



ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКОВ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОМ УЗЛЕ

Т. Т. Терпogosова

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье рассматриваются и определяются основные составляющие транспортно-пересадочного узла «Звездная» (Санкт-Петербург). Проводится анализ транспортных потоков на пересечении улиц в составе ТПУ. Также, представлена статистика загруженности ТПУ пассажирскими потоками. В том числе описывается характеристика транспортных и пассажирских потоков. Для исследования загруженности станции вестибюля метро реализована имитационная модель системы массового обслуживания в среде AnyLogic.

Ключевые слова: транспортно-пересадочный узел, транспортный поток, пассажирский поток, система массового обслуживания.

Для цитирования:

Терпogosова Т. Т. Исследование пассажиропотоков в транспортно-пересадочном узле // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №2(32), ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП., 2022 – с. 88–96. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-2-88-96.

RESEARCH OF PASSENGER TRAFFIC IN THE TRANSPORT INTERCHANGE HUB

T. T. Terpogosova

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article discusses and defines the main components of the transport-retuned node «Zvezdnaya». The analysis of traffic flows at the intersection of streets as part of the TPU is carried out. Also, the statistics of the traffic congestion of the TPU with passenger flows are presented. In particular, the characteristics of transport and passenger flows are described. To study the congestion of the metro lobby station, a simulation model of the queuing system in the AnyLogic environment has been implemented.

Keywords: transport interchange hub, traffic flow, passenger flow, queuing system.

For citation:

Terpogosova T. T. Research of passenger traffic in the transport interchange hub // Systems analysis and logistics: №2 (32), ISSN 2077-5687. – Russia, SaintPetersburg.: SUAI., 2022 – p. 88–96. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-2-88-96.

Введение

Создание ТПУ предполагает значительное повышение качества транспортного обслуживания населения. Транспортно-пересадочный узел является важнейшим элементом системы городского общественного транспорта, который обеспечивает пересадку между различными видами транспорта.

ТПУ являются важными структурными элементами транспортной сети мегаполисов, городов и их пригородов. Они представляют собой сложные комплексные объекты, выполняющие разнообразные функции, связанные с созданием быстрых и комфортных условий для пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой.

Транспортные и пассажирские потоки

Основные составляющие транспортной инфраструктуры пересадочного узла: станция метро, регулируемый пешеходный переход, остановочный пункт для трамвайного транспорта и четыре остановочных пункта государственного и коммерческого наземного транспорта, через которые проходят 8 внутригородских маршрутов и 5 пригородных.

В спальном микрорайоне «Звездное» проживает около 76 тысяч человек. Статистика показывает, что с каждым годом количество проживающих растет, это связано с постройкой новых жилых комплексов. Таким образом, ежедневно, используя ТПУ «Звездная», в утренние



часы жители отправляются на работу, а вечером возвращаются домой [1,2,3,4]. Также, пользуются ТПУ не только жители данного района, а также те, кто проживает в близлежащих населенных пунктах, таких как Шушары, Колпино и др. Основная доля пересадок приходится на метрополитен, так как является самым востребованным видом транспорта.

Жители района работают на предприятиях и учреждениях, расположенных как в Московском районе, образуя внутрирайонные транспортные потоки, так и в других районах города, образуя межрайонные транспортные потоки. Следовательно, транспортный поток состоит из грузопотоков и пассажиропотоков, связанных с деятельностью многочисленных промышленных предприятий.

Пересечение улиц Звездная и Ленсовета регулируется светофорами. В сторону ТРК «Континент» на пути от входа метро для пешеходов на улице Ленсовета два светофора и четыре для регулировки транспортных средств. Именно этот переход соединяет потенциальных пассажиров с остановочными пунктами в пригородном направлении.

Транспортные потоки на перекрестке ул. Ленсовета и ул. Звездная, которые образуются пассажиропотоками и грузопотоками. Движение автобусного наземного городского транспорта осуществляется с улицы Ленсовета и с улицы Звездной. Преимущественно остановочные пункты как для маршрутов, которые осуществляют перевозку пассажиров в другие районы города, а также маршруты, перевозящие в другие населенные пункты сконцентрированы на улице Ленсовета.

Движение на перекрестке организовано следующим образом. При движении по ул. Звездная от метро движение возможно направо и налево, и временно прямо, поскольку ведутся ремонтные работы на параллельной улице (Дунайском проспекте), где движение затруднено. При Движение в сторону метро так же по улице Звездной, возможно движение во все три направления (прямо, налево, направо). По улице Ленсовета в сторону Дунайского проспекта (к станции метро) транспортным средствам разрешено проезжать прямо, а также поворачивать направо и налево. В обратном направлении движение разрешено прямо и направо. Также, на улице Ленсовета расположены трамвайные линии.

На улице Ленсовета у ТПУ «Звездная» в часы пик наблюдается повышенная интенсивность ТП, поскольку находится на пересечении основных магистралей, которые в свою очередь являются въездами в город. Для того, чтобы корректно исследовать интенсивность транспортных потоков на перекрестке Ленсовета-Звездная, рассмотрено движение ТС на соответствующих улицах отдельно.

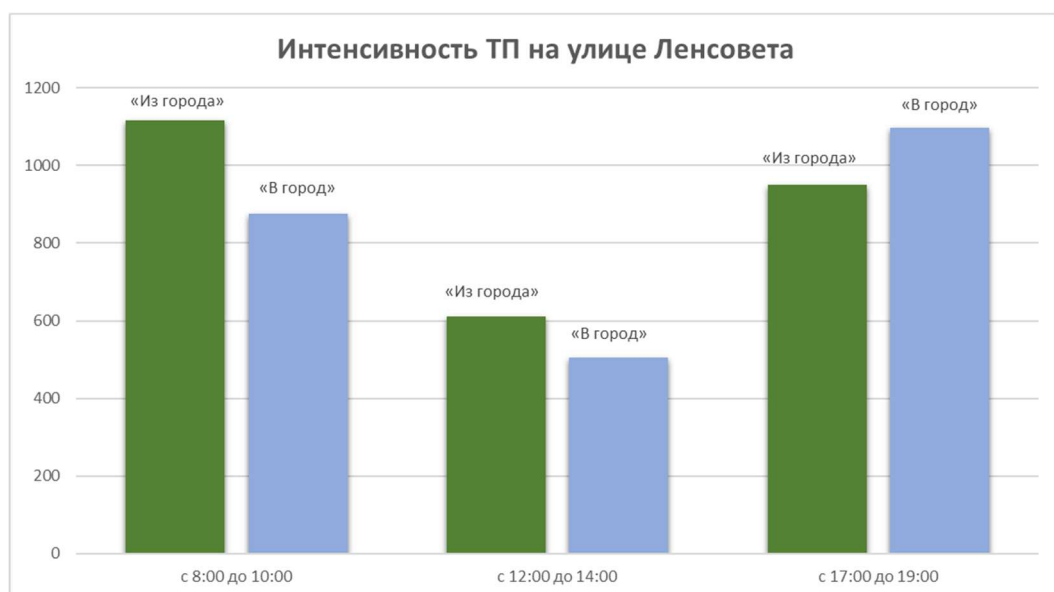


Рис. 1. Интенсивность транспортных потоков на улице Ленсовета



По данным диаграммы (рис.1), можно сделать вывод, что наибольшая интенсивность на улице Ленсовета наблюдается в «часы пик» в утреннее и вечернее время. Причем, с 8:00 до 10:00 большая часть транспортных средств движется в направлении «из города» в сторону Дунайского проспекта, а в вечером с 17:00 до 19:00 наоборот в направлении «в город».

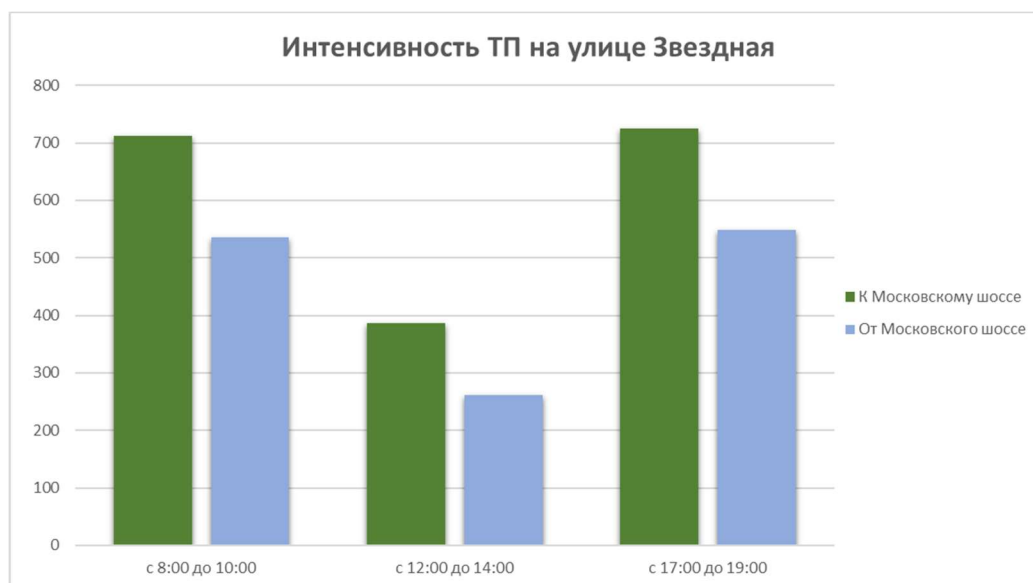


Рис. 2. Интенсивность транспортных потоков на улице Звездная

На улице Звездная наибольшая интенсивность транспортного потока наблюдается так же в «пиковые часы» утром и вечером в направлении «к Московскому шоссе». В обеденное время ТП сокращается почти вдвое.

Величина пассажирооборота ТПУ–показатель, характеризующий число пассажиров, проходящих через ТПУ. В пересадочном узле «Звездная» передвижение пассажиропотоков осуществляется на относительно небольшой площади. Основными точками притяжения пассажиропотока в транспортно-пересадочном узле «Звездная» являются ТРК «Континент», а также станция метро «Звездная» и остановочные пункты, расположенные на улице Ленсовета.

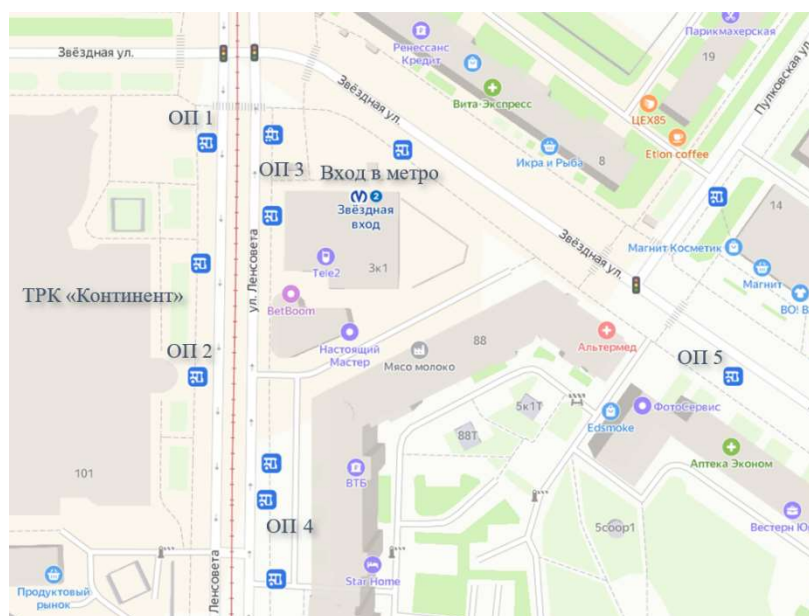


Рис. 3. Инфраструктура ТПУ "Звездная"



Поскольку для пешеходных потоков характерна неравномерность в течение суток, величина пассажирских потоков исследовалась в разные часы суток: с 7:00 до 10:00 часов; с 12:00 до 15:00 часов; с 16:00 до 19:00 часов и с 19:00 до 22:00 часов.

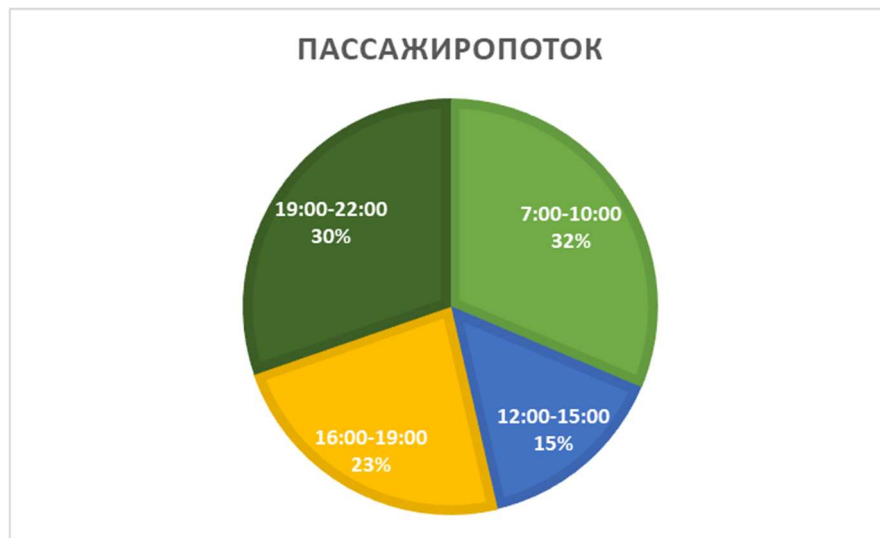


Рис. 4. Диаграмма зависимости пассажиропотока от времени в ТПУ "Звездная"

На рисунке 4 видно, что в равной степени в утреннее время и вечернее интенсивность пассажиропотока максимальна. Это объясняется тем, что люди из пригорода и со стороны станции метро едут на работу и с работы. После 10.00 интенсивность пассажиропотока резко падает.

Все пешеходы в ТПУ «Звездная» во время проведения исследований двигались в различном темпе, большинство придерживались умеренного темпа. У людей с детьми и пожилого возраста темп был неторопливый. Некоторые пешеходы обычно двигались неуверенно, останавливаясь, а иногда даже меняли свое направление, что создавало некоторые конфликтные ситуации. Также на конфликтные ситуации влияло наличие ручного багажа и переполненность территорий остановочных пунктов. Люди, выходящие из пассажирского транспорта с тележками, не могли быстро сориентироваться, где им лучше обойти ожидающих посадку людей, и тем самым создавали затор.

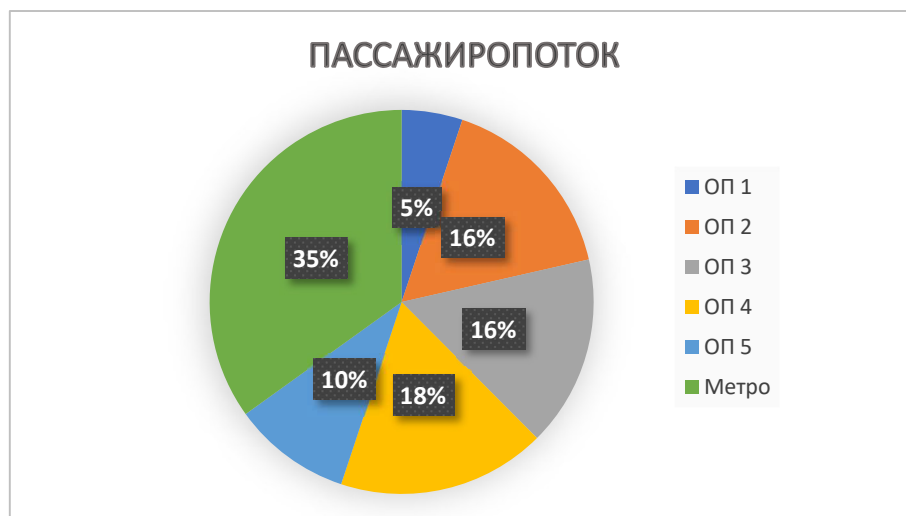


Рис. 5. Пассажиропоток в зависимости от расположения



Модели и методы исследования пассажиропотоков

Наибольшая величина пассажиропотока приходится на вестибюль станции метрополитена. В таком случае есть необходимость оценить пропускную способность системы массового обслуживания вестибюля. Реализована модель системы массового обслуживания вестибюля метро в среде Anylogic [5,6.7]. Для моделирования выбрано утреннее время с 8:00 до 9:00, когда наблюдается наивысший пассажиропоток в так называемый «час пик».

В результате, будут получены статистические данные о загрузенности турникетов и билетных касс в здании метро. В таблице (1) ниже представлены объекты, которые будут использованы для построения ситуации в имитационной модели.

Таблица 1 – Объекты имитационного моделирования

№	Графическое изображение	Название	Описание
1		PedSource	Создает пешеходов. Используется в качестве начальной точки диаграммы пешеходного процесса.
2		PedSelectOutput	Блок, перенаправляет пассажиров без билетов к автоматам продажи билетов, либо билетным кассам, а пассажиров с билетами – к турникетам.
3		PedService	Направляет поток пешеходов на обслуживание в заданный сервис (сервисы): к автоматам продажи билетов, билетным кассам, турникетам.
4		PedGoTo	Заставляет пешеходов идти к заданной точке пространства, а точнее к эскалаторам, а затем к поездам
5		PedSink	Удаляет пешеходов. Используется в качестве конечной точки диаграммы пешеходного процесса.

Система с пассажиропотоком моделируется с интенсивностью 2200 человек в час. Пешеходы генерируются на входе в вестибюль метро, далее пассажиры, у которых есть проездной билет, направляются к турникетам, а пассажиры без билетов сначала к билетным кассам либо автоматам продажи билетов, а уже после этого направляются к турникетам.

Время задержки при прохождении турникетов распределено по равномерному закону с минимальным значением, равным 2 секундам и максимальным, равным 3 секундам. Данное значение является типичным временем задержки при прохождении турникетов.



Свойства ✕

checkTickets - PedService

Имя: ☒ Отображать имя

☐ Исключить

Сервисы:

Выбирается очередь:

Время задержки: секунды

Задержка на восстановление: секунды

Проходить в обратном направлении: ☐

Рис. 6. Параметры блока PedService для турникетов

Время обслуживания в автоматах продажи билетов неравнозначно распределено, где минимальное значение 7 секунд, среднее 12, и максимальное 40 секунд.

Свойства ✕

atTVM - PedService

Имя: ☒ Отображать имя

☐ Исключить

Сервисы:

Выбирается очередь:

Время задержки: секунды

Задержка на восстановление: секунды

Проходить в обратном направлении: ☐

Рис. 7. Параметры блока PedService для автоматов продажи билетов

Время обслуживания в билетных кассах так же неравнозначно распределено, где минимальное значение обслуживания 10 секунд, среднее 30, и максимальным 60 секунд.

Свойства ✕

kassi1 - PedService

Имя: ☒ Отображать имя

☐ Исключить

Сервисы:

Выбирается очередь:

Время задержки: секунды

Задержка на восстановление: секунды

Проходить в обратном направлении: ☐

Рис. 8. Параметры блока PedService для билетных касс



Схема имитационной модели представлена на рисунке 8 ниже.

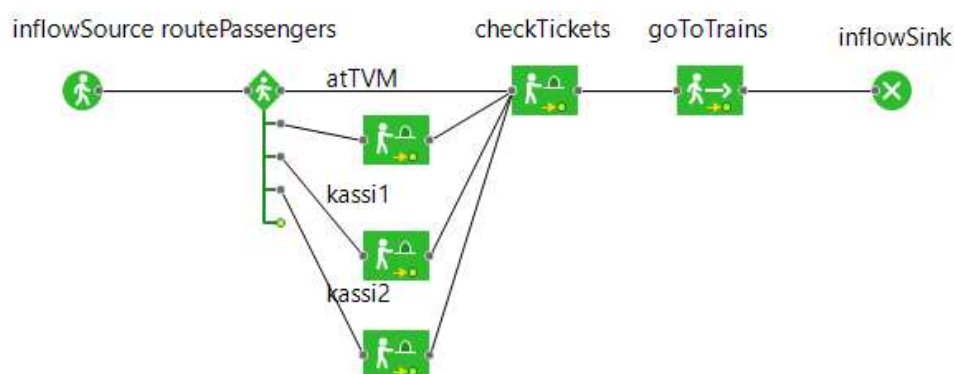


Рис. 9. Схема имитационной модели

Полученная схема имитационной модели описывает поведение пассажиропотока, при перемещении между обслуживающими устройствами и проходными турникетами. Наглядное перемещение пассажиров по вестибюлю метро виртуально представлено на рисунке (9).

Условное обозначение, используемых блоков из пешеходной библиотеки представлено в таблице (2) ниже.

Таблица 2 - Условные обозначения пешеходной библиотеки

№	Графическое изображение	Название	Описание
1		Целевая линия	Задаёт место появления и поглощения пешеходов
2		Сервис с очередями	Визуально задает пункты обслуживания, а именно: кассы, автоматы самообслуживания, турникеты
3		Стена	Визуально задает стены, препятствия для пешеходов

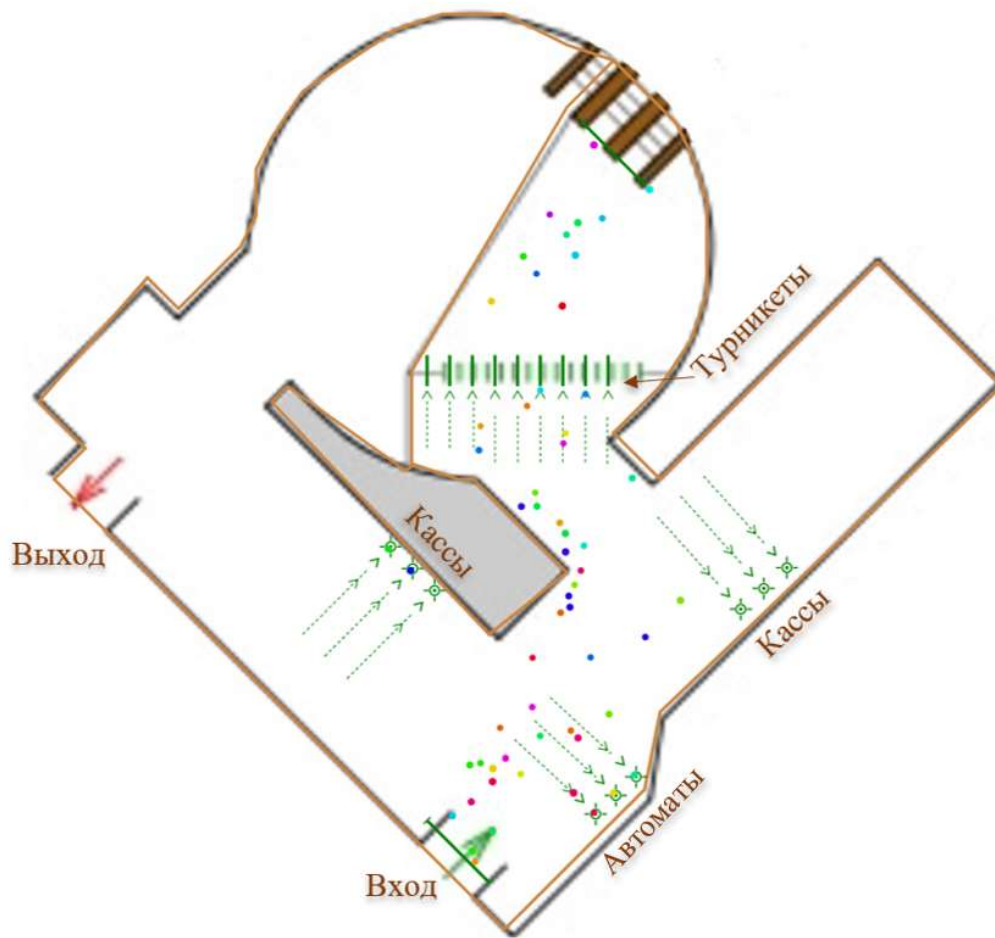


Рис. 10. Имитационная модель пассажиропотока в вестибюле метро

С помощью эксперимента Монте-Карло собрана статистика загрузки билетных касс, автоматов по продаже билетов, а также проходных турникетов. Результаты эксперимента собраны в таблицу (3), где представлены значения средних длин очередей, а также их среднеквадратическое отклонение, собранные по 10-ти симуляциям.

Таблица 3 – Статистика загрузки вестибюля метро

Билетные кассы № 1		Билетные кассы № 2		Автоматы по продаже билетов		Проходные турникеты	
Ср. длина очереди	СКО длины очереди	Ср. длина очереди	СКО длины очереди	Ср. длина очереди	СКО длины очереди	Ср. длина очереди	СКО длины очереди
2,2	0,3	2,3	0,1	1,9	0,3	1,8	0,4
3,3	0,4	3,4	0,2	3,0	0,3	2,9	0,3
1,2	0,2	1,3	0,2	0,9	0,4	0,8	0,2
5,6	0,5	5,7	0,3	5,3	0,5	5,2	0,4
1,2	0,2	1,3	0,4	0,9	0,4	0,8	0,4
1,9	0,3	2,0	0,1	1,6	0,3	1,5	0,2
2,8	0,3	2,9	0,1	2,5	0,3	2,4	0,2
3,6	0,4	3,7	0,2	3,3	0,4	3,2	0,3
5,2	0,5	5,3	0,3	4,9	0,2	4,8	0,4
3,9	0,4	4,0	0,2	3,6	0,5	3,5	0,3
3,1	0,4	3,2	0,2	2,8	0,4	2,7	0,3



По результатам статистики, представленной в таблице 3, среднее значение длины очередей не превышает 3-х метров, что означает низкую загруженность исследуемых объектов. Представленная система обслуживания вестибюля метро полностью справляется с заданной нагрузкой.

Заключение

Таким образом, статистика пассажиропотока показала, что пик загруженности приходится на утреннее время, когда большинство людей отправляются на работу, либо учебу и в вечернее время, когда пассажиры отправляются домой. Загруженность улично-дорожной сети также наблюдается в утреннее и вечернее время, так называемый «час пик».

Моделирование в среде AnyLogic показало, что установленная система массового обслуживания в вестибюле метро полностью справляется с заданной нагрузкой пассажиропотока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод правил. Транспортно-пересадочные узлы. Правила проектирования. Transport hub. Design regulation. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/552304869> (дата обращения: 01.10.2021).
2. Муковнина, А. Р. Исследование транспортных потоков / А. Р. Муковнина, М. К. Рюмшина. — Текст: непосредственный // Юный ученый. — 2020. — № 2.1 (32.1). — С. 47–49.
3. Азаренкова З. В., Планировочная организация транспортно-пересадочных узлов // Мир Транспорта. – 2012. – С.31. (дата обращения: 24.04.2022).
4. Морозов А. В. Элементы теории массового обслуживания: учебно-методическое пособие / А. В. Морозов, Н. В. Назарова. – СПб.: ВТУЖВРФ, 2005. – 56 с. (дата обращения: 11.03.2022).
5. Моделирование. Имитационные модели: учеб. Пособие / О. А. Петухов, И. А. Бригаднов, А. В. Морозов, Е. О. Петухова. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2005. – 133 с. (дата обращения: 11.03.2022).
6. Справка Anylogic: Методы моделирования. [Электронный ресурс] URL: <https://www.anylogic.ru/use-of-simulation>. (дата обращения: 01.04.2022).
7. Фетисов В. А., Майоров Н. Н. Моделирование транспортных систем / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. СПб.: ГУАП, 2011. – 165 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Терпюгосова Татьяна Тиграновна –

магистр кафедры системного анализа и логистики

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: tatyana.tigranovna@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Terpogosova Tatiana Tigranovna –

MA student of the Department of System Analysis and Logistics

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: tatyana.tigranovna@yandex.ru