на авто-транспорт показан на рис. 3.

Существующий годовой пассажиропоток дальнего сообщения в южном и восточном направлениях составляет 1 283 552 пассажира. Суточный пассажиропоток автобусного сообщения в южном и восточном направлениях — в среднем 1120 пассажиров.

Расчетный суточный поток пассажиров для ж.-д. вокзала дальнего следования определяется за расчетные сутки по формуле (1) [13]

$$\Pi_{\text{вд}}^{\text{р}} = C \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (1)$$

где C — пассажиропоток, пассажиров/сутки; k_1 — коэффициент сезонной неравномерности, принимается равным 1,2; k_2 — коэффициент, учитывающий пассажиров прибытия, встречающих и провожающих, принимается равным 1,15; k_3 — коэффициент суточной неравномерности, учитывающий изменение суточных потоков пассажиров по двум наиболее загруженным дням недели по сравнению со среднесуточным потоком, принимается равным 1,1.

Расчетная вместимость вокзала для пассажиров дальнего следования определяется по формуле

$$N_{\text{вд}}^{\text{р}} = \Pi_{\text{вд}}^{\text{р}} \cdot \frac{H}{100}, \quad (2)$$

где H — норма расчетной вместимости вокзала в процентах от C , принимается по [14].

Расчетный часовой поток пассажиров пригородного вокзала вычисляется по формуле

$$\Pi_{\text{п}}^{\text{р}} = \frac{C \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4}{n_{\text{ч}}}, \quad (3)$$

где $n_{\text{ч}}$ — число часов в сутки, в течение которых работает вокзал, равное 19,5 ч; k_4 — коэффициент

часовой неравномерности, учитывающий колебания пригородного пассажиропотока отправления в течение суток, принимается равным 1,5.

Расчетная вместимость вокзала для пассажиров пригородного сообщения находится по формуле

$$N_{\text{вп}}^{\text{р}} = \Pi_{\text{п}}^{\text{р}} \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (4)$$

где k_5 — коэффициент, зависящий от интервалов движения поездов, принимается 0,4 при интервале от 15 до 30 мин; k_6 — коэффициент, учитывающий климатические условия района, для I климатического района принимается равным 1.

Вычисление расчетного суточного потока пассажиров и расчетной вместимости вокзалов сведено в табл. 1.

Площадь рассчитываемого помещения определяется по формуле

$$S = \gamma \cdot l \cdot N_{\text{вд}}^{\text{р}}, \quad (5)$$

где γ — норма усредненного распределения пассажиров по помещениям; l — единичная норма площади помещения на одного пассажира, м²/пассажир.

Расчеты полученных площадей пассажирских помещений вокзала для пассажиров дальнего следования приведены в табл. 2. Нормы площадей помещений пассажирского здания при расчетной вместимости пассажиров показаны в табл. 3.

Таким образом, для пассажиров пригородного сообщения расчетная площадь вокзала составляет 189 м².

Для инфраструктуры ТПК при возрастающем числе обслуживаемых пассажиров в мультимодальном сообщении произведен расчет потребного числа касс, билетопечатающих автоматов с использованием теории массового обслуживания². Общее число обращений в кассы вокзала за сутки максимальных перевозок рассчитывается по формуле

$$\Pi_{\text{max}} = \alpha_{\text{сут}} \cdot P_{\text{max}}^{\text{отп}}, \text{ пассажиры}, \quad (6)$$

² Правдин Н.В., Рябуха В.И., Лукашев Л.С. Технология работы вокзалов и пассажирских станций: учебное пособие / под ред. Н.В. Правдина. М.: Транспорт, 1990. 319 с.

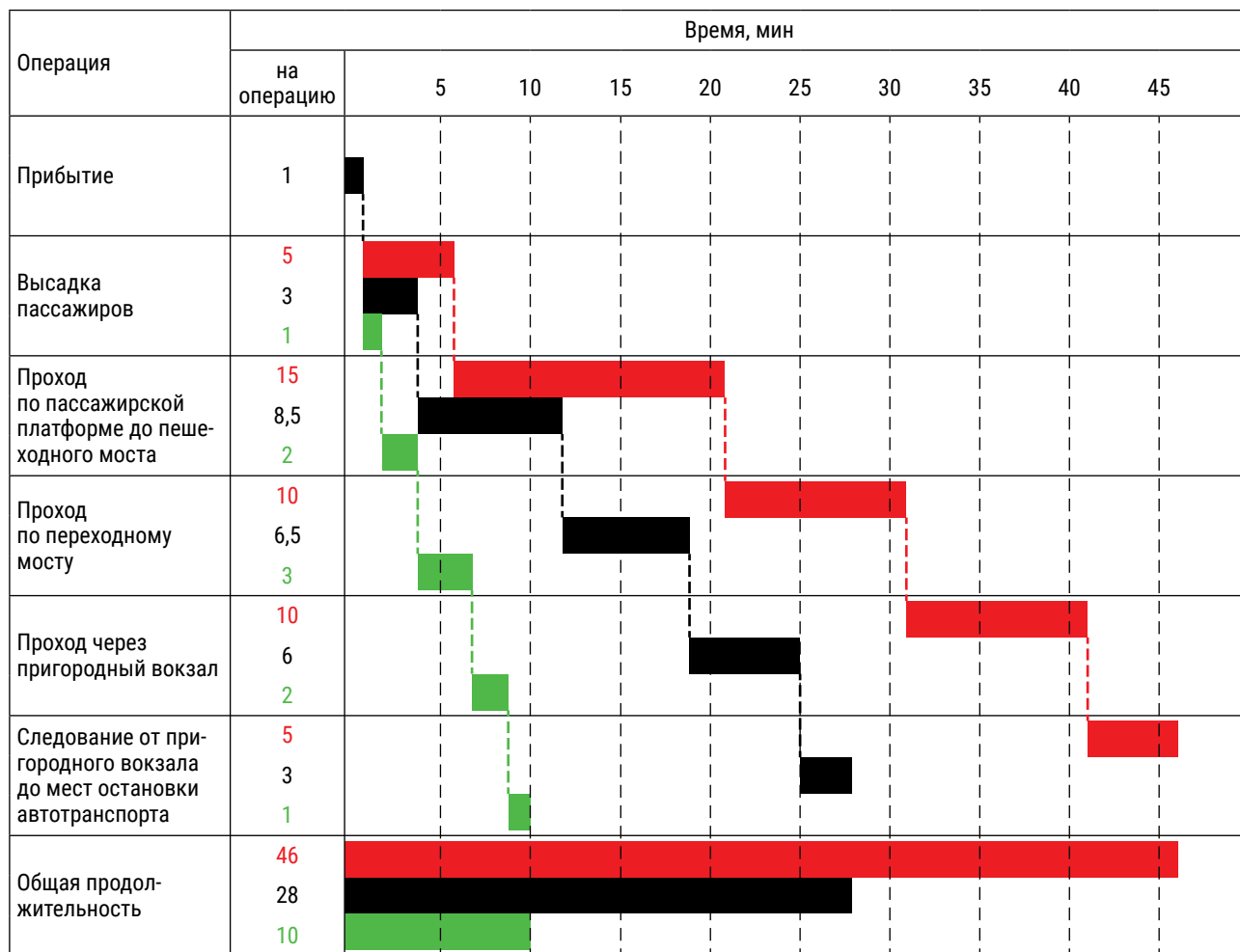


Рис. 3. Фрагмент наблюдения продолжительности пересадки пассажира с пригородного поезда на автотранспорт

Табл. 1. Расчет прогнозируемого среднесуточного количества пассажиров на станции Н, следующих в мультимодальном сообщении, расчетного суточного пассажиропотока на вокзалах, расчетной вместимости вокзалов

Расчетная величина	Общий пассажиропоток	Значение расчетных величин в зависимости от прогнозируемой доли пассажиропотока, следующей в мультимодальном сообщении, %							
		5	10	15	20	25	30	35	40
Пригородное сообщение	9952	498	995	1493	1990	2488	2986	3483	3981
Дальнее сообщение	3616	181	362	542	723	904	1085	1266	1446
Автобусное сообщение	1120	56	112	168	224	280	336	392	448
Итого по схеме «электropоезд – автобус»	11072	554	1107	1661	2214	2768	3322	3875	4429
Итого по схеме «поезд – автобус»	4736	237	474	710	947	1184	1421	1658	1894
Расчетный суточный поток вокзала дальнего следования	–	841	1680	2521	3361	4202	5043	5882	6723
Расчетный часовой поток пригородного вокзала	–	65	129	194	259	323	388	452	517
Расчетная вместимость вокзала дальнего следования	–	286	521	681	907	966	1160	1353	1546
Расчетная вместимость пригородного вокзала	–	26	52	78	104	129	155	181	207

Табл. 2. Расчет площадей пассажирских помещений вокзала дальнего сообщения

Наименование помещения	γ, %	l, м ² /пассажир	Площадь помещения, м ² , в зависимости от расчетной вместимости вокзала для пассажиров дальнего следования							
			286	521	681	907	966	1160	1353	1546
Объединенный пассажирский зал	0,75	2,1	450,5	820,6	1073	1429	1526	1827	2131	2435
Комната пассажиров с детьми	0,1	5	143,0	260,5	340,5	453,5	483,0	580,0	676,5	773,0
Торговые предприятия общественного питания	0,11	5	157,3	286,6	374,6	498,9	531,3	638,0	744,2	850,3
Прочие помещения кратковременного пребывания	0,04	4	45,8	83,4	109,0	145,1	154,6	185,6	216,5	247,4

Табл. 3. Расчет необходимого количества основных билетных касс

Расчетная величина	Значение расчетных величин в зависимости от прогнозируемой доли пассажиропотока, следующего в мультимодальном сообщении, %							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Общее число обращений в кассы вокзала	332	664	997	1328	1661	1993	2325	2657
Коэффициент суточной неравномерности	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
Интенсивность обращения в кассы, человек/мин	0,50	1,05	1,49	2,04	2,49	3,04	3,48	4,03
Минимальное необходимое число касс	1	2	2	3	3	4	4	5
Средняя интенсивность обслуживания пассажиров кассирами, пассажиров/мин	1	2	2	3	3	4	4	5
Коэффициент загрузки кассира	0,50	0,53	0,75	0,68	0,83	0,76	0,87	0,81
Среднее время ожидания в очереди, мин	0,99	0,55	1,47	0,71	1,62	0,79	1,69	0,83
Среднее время на приобретение билета, мин	1,99	1,55	2,47	1,71	2,62	1,79	2,69	1,83
Число билетных касс	1	1	1	2	2	3	3	4
Число пассажиров, ожидающих приобретения билета, пассажиров	0,99	1,11	2,95	2,13	4,86	3,17	6,74	4,15

где $\alpha_{\text{сут}}$ — доля пассажиров, приобретающих билеты на вокзале в день отправления поезда, принимается равной 0,6; $P_{\text{отп}}^{\text{отп}}$ — число пассажиров, отправленных в сутки максимальных перевозок.

В течение суток число обращений в кассы вокзала распределено неравномерно. Коэффициент суточной неравномерности определяется по формуле

$$k_n = \frac{P_{\text{пик}} \cdot 19,5}{P_{\text{max}} \cdot \Delta t_{\text{пик}}}, \quad (7)$$

где $P_{\text{пик}}$ — число обращений в час пик пассажиров, принимается равным $0,6 \cdot P_{\text{max}}$; $\Delta t_{\text{пик}}$ — длительность пикового периода, принимается равной 6 и 4 ч для соответственно основных и дополнительных касс, расположенных на первом этаже пригородного вокзала.

Интенсивность обращения в кассы вычисляется по формуле

$$\lambda = \frac{\alpha_{\text{сут}} \cdot \sum P_{\text{отп}}^{\text{отп}} \cdot k_n}{\beta \cdot (1 - \gamma) t_{\text{сут}}}, \text{ человек/мин}, \quad (8)$$

где $\sum P_{\text{отп}}^{\text{отп}}$ — отправление с вокзала в летний период июля; β — среднее число билетов, приходя-

щих на одного пассажира, равно 1,3; γ — доля пассажиров, которым не удалось приобрести билет, составляет для касс суточной продажи 0,073, для касс предварительной продажи — 0,064; $t_{\text{сут}}$ — продолжительность работы касс в сутках, для суточных и предварительных касс составляет 1080 и 720 мин, соответственно.

Минимальное необходимое число касс, S_{min} , определяется исходя из условия

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} < 0,85 \text{ или } S_{\text{min}} > \lambda \cdot t_{\text{обсл}}, \quad (9)$$

где ψ — коэффициент загрузки кассира, по эргономическим требованиям не должен превышать 0,85; μ — средняя интенсивность обслуживания пассажиров кассирами; $t_{\text{обсл}}$ — среднее время обслуживания пассажира в системе «Экспресс-3», равное 1 мин.

Средняя интенсивность обслуживания пассажиров кассирами рассчитывается по формуле

$$\mu = \frac{S}{t_{\text{обсл}}}, \text{ пассажиров/мин}, \quad (10)$$

где S — число билетных касс на вокзале, равное 18.

Для определения числа билетных касс учитывается, что время на приобретение билета пассажиром W , не должно превышать $T = 20$ мин.

Среднее время ожидания в очереди находится следующим образом

$$W_g = \frac{\psi}{(1-\psi) \cdot \mu}, \text{ мин.} \quad (11)$$

Среднее время, затрачиваемое на приобретение билета, вычисляется по формуле

$$W = W_g + t_{\text{обсл}}, \text{ мин.} \quad (12)$$

Из условия $W \leq T$ следует

$$S^2 - \lambda \cdot t_{\text{обсл}} S - \frac{\lambda \cdot t_{\text{обсл}}^2}{T - t_{\text{обсл}}} \geq 0; \quad (13)$$

$$S^2 - \lambda \cdot S - \frac{\lambda}{19} \geq 0.$$

Число пассажиров, ожидающих приобретения билета

$$P_g = \frac{\psi}{(1-\psi)}, \text{ пассажиров.} \quad (14)$$

Необходимое количество автоматов для продажи пригородных билетов определяется по формуле

$$A = \frac{p^{\max} \cdot \beta_a \cdot \alpha_p}{\Pi_{\phi}}, \quad (15)$$

где $p^{\max}$ — максимальный пригородный пассажиропоток, обслуживаемый за день максимальных перевозок, человек; β_a — часть пассажиров, приобретающих билеты через автоматы, равная 0,6; α_p — коэффициент, учитывающий долю разовых билетов, равный 0,2; Π_{ϕ} — производительность автомата, равная 200 человек/час.

Реализация билетов через билетопечатающий терминал самообслуживания рассматривается как одноканальная система массового обслуживания. Время обслуживания пассажира автоматом постоянно.

Максимальная интенсивность пригородного пассажиропотока, обслуживаемого через автоматы, вычисляется так

$$\lambda = \frac{P_{\text{пик}}^{\max} \cdot \beta_a \cdot \alpha_p}{\Delta t_{\text{пик}}}, \text{ пассажиров/мин,} \quad (16)$$

где $P_{\text{пик}}^{\max}$ — число пассажиров, отправленных за пиковый период; $\Delta t_{\text{пик}}$ — длительность пикового периода, мин.

Средняя интенсивность обслуживания пассажира автоматом

$$\mu = \frac{\Pi_{\phi}}{60}, \text{ пассажиров/мин.} \quad (17)$$

Коэффициент загрузки автомата рассчитывается следующим образом

$$\phi = \frac{\lambda}{\mu} < 1. \quad (18)$$

Среднее время обслуживания пассажира автоматом, мин, вычисляется по формуле

$$t_{\text{обсл}} = 60 \cdot \frac{1}{\Pi_{\phi}}. \quad (19)$$

Среднее время ожидания пассажира в очереди к автомату, мин, определяется так

$$t_{\text{ож}}^{\text{пб}} = \frac{\phi}{2(1-\phi)\mu}. \quad (20)$$

Среднее время, затраченное на приобретение билета, мин, рассчитывается по выражению

$$T = t_{\text{ож}}^{\text{пб}} + t_{\text{обсл}}. \quad (21)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ интегрированных графиков взаимодействия поездов дальнего следования и автобусного движения дальнего сообщения показал, что среднее время нахождения пассажира на станции смены вида транспорта (на станции Н) составляет 1 ч 29 мин при пересадке с автобуса на поезд. При пересадке с поезда на автобус среднее время нахождения пассажира на станции — 1 ч 50 мин и 7 ч 14 мин в восточном и южном направлениях соответственно. С учетом среднего времени, затрачиваемого пассажиром на проследование от поезда дальнего следования до места остановки автобуса, среднее время в ожидании отправления автобуса в восточном и южном направлениях составляет 1 ч 20 мин и 6 ч 34 мин соответственно. Среднее время в ожидании отправления поезда (в восточном направлении) — 59 мин.

Поскольку в южном направлении среднее время нахождения на станции пассажира, а также среднее время ожидания отправления, при пересадке с поезда на междугородный автобус превышает время пересадки между двумя поездами, то применение мультимодального сообщения «поезд — автобус» на данном направлении не является целесообразным при наличии существующего графика движения ж.-д. пассажирского транспорта и расписания автобусов.

В результате анализа интегрированных графиков взаимодействия междугородного автотранспорта и пригородного железнодорожного сообщения определено, что среднее время нахождения на станции при передвижении по схеме «автобус — электричка» составляет 2 ч и в летний, и в зимний периоды, а по схеме «электричка — автобус» — 1 ч 05 мин в летний и 1 ч 13 мин в зимний периоды.

С учетом этого среднее время в ожидании отправления автобуса в летний и зимний периоды — 37 и 46 мин соответственно. Среднее время в ожидании отправления электропоезда — 1 ч 27 мин и

1 ч 32 мин в летний и зимний периоды соответственно.

Кроме того, кластерный анализ маршрутов поездов и автобусов дальнего следования в направлении юг — восток показывает крайнюю ограниченность в выборе для пассажиров, а именно: прямые железнодорожные и автобусные маршруты охватывают соответственно 16,67 и 33,33 % из всех рассматриваемых.

Основным способом проследовать из южных районов дороги Н1 на восток является маршрут с пересадкой. Следование из юго-западных районов предусматривает возможность пересадки в Т или О, однако основным пересадочным пунктом служит станция Н. При осуществлении пересадки минимальное время нахождения на станции Н составляет 1 ч 10 мин, а максимальное — 23 ч 10 мин.

На части маршрутов в данном направлении также курсируют вагоны беспересадочного сообщения, но простой таких вагонов в пункте перецепки (на станции Н) — 7 ч 02 мин. Среднее время пересадки на восточном и южном направлениях — 10 ч 24 мин и 2 ч 53 мин соответственно.

Данные исследования показывают полное отсутствие логистической увязки в рассматриваемых пассажиропотоках, что, несомненно, влияет на выбор пассажиром транспорта не в пользу железнодорожного.

Расчет количества билетных касс основных и дополнительных приведен в табл. 3 и 4.

По данным расчетам можно сделать вывод о достаточности количества билетных касс, уже имеющих в наличии вокзале.

Табл. 4. Расчет необходимого количества дополнительных билетных касс

Расчетная величина	Значение расчетных величин в зависимости от прогнозируемой доли пассажиропотока, следующего в мультимодальном сообщении, %							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Общее число обращений в кассы вокзала	34	67	101	134	168	202	235	269
Коэффициент суточной неравномерности	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
Интенсивность обращения в кассы, человек/мин	0,11	0,22	0,34	0,45	0,56	0,67	0,79	0,90
Минимальное необходимое число касс	1	1	1	1	1	1	1	1
Средняя интенсивность обслуживания пассажиров кассирами, пассажиров/мин	1	1	1	1	1	1	1	1
Коэффициент загрузки кассира	0,11	0,22	0,34	0,45	0,56	0,67	0,79	0,90
Среднее время ожидания в очереди, мин	0,13	0,29	0,51	0,81	1,28	2,06	3,66	8,75
Среднее время на приобретение билета, мин	1,13	1,29	1,51	1,81	2,28	3,06	4,66	9,75
Число билетных касс	1	1	1	1	1	1	1	1
Число пассажиров, ожидающих приобретения билета, пассажиров	0,13	0,29	0,51	0,81	1,28	2,06	3,66	8,75

Табл. 5. Расчет количества основных билетопечатающих автоматов

Расчетная величина	Значение расчетных величин в зависимости от прогнозируемой доли пассажиропотока, следующего в мультимодальном сообщении, %							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Необходимое количество автоматов	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00
Максимальная интенсивность пригородного пассажиропотока, обслуживаемого через автоматы, пассажиров/мин	0,18	0,37	0,55	0,74	0,92	1,11	1,29	1,48
Средняя интенсивность обслуживания пассажира автоматом, пассажиров/мин	3,33							
Коэффициент загрузки автомата	0,06	0,11	0,17	0,22	0,28	0,33	0,39	0,44
Среднее время обслуживания пассажира автоматом, мин	0,30							
Среднее время ожидания пассажира в очереди, мин	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,10	0,12
Среднее время на приобретение билета, мин	0,31	0,32	0,33	0,34	0,36	0,37	0,40	0,42

Табл. 6. Расчет количества дополнительных билетопечатающих автоматов

Расчетная величина	Значение расчетных величин в зависимости от прогнозируемой доли пассажиропотока, следующего в мультимодальном сообщении, %							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Необходимое количество автоматов	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Максимальная интенсивность пригородного пассажиропотока, обслуживаемого через автоматы, пассажиров/мин	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22
Средняя интенсивность обслуживания пассажира автоматом, пассажиров/мин	3,33							
Коэффициент загрузки автомата	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Среднее время обслуживания пассажира автоматом, мин	0,30							
Среднее время ожидания пассажира в очереди, мин	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Среднее время на приобретение билета, мин	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31

Расчет количества основных и дополнительных билетопечатающих автоматов приведен в табл. 5 и 6.

Таким образом, количество имеющихся билетопечатающих автоматов удовлетворяет их расчетному числу при доле пассажиропотока, следующего в мультимодальном сообщении, не более 30 %. В случае ее увеличения потребуются установка еще одного билетопечатающего автомата.

Определено, что существующая площадь вокзала соответствует требованиям норм при привлечении дополнительного пассажиропотока. Число билетных касс должно обеспечивать полное и своевременное обслуживание пассажиров, приобретающих проездные документы.

ВЫВОДЫ

Предложение по внедрению мультимодального железнодорожно-автомобильного сообщения с пересадкой на станции Н и организация ТПК возможна. Инфраструктура удовлетворяет возрастающему пассажиропотоку в пределах 30 % к существующему. Необходима интеграция расписаний движения ж.-д. транспорта и междугороднего автобусного и внедрение единого транспортного билета. Частота следования городского автобусного движения и метро достаточно высока и не приводит к дополнительным ожиданиям пассажиров при пересадке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев А.Н., Копылова Е.В. Интермодальные системы в пригородных пассажирских перевозках // Железнодорожный транспорт. 2003. № 10. С. 65–67.
2. Вакуленко С.П., Копылова Е.В. Логистика пассажирских перевозок: особенности и основные понятия // Мир транспорта. 2015. Т. 13. № 3 (58). С. 32–36.
3. Копылова Е.В., Куликова Е.Б. Логистика — перспективное направление развития пассажирских перевозок // Железнодорожный транспорт. 2010. № 3. С. 61–64.
4. Вакуленко С.П., Копылова Е.В., Белянкин А.Ю. Оценка целесообразности формирования логистических систем обслуживания пассажиров // Мир транспорта. 2015. Т. 13. № 2 (57). С. 122–128.
5. Миротин Л., Игнатенко А., Марунин В. Логистический взгляд на пассажирские перевозки // Логистика. 1998. № 4. С. 31–33.
6. Ларионова Г.С., Чечерина Е.А. «Да» или «нет» мультимодальным пассажирским перевозкам? // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 13. С. 3986–3990.
7. Коваленко А.Н. Мультимодальные пассажирские перевозки в Казани // Мир транспорта. 2014. Т. 12. № 1 (50). С. 134–138.
8. Попова И.М. Логистический аутсорсинг как механизм совершенствования городских пассажирских перевозок // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. Т. 2. № 1 (38). С. 247–250.
9. Гусев С.А. Логистические подходы в модернизации городского пассажирского транспорта // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2011. № 2. С. 55–58.
10. Прокофьева Т.А., Кашпурова О.В. Кластерный подход к развитию логистической инфраструктуры и формированию региональных транспортно-логистических систем и межрегиональных макрологистических платформ // Современные технологии управления логистической инфраструктурой — III: сб. статей научно-практической конференции. 2011. С. 83–102.
11. Рыкалина О. Инфраструктура как фактор экономического роста и ее логистическая составляющая // Логистика. 2012. № 2 (63). С. 36–39.

12. Парахина В.Н. Методологические основы и методы муниципального управления развитием пассажирского транспорта города: автореферат дис. ... д-ра эк. наук. СПб., 2005. 38 с.

13. Пазойский Ю.О., Батурич А.П., Шмелевич М.И. Типизация железнодорожных станций // Мир транспорта. 2011. Т. 9. № 5 (38). С. 112–119.

14. Пазойский Ю.О., Батурич А.П., Шатских С.О. Определение типа железнодорожной станции на основе балльной оценки ее работы // «Подготовка и переподготовка кадров — основа обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте»: материалы Международной научно-практической конференции. Кишинев: Эврика, 2013. С. 159.

REFERENCES

1. Kiselev A.N., Kopylova E.V. Intermodal systems in commuter traffic. *Rail Transport*. 2003; 10:65-67. (In Russian).

2. Vakulenko S.P., Kopylova E.V. Logistics of passenger transportation: features and basic concepts. *World of Transport and Transportation*. 2015; 13(3):(58):32-36. (In Russian).

3. Kopylova E.V., Kulikova E.B. Logistics — a promising direction of passenger transport development. *Rail Transport*. 2010; 3:61-64. (In Russian).

4. Vakulenko S.P., Kopylova E.V., Belyankin A.Y. Feasibility assessment of development of passenger service logistic systems. *World of Transport and Transportation*. 2015; 13(2):(57):122-128. (In Russian).

5. Mirotin L., Ignatenko A., Marunich V. Logistic look at passenger transportation. *Logistics*. 1998; 4:31-33. (In Russian).

6. Larionova G.S., Checherina E.A. "Yes" or "no" to multimodal passenger traffic? *Scientific and methodical electronic magazine "Concept."* 2015; 13:3986-3990. (In Russian).

7. Kovalenko A.N. Multimode passenger traffic in Kazan. *World of Transport and Transportation*. 2014; 12(1):(50):134-138. (In Russian).

8. Popova I.M. Logistical outsourcing as an improvement mechanism of a city passenger carriage. *Herald of Saratov State Technical University*. 2009; 2(1):(38):247-250. (In Russian).

9. Gusev S.A. Logistical approaches in the modernization of urban passenger transport. *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Economics*. 2011; 2:55-58. (In Russian).

10. Prokofieva T.A., Kashpurova O.V. Cluster approach to the development of logistics infrastructure and the formation of regional transport and logistics systems and interregional macro-logistics platforms. *Modern technologies for managing logistics infrastructure — III: collection of articles of the scientific and practical conference*. 2011; 83-102. (In Russian).

11. Rykalina O. Infrastructure as a factor of the economic growth, and its logistic component. *Logistics*. 2012; 2(63):36-39. (In Russian).

12. Parakhina V.N. *Methodological foundations and methods of municipal management of the development of passenger transport of the city: abstract diss. ... doctors of economics*. St. Petersburg, 2005; 38. (In Russian).

13. Pazoy Y.O., Baturin A.P., Shmulevich M.I. Typification of railway stations. *World of Transport and Transportation*. 2011; 9(5):(38):112-119. (In Russian).

14. Pazoy Y.O., Baturin A.P., Shatsky S.O. Determining the type of railway station based on a points assessment of its work. "Training and retraining of personnel is the basis of ensuring safety on rail transport": *Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Kishinev, Eureka, 2013; 159:169.

Об авторе

Юлия Викторовна Голенья — старший преподаватель; **Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)**; 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191; golenja@ngs.ru.

Bionotes

Yulia V. Golenya — Senior Lecturer; **Siberian Transport University (STU)**; 191 Dusi Kovalchuk st., Novosibirsk, 630049, Russian Federation; golenja@ngs.ru.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Голенья Ю.В. Анализ возможности организации транспортно-пересадочного комплекса // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. Вып. 4. С. 329–338. DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.329-338

FOR CITATION: Golenya Yu.V. Analysis of the possibility of organizing a transport interchange complex. *Transport technician: education and practice*. 2020; 1(4):329-338. (In Russian). DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.329-338

Поступила в редакцию 24 апреля 2020 г.

Принята в доработанном виде 27 мая 2020 г.

Одобрена к публикации 20 августа 2020 г.

Received April 24, 2020.

Adopted in a revised form on May 27, 2020.

Approved for publication on August 20, 2020.

© Ю.В. Голенья, 2020