ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Вып. 7. Гомель, 2025

УДК 656.224

ХЭ ХУН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
18802069165@163.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ В СРЕДЕ ANYLOGIC НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВОКЗАЛА ГУАНЧЖОУ

Установлено, что проверка личности и контроль безопасности являются основными процессами, на выполнение которых уходит больше всего времени при входе на станцию. В качестве примера для моделирования взят первый этаж Южного вокзала Гуанчжоу. Построена модель очереди Пуассона по принципу «первым пришел − первым обслужен» для расчета числа пассажиров в очереди. Предложены мероприятия по оптимизации обслуживания пассажиров, включая увеличение количества оборудования для контроля безопасности и повышение эффективности работы оборудования. Процесс входа пассажиров моделируется с использованием программного комплекса AnyLogic. Предложены меры по сокращению времени входа и повышению качества обслуживания в периоды пикового пассажиропотока.

Гуанчжоуский Южный вокзал − это крупная современная пассажирская железнодорожная станция особого класса, расположенная на стыке высокоскоростной железной дороги Пекин − Гуанчжоу (Пекин-Западный − Гуанчжоу-Южный), скоростной железной дороги Гуанчжоу − Шэньчжэнь − Гонконг (Гуанчжоу-Южный − Шэньчжэнь-Северный − Гонконг-Восток-Каулун).

Кроме того Южный вокзал Гуанчжоу выходит на высокоскоростную железную дорогу Гуйян − Гуанчжоу (Гуйян-Северный − Гуанчжоу-Южный), железную дорогу Наньнин − Гуанчжоу (Наньнин − Гуанчжоу-Южный) и междугороднюю железную дорогу Гуанчжоу − Чжухай (Гуанчжоу-Южный − Чжухай), а также на соединения с междугородними железными дорогами Гуанчжоу − Хуэйчжоу и Гуанчжоу − Чжаоцин [1].

Объекты Гуанчжоуского Южного вокзала разделены на два независимых железнодорожных комплекса: комплекс Пекин − Гуанчжоу и комплекс Гуанчжоу − Чжухай, с 4 основными линиями, 24 линиями отправки и прибытия и 15 платформами.

Моделирование обслуживания пассажиров на Гуанчжоуском Южном вокзале выполнено в пакете программ AnyLogic − инструмента, широко используемого для моделирования дискретных динамических систем, мультиагентных и гибридных систем, с широким применением в симуляции транспортного потока, построении рыночных моделей и в других областях.

Построение модели Гуанчжоуского Южного вокзала выполняется, чтобы исследовать следующие три вопроса.

1 Удовлетворяют ли текущие объекты первого этажа терминала междугородней линии Гуанчжоу − Чжухай Гуанчжоуского Южного вокзала спрос пассажиропотока (в периоды непикового и пикового спроса)?

2 Какое минимальное количество дополнительных объектов необходимо для удовлетворения спроса пассажиров в периоды пикового спроса, и какова граница обслуживания после добавления этих объектов?

3 Какая стратегия улучшения в условиях пикового пассажиропотока является оптимальной, если сравнивать добавление объектов с повышением эффективности обслуживания существующих объектов?

Процесс построения модели в AnyLogic включает:

− построение карты моделирования на основе планировки объектов в зале межгородского сообщения Гуанчжоуского Южного вокзала;

− настройку агентов пассажиропотока;

− создание блок-схемы логики моделирования;

− ввод параметров пассажиропотока и объектов обслуживания;

− имитационное моделирование и анализ результатов.

Зал ожидания первого этажа Гуанчжоуского Южного вокзала имеет четыре входа. Каждый вход оснащен двумя устройствами для досмотра безопасности, четырьмя автоматическими терминалами для идентификации пассажиров и одним окном ручной проверки документов. Схема моделирования приведена на рисунке 1.

Services 1, Services 2, Services 3 и Services 4 соответствуют автоматическим терминалам для проверки по реальному имени на четырех входах, а Services 11, Services 22, Services 33 и Services 44 − устройствам для досмотра безопасности на четырех входах. Маршруты движения пассажиров приведены на рисунке 2.

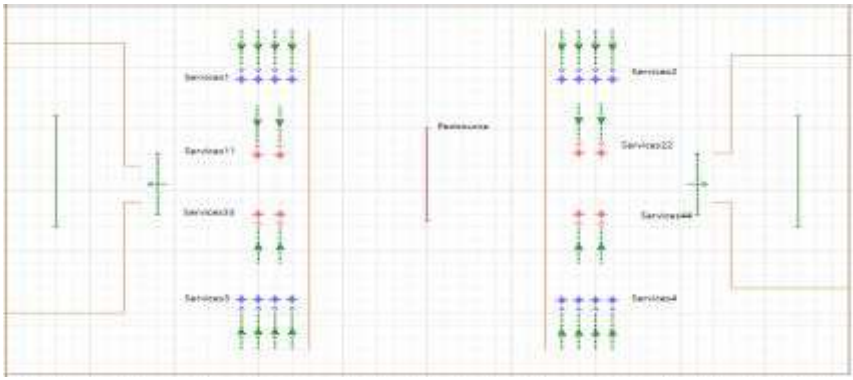


Рисунок 1 − Схема моделирования движения пассажиров на первом этаже Южного вокзала Гуанчжоу



Рисунок 2 − Блок-схема логики моделирования входа пассажира на первом этаже Южного вокзала Гуанчжоу

Междугородняя железная дорога Гуанчжоу − Чжухай соединяет Гуанчжоу и Чжухай в провинции Гуандун, общая длина составляет 142 км, а количество станций − 22. Она является частью южного участка коридора Пекин − Харбин − Пекин − Гонконг − Макао в рамках национальной сети высокоскоростных железных дорог Китая «восемь вертикалей и восемь горизонталей», а также одной из основных линий системы междугороднего высокоскоростного транспорта дельты реки Чжулынь. Согласно данным опросов Гуанчжоуского южного вокзала на междугородней линии Гуанчжоу − Чжухай, в периоды непикового спроса средняя интенсивность прибытия пассажиров составляет 900 человек в час (15 человек в минуту); в периоды пикового спроса (например, часы пик, праздники или сезон перед Новым годом по лунному календарю) средняя интенсивность прибытия пассажиров − 1500 человек в час (25 человек в минуту). Время обслуживания автоматических терминалов для идентификации соответствует равномерному распределению; время обслуживания оборудования для досмотра безопасности зависит от количества багажа пассажиров и следует треугольному распределению. Конкретные параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1 − **Распределение времени обслуживания пассажиров**

Вид обслуживания пассажиров	Распределение	Единица измерения	Примечание
Автоматическая идентификация	Uniform (4,10)	с/чел.	−
Правила прибытия пассажиров	Poisson (15)	чел./мин	Непиковый период
	Poisson (25)		Пиковый период
Проверка безопасности	Треугольный (20, 29, 25)	с/чел.	Нормальная эффективность проверки безопасности
	Треугольный (10, 19, 15)	с/чел.	Повышенная эффективность проверки безопасности

Указанные параметры модели были введены отдельно для непиковых и пиковых периодов. Результаты моделирования показаны на рисунках 3–6.

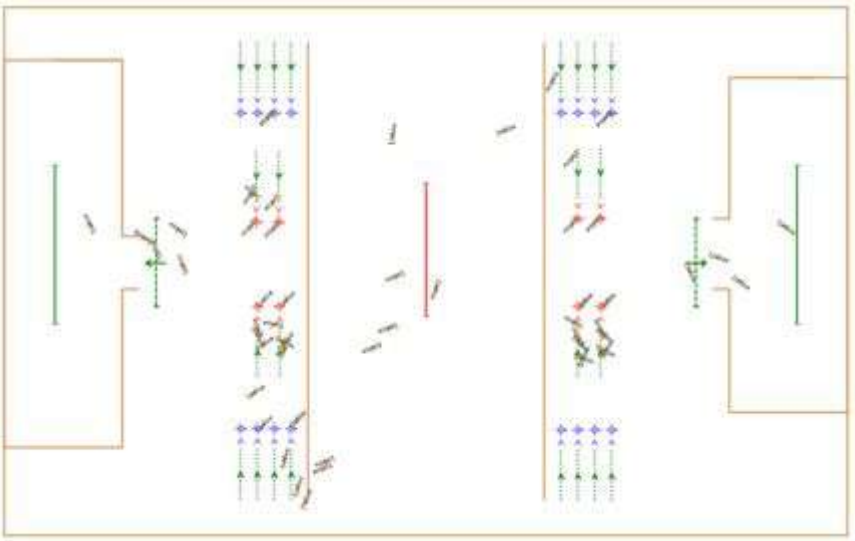


Рисунок 3 – Схема моделирования движения пассажиров в непиковые часы

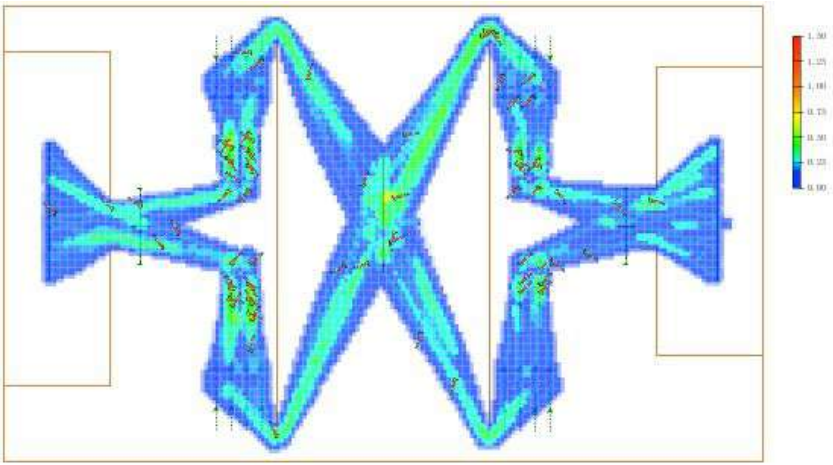


Рисунок 4 – Результаты моделирования плотности очередей пассажиров в непиковые часы

Как показано на рисунке 3, в непиковые периоды количество пассажиров, стоящих в очереди, как на этапе идентификации, так и на этапе досмотра безопасности относительно невелико. Это указывает на то, что текущее количество устройств может удовлетворить потребность пассажиров

в «доступе без ожидания». Однако, как показано на рисунках 5, 6, хотя количество пассажиров, стоящих в очереди на этапе идентификации, всё еще невелико, на этапе досмотра безопасности наблюдаются серьезные заторы.

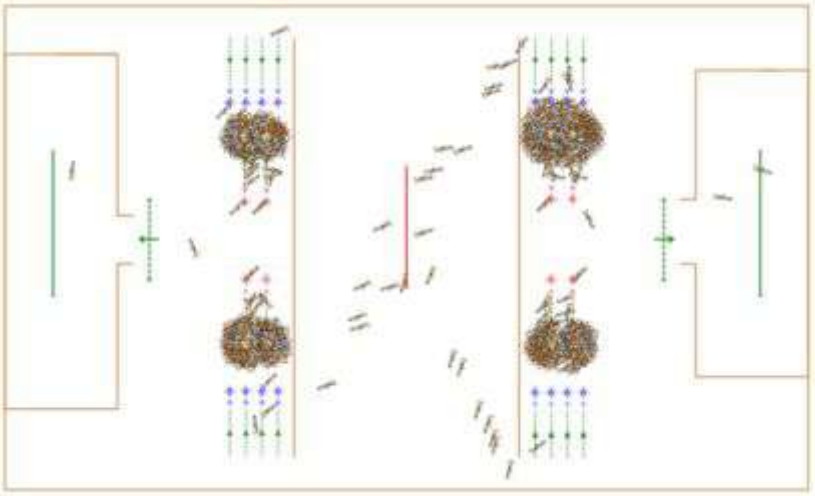


Рисунок 5 – Схема моделирования движения пассажиров в часы пик

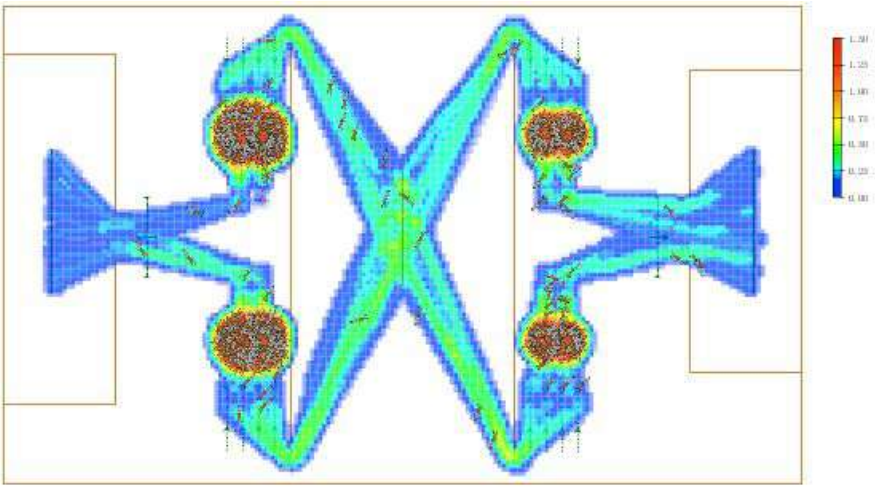


Рисунок 6 − Результаты моделирования плотности очереди пассажиров в часы пик

Пассажирам приходится ожидать в длинных очередях на досмотр, тратя значительное время на ожидание перед входом в зал ожидания станции. В то же время на основе результатов моделирования установлено, что в пи-

ковые периоды количество людей в очереди достигало 13, что делает невозможным удовлетворение потребности в «доступе без ожидания».

Чтобы удовлетворить требование пассажиров к «доступу без ожидания» и улучшить исходную ситуацию, на одном из входов (предположительно на Service11) был установлен дополнительный контрольно-пропускной прибор, увеличивший количество устройств с 2 до 3. Результаты моделирования показывают, что скопление пассажиров перед этим устройством было значительно уменьшено, но очереди на Service22, Service33 и Service44 пока не уменьшились (рисунки 7, 8).

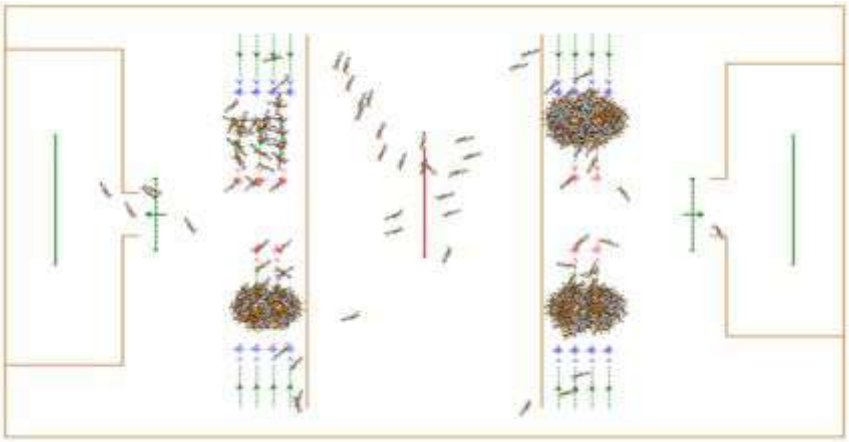


Рисунок 7 – Схема моделирования движения пассажиров в часы пик
(после добавления одного пункта досмотра)

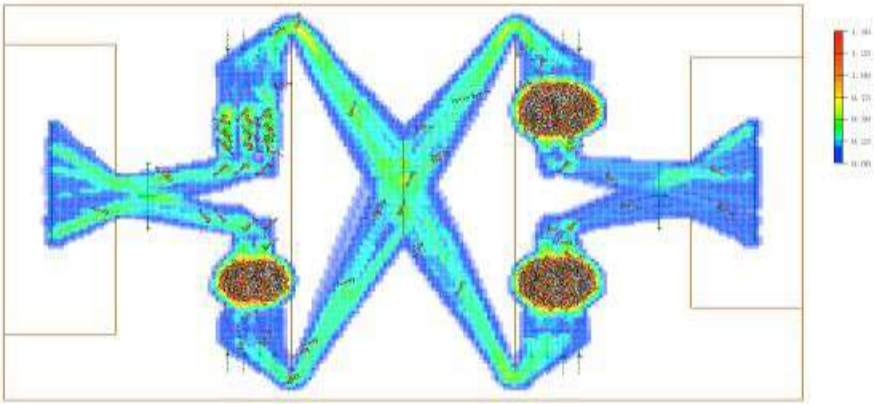


Рисунок 8 – Результаты моделирования плотности очереди пассажиров в часы пик
(после добавления одного пункта досмотра)

В результате на оставшихся трех пунктах безопасности количество средств безопасности было увеличено с 2 до 3. Результаты моделирования показывают, что требование «прохождения без очередей» в пиковые периоды может быть выполнено только после добавления одного средства безопасности на каждом из четырех пунктов (рисунок 9).

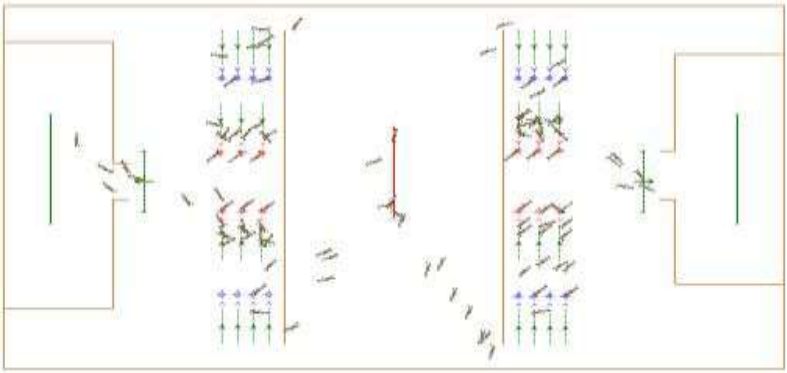


Рисунок 9 – Результаты моделирования плотности пассажирской очереди в часы пик (после добавления 4 устройств досмотра)

Необходимо дальнейшее исследование, чтобы определить, возможно ли после добавления еще четырех устройств обслуживать больший пассажиропоток, при этом сохраняя требование «доступ без очередей». Если можно обслуживать больший пассажиропоток, каков его максимальный предел? Изменяя входные данные о скорости прибытия пассажиров в модели и предполагая, что пассажиропоток увеличивается на 100 пассажиров в час каждый раз, начиная с 1500 пас./ч до 1600, 1700 и 1800 пас./ч, результаты моделирования показывают, что при пассажиропотоке в 1800 пас./ч формируется значительная очередь (одна очередь превышает 10 человек) (рисунок 10).

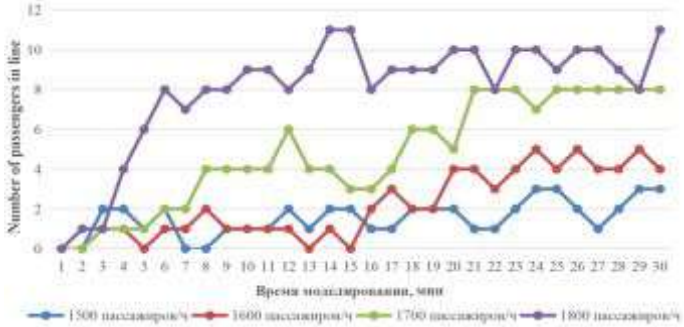


Рисунок 10 – Количество людей в очередях на проверку безопасности при увеличении пассажиропотока

Это указывает на то, что при текущем состоянии оборудования для проверки безопасности максимальный пассажиропоток, который можно обслужить, составляет 1800 пас./ч, и любое превышение этого значения не позволит удовлетворить требование «доступ без очередей».

Для проверки того, может ли повышение эффективности обслуживания оборудования удовлетворить потребность в «проходе без очереди», мы смоделировали сокращение времени обслуживания оборудования для проверки безопасности с треугольного распределения (20, 29, 25) до треугольного распределения (10, 19, 15). Результаты моделирования показывают, что после повышения эффективности работы оборудования ситуация с очередью для проверки безопасности несколько улучшилась (рисунок 11).

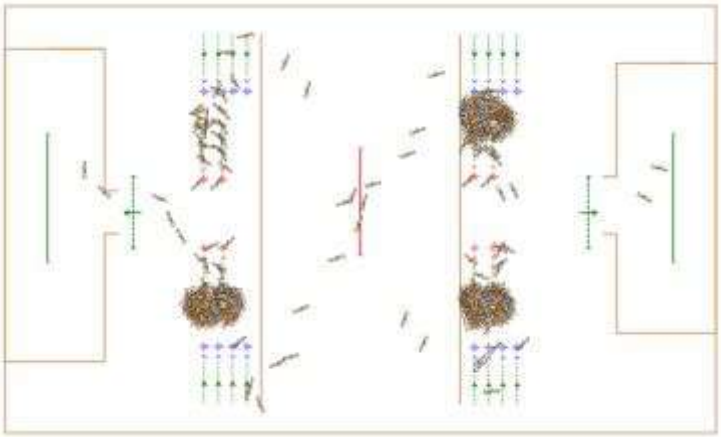


Рисунок 11 − Результаты моделирования плотности очереди пассажиров в часы пик при сокращении времени проверки безопасности

Сравнивая рисунки 7 и 11, можно увидеть, что эффект улучшения не так значителен, как при добавлении еще одного устройства проверки безопасности. Другими словами, потребность в «проходе без очереди» не может быть удовлетворена, и количество ожидающих в очереди всё еще превышает 10 человек (рисунок 12).

Таким образом, выполнено моделирование процесса входа пассажиров на Гуанчжоуский Южный вокзал с междугородней линии Гуанчжоу − Чжухай. Результаты показывают, что текущее количество объектов обслуживания пассажиров, таких как устройства для досмотра безопасности на станции, недостаточно для удовлетворения спроса пассажиров в периоды пикового спроса.

Основные причинами несоответствия спроса и предложения являются недостаточное количество устройств для досмотра безопасности и чрезмерно длительный процесс досмотра безопасности.

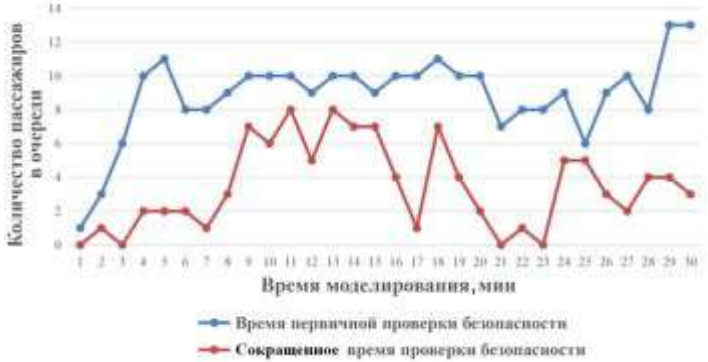


Рисунок 12 − Число пассажиров в очереди в часы пик при сокращенном времени обслуживания на контрольно-пропускном пункте

В данной работе предлагаются контрмеры из двух направлений: увеличение количества аппаратов для досмотра безопасности и повышение эффективности досмотра безопасности. Результаты демонстрируют, что для удовлетворения потребности пассажиров в «пропуске без очередей» Гуанчжоускому Южному вокзалу необходимо добавить как минимум четыре аппарата для досмотра безопасности в периоды пикового спроса. В этом случае максимальная пропускная способность въезда пассажиров на первый этаж междугородней линии Гуанчжоу − Чжухай составляет 1800 человек в час. Симуляции также подтвердили повышение эффективности досмотра безопасности с «пропуском без очередей» в периоды пикового спроса. Результаты показывают, что, по сравнению с добавлением дополнительных аппаратов, повышение эффективности досмотра безопасности имеет очень ограниченный эффект на сокращение очередей при входе пассажиров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Гонг, Ю.* Оптимизация и симуляционное исследование въездных потоковых маршрутов крупных железнодорожных пассажирских станций / Ю. Гонг. – Ланьчжоу : Ланьчжоуский железнодорожный университет, 2018. – С. 84–91.

HE HONG

SIMULATION OF PASSENGER SERVICE IN ANYLOGIC USING THE EXAMPLE OF GUANGZHOU SOUTH RAILWAY STATION

Identity verification and security screening were found to be the most time-consuming processes at station entrances. The first floor of Guangzhou South Station was used as a model for the simulation. A Poisson queue model was constructed using the first-come, first-served principle to calculate the number of passengers in the queue. Optimization measures for passenger service were proposed, including increasing the number of security screening equipment and improving its efficiency. The passenger entry process was modeled using the AnyLogic software suite. Measures were proposed to reduce entry times and improve service quality during peak passenger periods.

Получено 01.11.2025