

Моделирование процессов билетно-кассового обслуживания посетителей вокзального комплекса

И.А. Чубарова✉, А.Д. Доможирова

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉ia7chubarova@gmail.com

Резюме

Для эффективного использования и дальнейшего развития вокзальных комплексов ОАО «РЖД» была принята и утверждена Стратегия развития холдинга на период до 2030 года. На ее основе сейчас осуществляется работа по модернизации вокзалов на железнодорожном транспорте: внедрение современных технологий, переустройство пассажирских устройств, увеличение услуг, которые предоставляются на вокзале посетителям, изменение основных устройств вокзалов, автоматизация процессов производства. Одновременно идет поиск направлений для более эффективного использования объектов вокзальных комплексов, в том числе с помощью методов имитационного моделирования. Целью настоящего исследования является изучение возможностей программного обеспечения AnyLogic для имитационного моделирования процессов работы вокзального комплекса. Задачи исследования заключаются в анализе пассажиропотоков и имитационном моделировании билетно-кассового обслуживания. Объектом изучения выступает вокзальный комплекс Иркутск-Пассажирский. В работе показано моделирование процессов, происходящих на вокзальном комплексе (на примере отдельной железнодорожной станции), и рассмотрены варианты совершенствования качества обслуживания посетителей. В статье обоснован выбор метода имитационного моделирования и проведен анализ текущей системы путем построения имитационных моделей. Представлены результаты двух сценариев имитационного моделирования работы билетных касс. Разработка имитационной модели билетно-кассового обслуживания позволила определить «узкие» места и скорректировать режим работы билетных касс для рациональной организации обслуживания посетителей вокзального комплекса. Внедрение программного обеспечения AnyLogic даст возможность получать детальное представление о процессах, происходящих на вокзальном комплексе, находить недостатки в его функционировании и оптимизировать необходимые операции.

Ключевые слова

вокзальный комплекс, программное обеспечение AnyLogic, имитационная модель, моделирование, билетно-кассовое обслуживание, организация пассажиропотока, посетители, пассажиры, улучшение качества обслуживания

Для цитирования

Чубарова И.А. Моделирование процессов билетно-кассового обслуживания посетителей вокзального комплекса / И.А. Чубарова, А.Д. Доможирова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 1 (77). С. 156–168. DOI 10.26731/1813-9108.2023.1(77).156-168.

Информация о статье

поступила в редакцию: 20.01.2023; поступила после рецензирования: 22.03.2023 г.; принята к публикации: 23.03.23 г.

Simulation of the processes of ticket and cash service for visitors of the station complex

I.A. Chubarova✉, A.D. Domozhirova

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ia7chubarova@gmail.com

Abstract

For the effective use and further development of the station complexes of JSC Russian Railways, the Concept until 2030 was adopted and approved. On the basis of the adopted concept, work is now underway to modernize railway stations: the introduction of modern technologies, the reconstruction of passenger facilities, the increase in services provided to visitors at the station, the change in the main station devices, and the automation of production processes. At the same time, there is a search for directions for more efficient use of the station complex facilities, including with the help of simulation modeling methods. The purpose of this research is to study the capabilities of the AnyLogic software for simulating the processes of the station complex. The objectives of the study are to analyze passenger flows and simulate the ticketing service. The subject of the research is the station complex Irkutsk-Passenger. The paper shows the modeling of processes occurring at the station complex (on the example of the Irkutsk-Passenger railway station) and considers options for improving the quality of service for visitors to the station complex. In the study, the choice of the simulation method was substantiated and the analysis of the current system was carried out by building simulation models. The article presents the results of two scenarios for simulating the work of ticket offices. The

development of a simulation model of ticketing and cash services made it possible to identify «bottlenecks» and adjust the operating mode of ticket offices for the rational organization of servicing the station complex visitors. Implementation of AnyLogic software will make it possible to obtain a detailed understanding of the processes taking place at the station complex, to find «bottlenecks» and optimize processes in need.

Keywords

station complex, AnyLogic software, simulation model, modeling, ticketing and cash services, organization of passenger traffic, visitors, passengers, improving the quality of service

For citation

Chubarova I.A., Domozhirova A.D. Modelirovanie protsessov biletno-kassovogo obsluzhivaniya posetitelei vokzal'nogo kompleksa [Modeling the processes of ticketing and cash services for visitors to the station complex]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemy analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2023, no. 1 (77), pp. 156–168. DOI: 10.26731/1813-9108.2023.1(77).156-168.

Article Info

Received: January 20, 2023; Revised: March 22, 2023; Accepted: March 23, 2023.

Введение

Во все времена людям для учебы, путешествий, отдыха и работы необходимо было перемещаться. Транспорт всегда занимал и будет занимать значимые позиции в каждой стране. Изменения в политической жизни нашего государства не могут сегодня не сказаться на выборе вектора дальнейшего функционирования транспортной системы, в том числе в области железнодорожных пассажирских перевозок. В настоящее время во главу угла поставлена задача развития внутренних путей сообщения для перевозок пассажиров [1]. В связи с этим на железнодорожную отрасль возложена серьезная ответственность по обеспечению безопасности, доступности и комфорта пассажирских перевозок [2]. Очевидно, что применение IT-технологий, в том числе имитационного моделирования, при возрастающем объеме перевозок пассажиров по железной дороге должно стать неотъемлемой частью повышения уровня развития как самой отрасли, так и государства в целом.

Моделирование на объектах инфраструктуры применяется, если эксперимент в реальности затруднен по причине высоких материальных или временных затрат. Кроме того, разработка моделей позволяет увидеть эффективность предложенных мероприятий без рисков для функционирования объекта и детально отследить поведение системы во времени [3].

Анализ существующих на рынке систем бизнес-моделирования позволил сделать вывод, что программная среда российского производства AnyLogic дает возможность создавать комплексные решения для планирования, организации и оптимизации пешеходных потоков в обществен-

ных зданиях, в том числе на вокзалах [4].

Целью настоящего исследования является изучение возможностей программного обеспечения AnyLogic для имитационного моделирования процессов работы вокзального комплекса. Задачами исследования являются оптимизация бизнес-процессов и нахождение «узких» мест в пунктах обслуживания пассажиров.

Объектом изучения выступает вокзальный комплекс Иркутск-Пассажирский. Разработка моделей в системе AnyLogic позволит рассмотреть такой бизнес-процесс, как организация билетно-кассового обслуживания, с целью оптимизации числа и работы билетных касс для обеспечения запросов посетителей в режиме реального времени.

Характеристика и анализ работы вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский

Железнодорожный вокзал Иркутск-Пассажирский является крупнейшим пассажирским вокзалом на Восточно-Сибирской магистрали. На вокзальном комплексе имеется пассажирское здание, пешеходный тоннель, перрон, платформы для посадки пассажиров, переходы в разных уровнях через железнодорожные пути, малые архитектурные формы, привокзальная территория [5].

В настоящее время ведется реконструкция здания вокзала. Новый корпус иркутского вокзала с объединенным пассажирским залом сделает пребывание на вокзальном комплексе более комфортным и удобным, повысив привлекательность города и региона, в том числе с точки зрения туризма [6].

На вокзальном комплексе Иркутск-Пассажирский пассажирам и посетителям ока-

зываются обязательные услуги, в том числе билетно-кассовое обслуживание, целью которых является оформление, переоформление документов для проезда или их возврат [7]. Проездные документы оформляются в билетных кассах дальнего следования АО «ФПК» и билет-

ных кассах пригородного сообщения АО «БППК». Эта деятельность осуществляется в круглосуточном режиме и зависит от пассажиропотока. Распределение потока пассажиров по часам суток на вокзале Иркутск-Пассажирский представлено в табл. 1.

Таблица 1. Почасовой анализ пассажиропотока вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский
Table 1. Hourly analysis of the passenger traffic of the station complex Irkutsk-Passenger

Время, час Time, hour	№ поезда Train number	Число пассажиров Number of passengers		Посетители, чел. Visitors, people	Итого, чел. Total, people
		Прибывающих, пасс. arriving, pass.	Отправляющихся, пасс. departing, pass		
1	2	3	4	5	6
00:00–01:00	82	116	109	234	659
	6 301	–	200		
01:00–02:00	6 301	–	236	256	853
	62	–	36		
	6 303	–	63		
	6 302	–	173		
	6 333	–	39		
02:00–03:00	62	109	121	316	1976
	6 303	33	216		
	6 302	213	217		
	6 333	253	56		
	8	–	116		
	6 305	–	21		
	361	207	–		
70	–	98			
03:00–04:00	8	121	129	293	1255
	6 305	112	103		
	70	105	108		
	6 112	203	–		
	6 306	–	52		
	6 335	–	29		
04:00–05:00	6 306	26	115	248	891
	6 335	143	59		
	921	136	–		
	6 307	–	11		
	6 308	153	–		
05:00–06:00	6 307	109	33	293	580
	269	39	40		
	6 314	–	66		
06:00–07:00	269	–	203	102	753
	6 314	129	109		
	87	210	–		
07:00–08:00	6 102	–	29	136	243
	6 320	–	78		
08:00–09:00	6 102	139	29	120	589
	6 320	35	112		
	250	–	81		
	6 103	–	7		
09:00–10:00	250	–	116	136	754
	6 103	29	223		
	7 102	105	–		

Окончание таблицы 1
End of table 3

1	2	3	4	5	6
	6 313	59	63		
	61	–	23		
10:00–11:00	6 313	79	87	105	729
	61	101	123		
	69	97	121		
	6 117	–	16		
11:00–12:00	6 117	23	103	119	337
	6 334	–	36		
	6 319	–	56		
12:00–13:00	6 334	20	97	129	444
	6 319	17	93		
	6 108	–	9		
	7 101	–	79		
13:00–14:00	6 108	103	19	178	620
	7 101	–	116		
	249	116	–		
	6 326	–	16		
	6 324	–	72		
14:00–15:00	6 326	99	21	188	675
	6 324	19	103		
	6 323	–	10		
	6 325	–	52		
	362	–	131		
	6 328	–	52		
15:00–16:00	6 323	103	25	203	769
	6 325	23	107		
	6 328	107	123		
	2	–	73		
	6 329	–	5		
16:00–17:00	2	107	121	209	735
	6 329	112	17		
	6 114	–	11		
	57	–	105		
	7	–	53		
17:00–18:00	6 114	99	25	216	783
	57	–	203		
	7	119	121		
18:00–19:00	322	–	83	129	212
19:00–20:00	322	–	132	101	233
20:00–21:00	–	–	–	93	93
21:00–22:00	1	–	51	91	142
22:00–23:00	1	105	116	75	296
23:00–24:00	82	–	51	136	202
	6 301	–	15		

По результатам полученных данных (см. табл. 1) о почасовом распределении потока пассажиров было установлено, что наблюдается суточная неравномерность. Так, максимальное число пассажиров и посетителей вокзального комплекса приходится на утренний час

пик (с 2:00 до 3:00 по московскому времени) и составляет почти 2 000 пассажиров, минимальное значение (менее 100 пассажиров) выпадает на ночное время (с 20:00 до 21:00 по московскому времени).

На величину пассажиропотока влияет ко-

личество прибывающих и отправляющихся пассажирских и пригородных поездов. В рамках исследования был проведен анализ размеров движения по ст. Иркутск-Пассажирский.

Размеры движения пассажирских поездов и категории обслуживаемых на вокзальном комплексе пассажиров и посетителей представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Размеры движения пассажирских и пригородных поездов

Table 2. Passenger and commuter train traffic volumes

Категория поездов Train category	Летний период, пар поездов Summer period, steam trains	Зимний период, пар поездов Winter period, steam trains
Пассажирские и скорые поезда дальнего следования Passenger and fast long-distance trains	53	42
Пригородные поезда Commuter trains	32	36
Итого Total	85	78

Таблица 3. Категории и количество пассажиров и посетителей

Table 3. Categories and number of passengers and visitors

Категории пассажиров и посетителей Categories of passengers and visitors		Категория пассажирского поезда Category passenger train	Количество человек, сут. Number of people, days
Посетитель Visitor		–	2 422
Пассажир Passenger	Прибытия arrival	Дальнего следования Long-distance	565
		Пригородный (в том числе скорый пригородный) Commuter (including fast commuter)	610
	Отправления departures	Дальнего следования Long distance	652
		Пригородный (в том числе скорый пригородный) Commuter (including fast commuter)	595

На основе существующего расписания пассажирских и пригородных поездов и с учетом принятой технологии работы, в рамках исследования был разработан график работы вокзального комплекса ст. Иркутск-Пассажирский с целью определения заполняемости инфраструктуры вокзала в течение суток. Анализ загруженности устройств вокзального комплекса показал, что она достигает максимальных значений в периоды с 1:00 до 5:00 (по московскому времени), а минимальная загрузка приходится на период с 18:00 до 24:00 (по московскому времени). Минимум загрузки в данное время обусловлено тем, что по местному времени этот период приходится на ночь.

Для наиболее полного представления работы вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский, в ходе исследования были про-

анализированы пассажиропотоки за период 2017–2021 гг. Среднесуточные, годовые и общие пассажиропотоки для пригородного и дальнего следования представлены в табл. 4.

Анализ потока пассажиров показал, что значение годового пассажиропотока дальнего следования в период с 2017 по 2019 г. увеличилось, затем заметно снижение в 2020 г. и небольшое повышение в 2021 г. Пассажиропоток дальнего сообщения в 2020 г. стал меньше на 50,14 %, чем годом ранее, а в 2021 г. произошло увеличение на 33 % в сопоставлении с предыдущим годом. Что касается пригородного сообщения, то здесь значение годового пассажиропотока в 2018 г. уменьшилось на 5 %, если сравнивать с 2017 г., а в 2019 г. увеличилось относительно 2018 г. на 5,2 %, затем снова наблюдается спад, и уже в 2021 г. поток сни-

зился на 28,5 %, если сравнивать с 2019 г. Также можно заметить уменьшение общего пасса-

жиропотока в 2020 и 2021 гг. относительно периода 2017–2019 гг.

Таблица 4. Пассажиропотоки вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский в 2017–2021 гг.

Table 4. Passenger flows of the station complex Irkutsk-Passenger in 2017–2021

Год Year	Дальнее сообщение Long distance service		Пригородное сообщение Commuter service		Общий годовой пассажиропоток, пасс. Total annual passenger traffic, pass
	Годовой пассажиропоток, пасс. Annual passenger traffic, pass.	Среднесуточный пассажиропоток, пасс. Average daily passenger traffic, pass	Годовой пассажиропоток, пасс. Annual passenger traffic, pass.	Среднесуточный пассажиропоток, пасс. Average daily passenger traffic, pass	
2017	748 720	2 057	595 926	1 637	1 344 646
2018	805 479	2 212	567 526	1 600	1 373 005
2019	835 529	2 289	597 307	1 636	1 432 836
2020	416 621	1 141	453 495	1 242	870 116
2021	555 319	1 521	427 172	1 170	982 491

Помимо разницы пассажиропотоков по годам, также можно заметить различия между значениями пассажиропотоков дальнего и пригородного сообщений. Существенную долю общего пассажиропотока занимает пассажиропоток дальнего следования, кроме 2020 г., где пригородный пассажиропоток превысил пассажиропоток дальнего следования. Для визуального анализа данные табл. 4. представлены в виде гистограммы на рис. 1.

Таким образом, анализ пассажиропотока позволил сделать вывод, что пассажиропоток дальнего следования значительно превышает пассажиропоток пригородного сообщения, что обусловлено неравномерностью пригородного пассажиропотока по дням недели и сезонностью пригородного сообщения [8].

Для исключения возможности дальней-

шего уменьшения пассажиропотоков и привлечения пассажиров необходимо принимать меры с целью повышения востребованности пассажирских перевозок в регионе. Возможными вариантами могут быть, в том числе, повышение комфорта и качества обслуживания пассажиров на вокзальном комплексе путем применения имитационного моделирования для обеспечения запросов посетителей в режиме реального времени [9].

Создание имитационной модели вокзального комплекса

Имитационное моделирование в программной среде AnyLogic включает в себя применение различных методов, в том числе дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование и системную динамику.

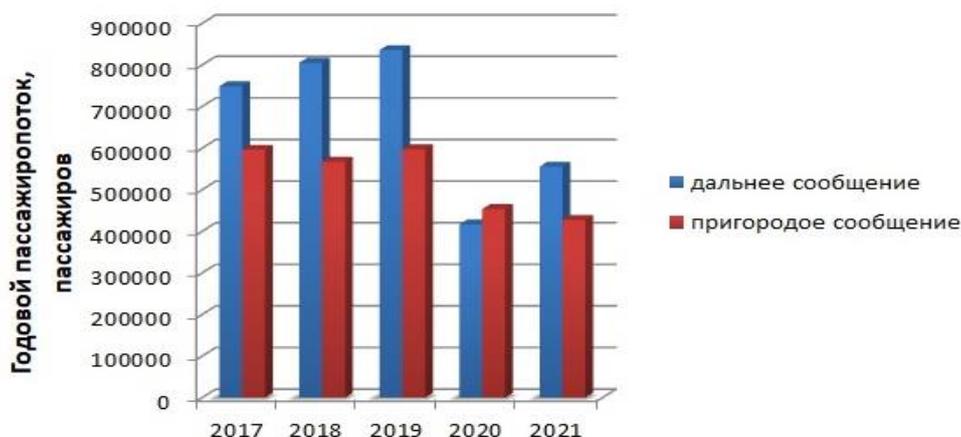


Рис. 1. Гистограмма годового пассажиропотока на период 2017–2021 гг.

Fig. 1. Histogram of annual passenger traffic for the period 2017–2021

Анализ существующих методов показал, что для вокзального комплекса приемлемым является первый из перечисленных подходов. Дискретно-событийное моделирование характеризуется таким функционированием системы, при котором события развиваются в хронологическом порядке. В конкретный момент времени происходит событие и демонстрирует, как изменилось состояние системы [10].

С применением рассмотренного метода в программной среде AnyLogic была разработана

имитационная модель организации билетно-кассового обслуживания вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский.

В модели в качестве агента выступает пассажир. Для более детального представления процессов использовались единицы времени – минуты, моделируемый отрезок – сутки [11]. Построенная модель состоит из 26 элементов.

Настройки модели билетно-кассового обслуживания вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский» представлены в табл. 5–8.

Таблица 5. Сведения для блока «Source»

Table 5. Information for the «Source» block

Расписание интенсивности прибытия пассажиров Passenger Arrival Rate Schedule		
Время (московское), час Time (Moscow), hour	Интенсивность прибытия пассажиров, пасс. / час Passenger arrival intensity, pass / hour	
	В пригородные кассы At suburban ticket offices	В кассы дальнего следования At the long-distance ticket offices
00:00–01:00	62	63
01:00–02:00	136	68
02:00–03:00	141	130
03:00–04:00	108	73
04:00–05:00	75	60
05:00–06:00	53	53
06:00–07:00	48	33
07:00–08:00	71	23
08:00–09:00	101	68
09:00–10:00	111	74
10:00–11:00	117	78
11:00–12:00	94	31
12:00–13:00	108	33
13:00–14:00	91	60
14:00–15:00	152	101
15:00–16:00	123	83
16:00–17:00	51	101
17:00–18:00	26	118
18:00–19:00	5	46
19:00–20:00	2	33
20:00–21:00	0	6
21:00–22:00	0	10
22:00–23:00	0	7
23:00–00:00	3	3

Таблица 6. Значения условий для блоков «SelectOutput»

Table 6. Condition values for «SelectOutput» blocks

Название блока Block name	Выбор выхода Output selectable	Значение условия Condition value
Выбор способа покупки Choice of purchase method	При выполнении условия	((БПА.size>2) (queue.size<1)) (покупка в кассе)
Выбор способа покупки Choice of method purchases	При выполнении условия	((очередь.size>0) (queue1.size<1)) (покупка в кассе)

Таблица 7. Сведения для боков «Queue»
Table 7. Details for the «Queue» sides

Название блока Block name	Вместимость, чел Capacity, people	Таймаут, мин. Timeout, min
Кассы пригородного следования Suburban ticket offices	80	25
Кассы дальнего следования Long-distance ticket offices	110	30
Транзакционный терминал самообслуживания Transactional self-service terminal	5	–

Таблица 8. Данные для блоков «Delay»
Table 8. Data for «Delay» blocks

Название блока Block name	Минимальное время, мин. Minimum time, min	Вероятное время, мин Probable time, min	Максимальное время, мин Maximum time, min	Вместимость, чел. Capacity, people
Покупка в кассе пригородной Purchase at the commuter box office	2	2,5	3	4
Билетопечатающий автомат ticket printing machine	1,5	2	2,5	4
Покупка в кассе дальней Purchase at the long distance box of- fice	3	4	6	11
Транзакционный терминал самообслуживания Transactional self-service terminal	1,5	2	2,5	1

Для существующего расписания работы пригородных касс и касс дальнего следования принято определенное количество работающих кассиров, число билетопечатающих автоматов и транзакционных терминалов самообслуживания. Имитационная модель организации билетно-кассового обслуживания вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский представлена на рис. 2.

Представленная имитационная модель (см. рис. 2) включает в себя блок «Выход без обслуживания», показывающий количество посетителей, не удовлетворенных качеством работы билетных касс. Для анализа результатов моделирования билетно-кассового обслуживания в системе AnyLogic были рассмотрены основные показатели, характеризующие работу касс. Соотношение числа обслуженных и не обслуженных пассажиров в кассах дальнего следования и в пригородных кассах представлено на диаграммах (рис. 3).

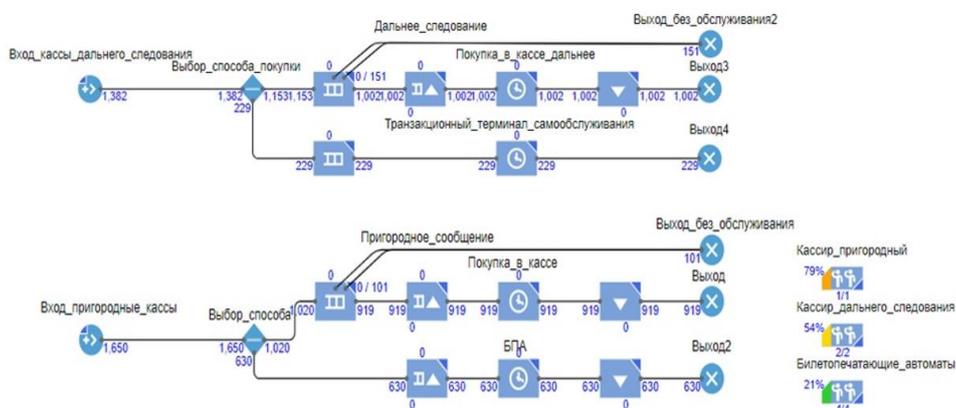


Рис. 2. Имитационная модель билетно-кассового обслуживания вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский
Fig. 2. Simulation model of ticketing and cash service of the station complex Irkutsk-Passenger



Рис. 3. Диаграммы соотношения обслуженных пассажиров и не обслуженных в кассах вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский
Fig. 3. Diagrams of the ratio of served passengers and those not served at the box office of the station complex Irkutsk-Passenger



Рис. 4. Временной график длины очередей в кассы вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский
Fig. 4. Time schedule of queue length at the ticket office of the Irkutsk-Passenger station complex

Анализ результатов моделирования билетно-кассового обслуживания показал, что количество пассажиров, не обслуженных в кассах дальнего следования, составило 151 чел., т.е. 11 % от общего числа, а в кассах пригородного следования не обслуженными остались 101 чел., что составило 6 % от всего числа пассажиров, пришедших в пригородные кассы за данные сутки.

Основные причины ухода пассажиров без обслуживания в кассах – образование очереди свыше установленной нормы (более 80 чел. в сут для касс пригородного следования, более 110 – для касс дальнего следования) или ожидание обслуживания более установленного времени (до 5 мин.) [12].

На рис. 4 представлен график зависимости длины очередей в кассы дальнего и пригородного сообщения с распределением по времени.

Из графиков (см. рис. 4) видно, что очередь в кассы пригородного сообщения достигает максимальных значений в период времени 1:00–4:00 и 14:00–15:00, что обусловлено высоким уровнем пассажиропотока в данное время и небольшим числом работающих касс. В кассы дальнего следования максимальная очередь образуется в период от 1:00 до 3:30 и с 16:00 до 17:00 по аналогичной причине.

Очевидно, что образование очередей не является причиной ухода не обслуженных пассажиров, так как длина очереди за сутки практически не превышала установленных норм [13].

Оценка количества посетителей (%) в зависимости от времени ожидания обслуживания (мин.) представлена в виде гистограммы на рис. 5.

Из гистограммы видно, что около 75 % посетителей касс дальнего следования находились в очереди до 5 мин., 15 % – 20–30 мин., в итоге 11 % посетителей (см. рис. 3) ушли не обслуженными после 30 мин. ожидания. Около 65 % посетителей касс пригородного сообщения находились в очереди менее 5 мин., а 10 % ждали обслуживания 20–25 мин., в итоге 6 % посетителей ушли, не дождавшись обслуживания (см. рис. 4). Понятно, что основной причиной ушедших без обслуживания пассажиров является длительное ожидание в очереди (в кассы дальнего следования более 25 мин., в пригородные кассы – более 20 мин.).

Долгое ожидание в очереди связано с

существующим расписанием работы касс и установленным числом кассиров. Так, во время наиболее интенсивного пассажиропотока (с 5:00 до 9:00 часов по местному времени), работает одна касса для поездов дальнего следования, а во время перерыва не работает ни одна из касс [14].

Для решения данной проблемы на основе результатов и выводов, полученных из представленной имитационной модели билетно-кассового обслуживания вокзального комплекса Иркутск-пассажирский, в рамках исследования была произведена корректировка расписания работы касс и получены результаты, удовлетворяющие заявленным требованиям. Модель работы билетных касс по оптимизированному расписанию представлена на рис. 6.

На диаграмме можно увидеть, что число



Рис. 5. Гистограмма количества посетителей (%) в зависимости от времени ожидания обслуживания (мин.)

Fig. 5. Histogram of the number of visitors (%) depending on the waiting time for service (minutes)

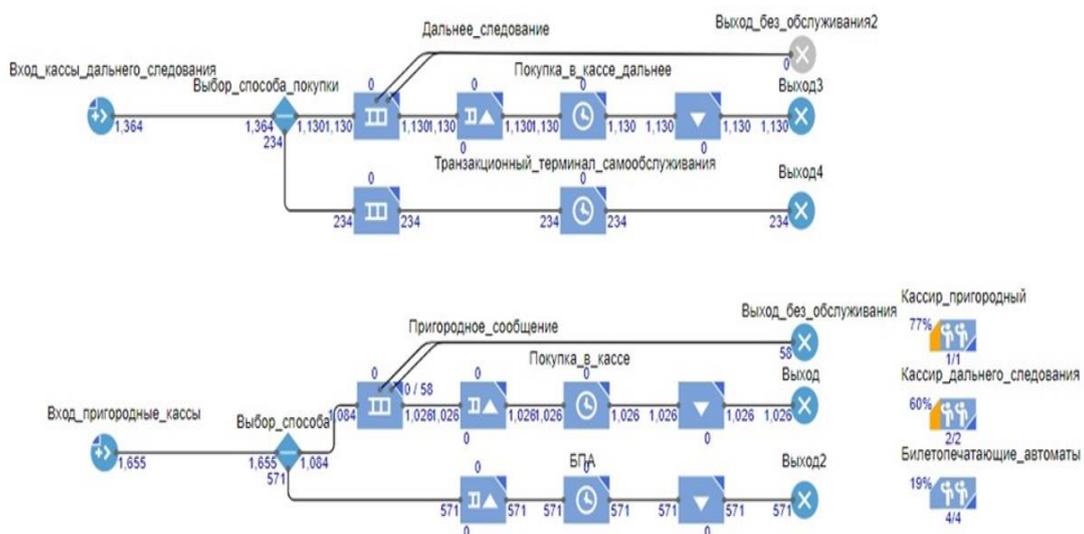


Рис. 6. Имитационная модель билетно-кассового обслуживания с учетом оптимизации процесса работы

Fig. 6. Simulation model of ticketing and cash services, taking into account the optimization of the work process

неудовлетворенных пассажиров дальнего следования снизилось со 151 чел. до нуля, а пригородного – со 101 пассажира до 58, т.е. сократилось почти в два раза.

Заключение

В настоящее время переориентация на развитие внутреннего туризма в нашей стране считается национальным приоритетом. В связи с этим запущены национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства» и государственная программа «Развитие туризма», целью которых является доступность поездок для всех жителей России, в том числе за счет обновления транспортной инфраструктуры [15]. Учитывая, что именно поезда в ближайшей перспективе станут основным видом транспорта для всех типов туристов, важное значение приобретает проблема обеспечения безопасности пассажира или посетителя вокзального комплекса на всех уровнях передвижения, а также гарантия высокого уровня комфорта и сервисного обслуживания [16].

Учитывая, что потоки пассажиров характеризуются неравномерностью (суточной, сезонной, годовой), важным требованием при предоставлении транспортных услуг, в том числе на вокзалах, является моментальная реакция на все изменения интенсивности пассажиропотоков. Именно методы имитационного моделирования сегодня позволяют быстро реагировать на любые изменения в бизнес-процессах и получать мгновенный результат [15].

Проведенное исследование демонстриру-

ет возможность применения программного обеспечения AnyLogic для имитационного моделирования процессов работы вокзального комплекса на примере ст. Иркутск-Пассажирский. В ходе работы был проведен анализ расписания пассажирских и пригородных поездов, работы билетных касс, распределения пассажиропотоков. В работе рассмотрено моделирование процессов, происходящих на вокзальном комплексе Иркутск-Пассажирский в существующих условиях, и предложены варианты по улучшению качества обслуживания посетителей вокзального комплекса.

Разработанная имитационная модель билетно-кассового обслуживания в программной среде AnyLogic показала, что данная модель проста в использовании, позволяет быстро изменять входные данные и моментально получать новый результат. Модель может применяться для планирования режима работы билетных касс на любой день и обеспечивать запросы посетителей в режиме реального времени [17].

Экономическое обоснование внедрения программного обеспечения AnyLogic на вокзальном комплексе Иркутск-Пассажирский позволило сделать вывод, что установка данного продукта приведет к ускорению проведения анализа процессов работы вокзального комплекса. Это даст экономический эффект порядка 7 млн руб. в год, а срок окупаемости составит 0,24 года, т.е. не более трех месяцев [18].

Список литературы

1. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 19.03.2019 № 466 (ред. 13.10.2022). URL : <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201903210017> (Дата обращения 12.01.2023).
2. Российские железные дороги // ОАО «РЖД» : сайт. URL: <http://www.rzd.ru> (Дата обращения 17.01.2023).
3. AnyLogic : сайт. URL : <https://www.anylogic.ru/> (Дата обращения 10.01.2023).
4. Рудин Р.Ю. Решение транспортных задач с помощью имитационного моделирования // Достижения науки и образования. 2016. № 11 (12). С. 12–16.
5. Об утверждении типового технологического процесса работы железнодорожного вокзального комплекса : распоряжение ОАО «РЖД» от 23.09.2020 № 2072/р (ред. 10.10.2022). Доступ из справ.-прав. системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
6. Об утверждении Типовых требований к размещению, эксплуатации, обслуживанию и ремонту пассажирских устройств на железнодорожных линиях : распоряжение ОАО «РЖД» от 1.12.2021 № 2695/р. Доступ из справ.-прав. системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
7. ГОСТ Р 58171-2018. Услуги на железнодорожном транспорте. Требования к обслуживанию пассажиров на вокзальных комплексах. Введ. 2018–12–01. М. : Стандартинформ, 2018. 22 с.
8. Пазойский Ю.О. Организация пригородных железнодорожных перевозок. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2015. 270 с.
9. Свистунова А.С., Хасанов Д.С., Кравец Д.М. Имитационное моделирование на железнодорожном вокзале в программной среде AnyLogic // Системный анализ и проектирование в управлении : сб. науч. тр. XXIV Междунар. науч. и учеб.-практ. конф. СПб., 2020. Ч. 2. С. 274–282.
10. Свистунова А.С., Хасанов Д.С. Имитационное моделирование процессов обслуживания пассажиров на железно-

дорожном вокзале // Транспорт России: проблемы и перспективы-2020 : материалы Юбилейной междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2020. Т. 2. С. 28–32.

11. Елуферьева Ю.С., Пальмов С.В. Моделирование работы железнодорожного вокзала средствами AnyLogic // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 12-1 (78). С. 121–127.

12. Козлов П.А., Колокольников В.С., Копылова Е.В. Об имитационном моделировании и имитационных системах // Транспорт Урала. 2019. № 1 (60). С. 3–6.

13. Смесова К.С., Кандрашина Т.Е., Баусова З.И. Имитационная модель системы обслуживания пассажиров железнодорожного вокзала // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике : сб. ст. XVII Междунар. науч.-техн. конф. Пенза, 2017. С. 211–215.

14. Особенности моделирования пассажиропотока объектов транспортной инфраструктуры / С.П. Вакуленко, Н.Ю. Евренова, О.И. Коровкина и др. // Экономика железных дорог. 2021. № 7. С. 41–47.

15. Svistunova A.S. Using the AnyLogic software product in modeling the passenger traffic of a railway station // Computing, Telecommunications and Control. 2020. Vol. 13. № 4. P. 54–65.

16. Чубарова И.А. Вокзалы. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2014. 168 с.

17. Никонова Я.И., Проскурякова Е.А. Цифровизация железнодорожных вокзальных комплексов // Инновационные транспортные системы и технологии. 2022. Т. 8. № 3. С. 31–44.

18. Экономика пассажирского транспорта / В.А. Персианов, Е.А. Макарова, А.И. Забоев и др. М. : КноРус, 2012. 400 с.

References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 19.03.2019 № 466 (red. 13.10.2022) «Dolgosrochnaya programma razvitiya OAO «RZHD» do 2025 goda» [Decree of the Government of the Russian Federation. Federation dated March 19, 2019 No 466 (ed. October 13, 2022) «Long-term development program of JSC «Russian Railways» until 2025»]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201903210017> (Accessed January 12, 2023).

2. Rossiiskie zheleznye dorogi (Elektronnyi resurs) [Russian Railways (Electronic Resource)]: Available at: <http://www.rzd.ru> (Accessed January 17, 2023).

3. AnyLogic. Available at: <https://www.anylogic.ru/> (Accessed January 10, 2023).

4. Rudin R.Yu. Reshenie transportnykh zadach s pomoshch'yu imitatsionnogo modelirovaniya [Solving transport problems using simulation modeling]. *Dostizheniya nauki i obrazovaniya* [Achievements of science and education], 2016, no. 11 (12), pp. 12–16.

5. Rasporyazhenie OAO «RZhD» ot 23.09.2020 № 2072/r (red. 10.10.2022) «Ob utverzhdenii tipovogo tekhnologicheskogo protsessa raboty zheleznodorozhnogo vokzal'nogo kompleksa» [Order of JSC «Russian Railways» dated September 23, 2020 No 2072/r (ed. October 10, 2022) «On approval of the standard technological process of the railway station complex»].

6. Rasporyazhenie OAO «RZhD» ot 1.12.2021 № 2695/r « Ob utverzhdenii Tipovykh trebovaniy k razmeshcheniyu, ekspluatatsii, obsluzhivaniyu i remontu passazhirskekh obustroystv na zheleznodorozhnykh liniyakh» [Order of JSC «Russian Railways» dated December 1, 2021 No 2695/r «On approval of Standard Requirements for the placement, operation, maintenance and repair of passenger facilities on railway lines»].

7. GOST R 58171-2018. Usługi na zheleznodorozhnom transporte. Trebovaniya k obsluzhivaniyu passazhirov na vokzal'nykh kompleksakh [State Standard R 58171-2018. Services in railway transport. Requirements for passenger service at railway stations]. Moscow: Stadartinform Publ., 2018. 22 p.

8. Pazoiskii Yu.O. Organizatsiya prigorodnykh zheleznodorozhnykh perevozok [Organization of suburban rail transportation]. Moscow: UMTs ZhDT Publ., 2015. 270 p.

9. Svistunova A.S., Khasanov D.S., Kravets D.M. Imitatsionnoe modelirovanie na zheleznodorozhnom vokzale v programmnoi srede AnyLogic [Simulation modeling at a railway station in the AnyLogic software environment]. *Sbornik nauchnykh trudov XXIV Mezhdunarodnoi nauchnoi i uchebno-prakticheskoi konferentsii «Sistemnyi analiz i proektirovanie v upravlenii» (v 3 ch.)* [Proceedings of the XXIV International Scientific and educational-practical conference «System analysis and design in management» (in 3 parts)]. Saint Petersburg, 2020, part 2, pp. 274–282.

10. Svistunova A.S., Khasanov D.S. Imitatsionnoe modelirovanie protsessov obsluzhivaniya passazhirov na zheleznodorozhnom vokzale [Simulation modeling of passenger service processes at a railway station]. *Materialy Yubileinoi mezhdunarodnoi-nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transport Rossii: problemy i perspektivy-2020»* [Proceedings of the Jubilee International scientific and Practical conference «Transport of Russia: problems and prospects-2020»]. Saint Petersburg, 2020, vol. 2, pp. 28–32.

11. Elufer'eva Yu.S., Pal'mov S.V. Modelirovanie raboty zheleznodorozhnogo vokzala sredstvami Anylogic [Modeling of the railway station operation by means of Anylogic]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International scientific research journal], 2018, no. 12-1 (78), pp. 121–127.

12. Kozlov P.A., Kolokol'nikov V.S., Kopylova E.V. Ob imitatsionnom modelirovanii i imitatsionnykh sistemakh [About simulation modeling and simulation systems]. *Transport Urala* [Transport of the Urals], 2019, no. 1 (60), pp. 3–6.

13. Smesova K.S., Kandrashina T.E., Bausova Z.I. Imitatsionnaya model' sistemy obsluzhivaniya passazhirov zheleznodorozhnogo vokzala [Simulation model of the railway station passenger service system]. *Sbornik statei XVII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, ekonomike i tekhnike»* [Proceedings of the XVII International Scientific and Technical Conference «Problems of informatics in education, management, economics and technics»]. Penza, 2017, pp. 211–215.

14. Vakulenko S.P., Evreenova N.Yu., Korovkina O.I., Alekseeva K.V. Osobennosti modelirovaniya passazhiropotoka ob'ektov transportnoi infrastruktury [Features of passenger traffic modeling of transport infrastructure facilities]. *Ekonomika zheleznykh dorog* [Economy of railways], 2021, no. 7, pp. 41–47.

15. Svistunova A.S. Using the AnyLogic software product in modeling the passenger traffic of a railway station // Computing, Telecommunications and Control, 2020, vol. 13, no. 4, pp. 54–65.

16. Chubarova I.A. Vokzaly [Train stations]. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2014. 168 p.

17. Nikonova Ya.I., Proskuryakova E.A. Tsifrovizatsiya zheleznodorozhnykh vokzal'nykh kompleksov [Digitalization of railway station complexes]. *Innovatsionnye transportnye sistemy i tekhnologii* [Innovative transport systems and technologies], 2022, vol. 8, no. 3, pp. 31–44.

18. Persianov V.A., Makarova E.A., Zaboev A.I., Proshkina E.S., Sysoeva E.A., Fedorov L.S., Rasikhina L.F., Kozlova N.A., Tettsoeva E.M., Kurbatova A.V., Metelkin P.V., Bednyakova E.B., Khrushchev M.V., Glukhov A.K., Kravchenko M.V., Ignatova Ya.S. *Ekonomika passazhirsogo transporta* [Economy of passenger transport]. Moscow: KnoRus Publ., 2012. 400 p.

Информация об авторах

Чубарова Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: ia7chubarova@gmail.com.

Доможирова Алена Дмитриевна, старший преподаватель кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: zenitalena@mail.ru.

Information about the authors

Irina A. Chubarova, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operational Work Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: ia7chubarova@gmail.com.

Alena D. Domozhirova, Assistant Professor of the Department of Operational Work Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: zenitalena@mail.ru.