

УДК 656.078.12

DOI 10.51691/2541-8327_2023_1_7

***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВАРИАНТА
ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ТПУ
«ТИМИРЯЗЕВСКАЯ»***

Лысов Г.М.

Ассистент,

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет транспорта»,*

Москва, Россия

Вольнов П.И.

Аспирант,

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет транспорта»,*

Москва, Россия

Приходько Ф.Н.

Студент,

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет транспорта»,*

Москва, Россия

Коновалова А.А.

Студент,

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет транспорта»,*

Москва, Россия

Аннотация

В статье проанализирована работа транспортно-пересадочного узла «Тимирязевская» на основе метода имитационного моделирования. С помощью программы имитационного моделирования AnyLogic создана модель транспортного объекта и исследованы показатели его работы в различных условиях. Исходя из результатов, предложены и внедрены в модель инфраструктурные решения для устранения проблем «узких мест» на ТПУ в условиях планируемого пассажиропотока.

Ключевые слова: имитационное моделирование, Тимирязевская, анализ, транспортно-пересадочный узел, транспортная инфраструктура, городская транспортная сеть, узкие места.

***THE USE OF SIMULATION MODELLING METHOD BASED ON
THE DEVELOPMENT OF A PROMISING VERSION OF THE
ORGANISATION OF PASSENGER TRAFFIC AT THE TRANSPORT HUB
TIMIRYAZEVSKAYA***

Lysov G.M.

Asistent,

*Federal State Institution of Higher Education «Russian University of Transport»,
Moscow, Russia*

Volnov P. I.

Graduate student,

*Federal State Institution of Higher Education «Russian University of Transport»,
Moscow, Russia*

Prihodko F.N.

Student,

*Federal State Institution of Higher Education «Russian University of Transport»,
Moscow, Russia*

Konovalova A.A.

Student,

*Federal State Institution of Higher Education «Russian University of Transport»,
Moscow, Russia*

Abstract

This article analyzes the work of the transport hub "Timiryazevskaya" based on the method of simulation modeling. By means of simulation modeling software AnyLogic the model of transport object was created and the indicators of its work in different conditions were studied. On the basis of the results, infrastructural solutions for the elimination of bottleneck problems at the transport interchange point in terms of the planned passenger traffic have been proposed and incorporated in the model.

Keywords: simulation modeling, Timiryazevskaya, analysis, transport and transfer hub, transport infrastructure, urban transport network, bottlenecks.

Введение

Развитие городской транспортной системы неразрывно связано с освоением территорий. Строящиеся жилые кварталы и районы города требуют оснащения транспортной сетью, которая способна справляться с растущими пассажиропотоками. Согласно генеральному плану развития Москвы в городе будет осуществлено масштабное строительство объектов инфраструктуры внеуличного транспорта. [1] В связи с этим возникает потребность в развитии объектов инфраструктуры (остановочных пунктов и станций) городского транспорта, а в будущем транспортно-пересадочных узлов, призванных быстро и безопасно осуществлять пересадку пассажиров между видами городского транспорта. Объекты инфраструктуры транспортно-пересадочных узлов должны функционировать с высокой пропускной способностью и быть подготовленными к сбоям в работе для нормального функционирования в Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

условиях возрастающего пассажиропотока. Для анализа работы объектов инфраструктуры транспортно-пересадочных узлов Москвы, применения решений по оптимизации логистических процессов и модернизации, а также оценки эффективности предложенных решений удобно использовать метод имитационного моделирования.

Имитационное моделирование – это один из универсальных методов научного исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающую процессы, происходящие в этой системе с целью получения информации и реализации действий, позволяющих конфигурировать деятельность изучаемой системы. [2] Имитационное моделирование позволяет оценивать эффективность предлагаемых решений, не прибегая к экспериментальному исследованию на реальном объекте. Для создания моделей логистических процессов существует программа имитационного моделирования AnyLogic. Сочетая метод имитирования процессов и метод детерминированного анализа (позволяющий показать, как изменение количественных характеристик влияет на работу системы) разработчик способен создать в программе AnyLogic модель, полноценно описывающую реальные процессы, происходящие в системе.

Цели и методы исследования

Целью исследования является выполнение комплексного анализа маршрутов движения пассажиропотоков по прилегающей и внутренней территории ТПУ «Тимирязевская» в соответствии с планом строительства комплекса, выявление зон повышенной загруженности методом постановки экспериментов, путём моделирования работы ТПУ в программе «Any Logic», а также предложение вариантов разрешения этих самых проблем. Исследовательская группа преследует цель пресечения и предупреждения повторения ошибок, допущенных при реализации схожих проектов пересадочных узлов.

Основная часть

Одним из текущих объектов строительства, осуществляемых согласно Генплану Москвы, является транспортно-пересадочный узел «Тимирязевская». Он располагается на границе двух районов Москвы (Бутырский – СВАО и Тимирязевский – САО) и включает в себя станцию метро «Тимирязевская», станцию «Тимирязевская» Савеловского направления Московской железной дороги (в том числе станция «Тимирязевская» МЖД-1) и остановки автобусных маршрутов 87, 447, м40, т56, т78, т78п (Дмитровское шоссе). Для наглядности изображения приведена схема созданной модели, подробно поясняющей расположение выходов и транспортных линий. Схема приведена на рисунке 1.

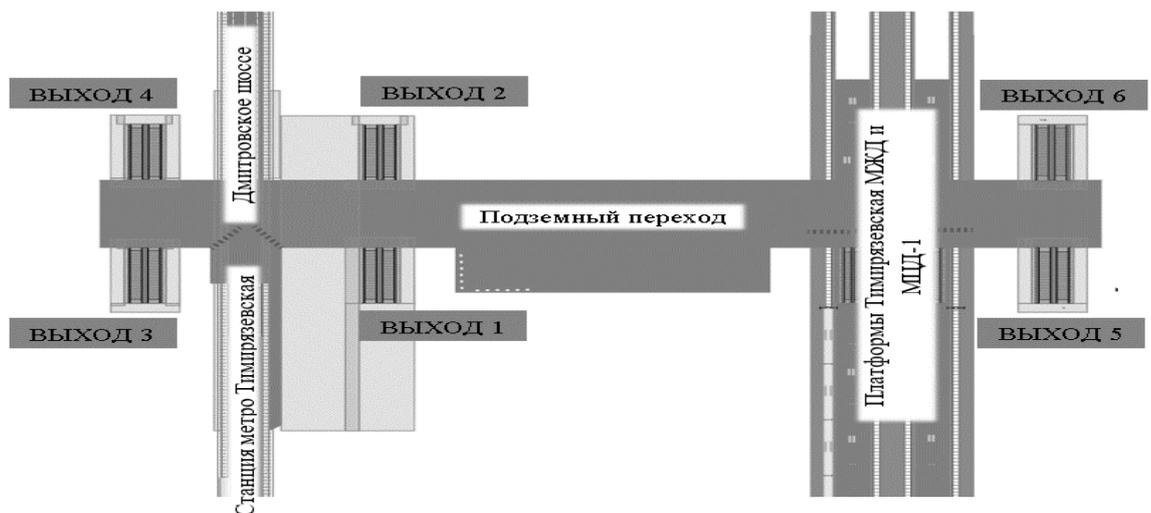


Рис. 1 –Зонирование территории ТПУ¹

Для создания имитационной модели движения транспорта и пешеходов были использованы различные библиотеки, а также данные о расписании, интервалах движения и числе пассажиров. На платформу «Тимирязевская», обслуживающую Савёловское направление МЖД, поезда прибывают со средним интервалом 12 минут. На платформу «Тимирязевская», обслуживающую МЖД-1 (Лобня-Одинцово), – с интервалом 9 минут. Средний

¹ Разработано автором на основе схем ТПУ Тимирязевская
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

интервал движения поездов Московского метрополитена составляет 90 секунд. Наземный городской транспорт курсирует со средним интервалом движения 6 минут. Согласно текущей статистике Комплекса градостроительной политики и строительства города Москвы текущий пассажиропоток (в часы пик) составляет: для станции метро Тимирязевская – 14,5 тыс. человек, для станции Тимирязевская МЖД – 6,9 тыс. человек, для наземного городского транспорта – 5,4 тыс. человек. После построения модель отражает все передвижения транспорта и пассажиров (рисунок 2).

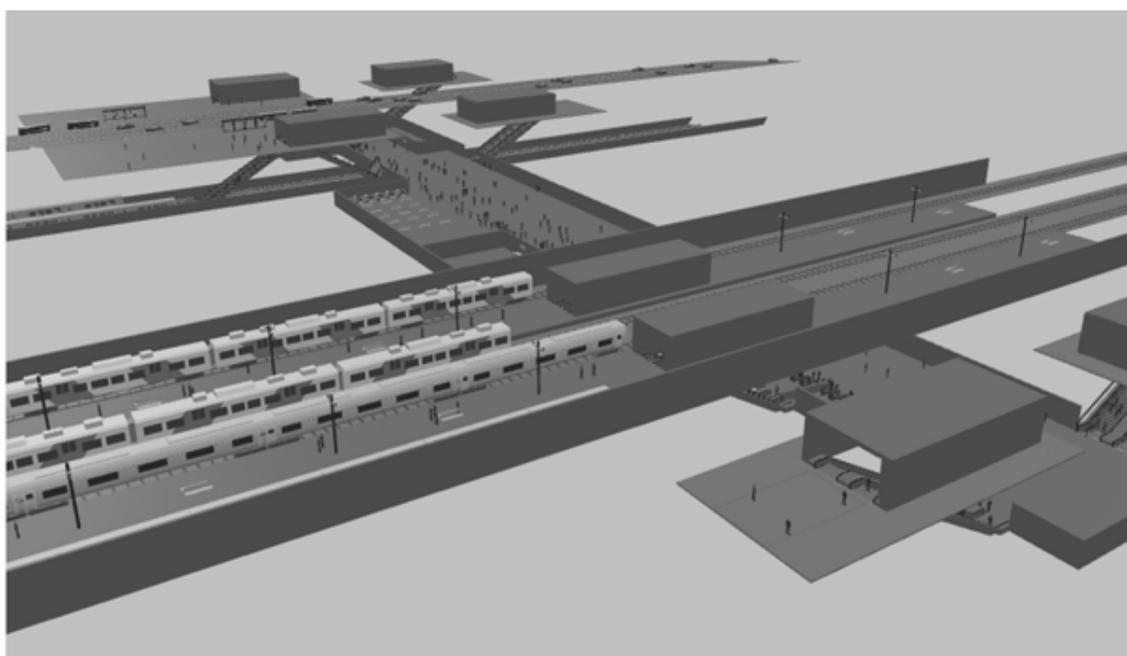


Рис. 2 – Имитационная модель работы ТПУ²

Для анализа работы ТПУ в условиях повышенного пассажиропотока используется инструмент «карта плотности» в программе имитационного моделирования AnyLogic. После повышения пассажиропотока до максимального, выделяться узкие места на схеме движения (рисунок 3).

² Разработано автором на основе модели имитационного моделирования в ПО AnyLogic
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

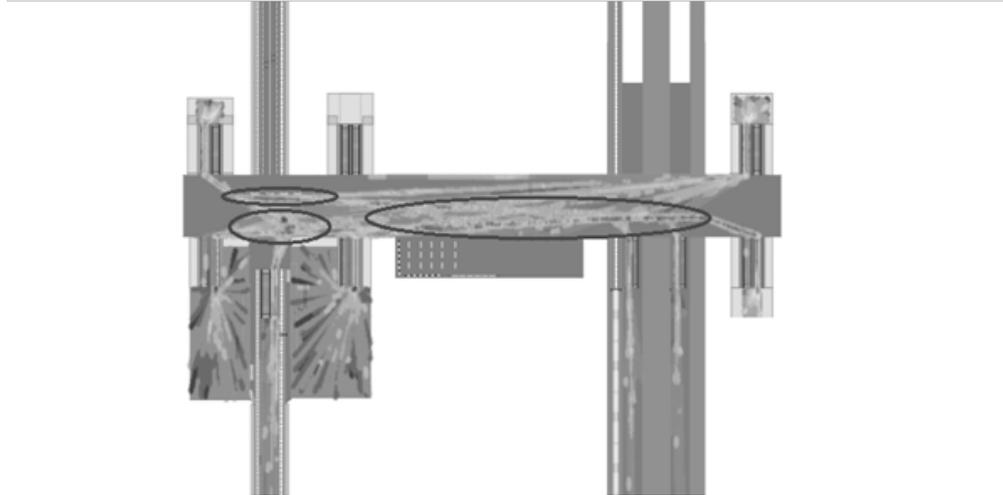


Рис. 3 – Схема ТПУ в условиях повышенного пассажиропотока³

Скопления пешеходов происходят в местах пресечения пассажиропотоков. В условиях повышенной нагрузки «узкие места» наблюдаются в зонах валидации и обслуживания пассажиров. Для нормального функционирования транспортно-пересадочного узла требуется разработка решений по оптимальному размещению зон обслуживания и организации навигации. [3]

Для исключения узких мест или уменьшения их количества следует рассмотреть и определить оптимальные схемы размещения зон обслуживания. В зоны обслуживания входят кассы метро и МЖД, а также зоны валидации. Зоны валидации – места оплаты проезда и регистрации поездки (турникеты). [4] Предлагаются три конфигурации схем валидации: линейное размещение турникетов, размещение турникетов «уголком» и линейное размещение реверсивных турникетов (рисунки 4,5,6 соответственно).

³ Разработано автором на основе модели имитационного моделирования в ПО AnyLogic
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

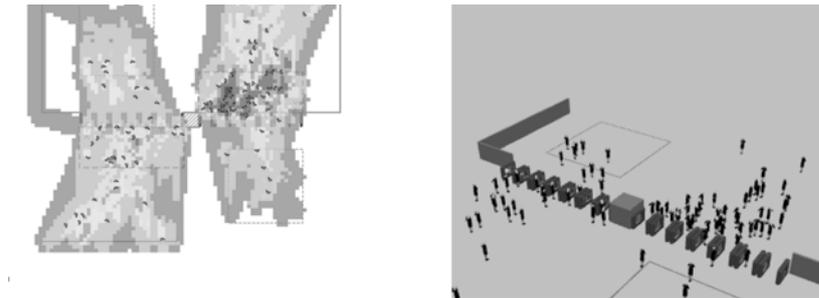


Рис. 4 – Линейное размещение турникетов⁴

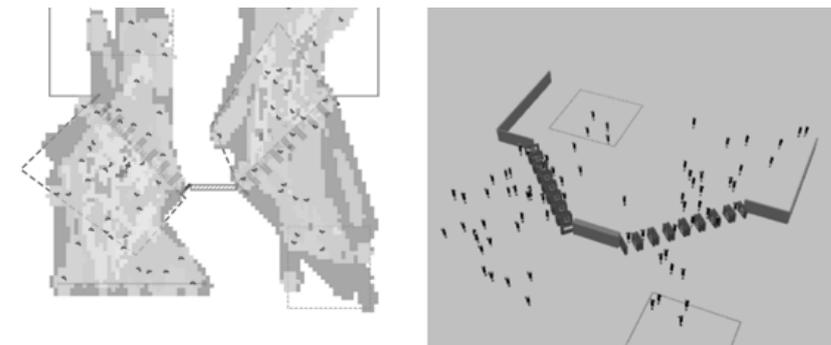


Рис. 5 – Размещение турникетов «уголком»⁵

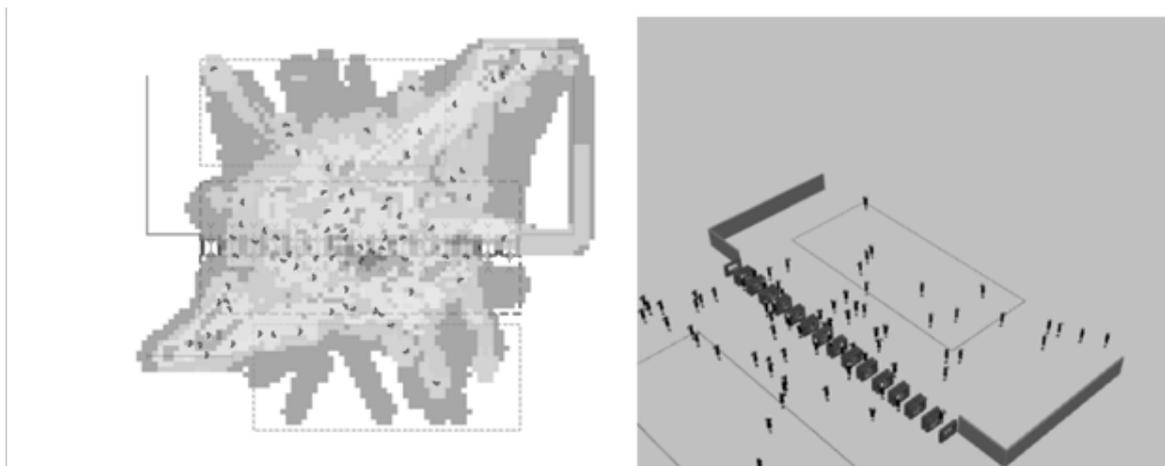


Рис. 6 – Линейное размещение реверсивных турникетов⁶

⁴ Разработано автором на основе модели имитационного моделирования и наложения карты плотности в ПО AnyLogic

⁵ Разработано автором на основе модели имитационного моделирования и наложения карты плотности в ПО AnyLogic

⁶ Разработано автором на основе модели имитационного моделирования и наложения карты плотности в ПО AnyLogic

Сравнительный анализ, включающий в себя плюсы и минусы каждой конфигурации, отражен в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнение конфигураций зон валидации

Схема	Плюсы	Минусы
Линейное размещение турникетов	Занимает относительно небольшую площадь, справляется со средними нагрузками.	Неспособна справиться с сильными нагрузками, число турникетов ограничено шириной прохода.
Размещение турникетов «уголком»	Число турникетов в меньшей степени зависит от ширины прохода, справляется со высокими нагрузками.	Занимает относительно большую площадь, сложно сопоставима со схемами навигации.
Линейное размещение реверсивных турникетов	Возможно управление потоками, способна справляться с большими пассажиропотоками в часы пик.	Требует дополнительные человеческие ресурсы, сложно сопоставима со схемами навигации.

Для зоны, обслуживающей пассажиров станции метро Тимирязевская, оптимальной конфигурацией при высоких значениях пассажиропотока будет размещение турникетов «уголком». Для зоны, обслуживающей пассажиров МЖД и МЦД-1, оптимальной схемой при средних значения потока будет линейное размещение реверсивных турникетов. Также для увеличения ширины прохода, а, следовательно, и ширины полос движения пассажиров принято установить кассу метро в область с минимальным пассажиропотоком – крайний левый угол подземного перехода под Дмитровским шоссе.

Для организации движения пассажиров стоит разработать схему навигации, которая призвана направлять пассажиров, таким образом, чтобы потоки не пересекались, или пересекались в местах, где это не создаст скоплений. Для организации движения в подземном переходе предлагается использовать схему, схожую с движением автомобилей по дороге с реверсивной полосой. При такой схеме пассажиры будут двигаться по трём условным полосам: две из которых, расположенные по краям будут постоянно направлены в одну и в другую сторону, а центральная менять своё

направления в зависимости от времени суток и часов пик. Для смены направления движения центральной полосы предлагается установить реверсивный пешеходный светофор. Схема навигации представлена на рисунке 7.

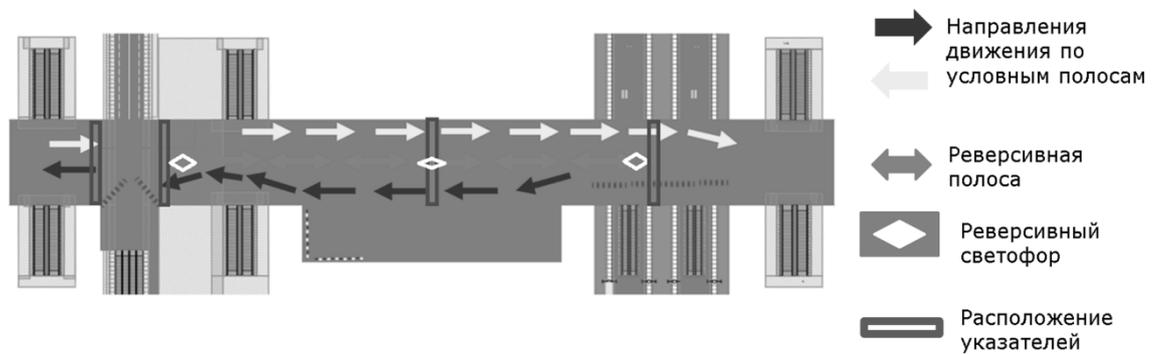


Рис. 7 – Схема навигации движения⁷

После внедрения всех решений в модель работы ТПУ схема движения принимает вид – рисунок 8.

⁷ Разработано автором на основе модели имитационного моделирования в ПО AnyLogic
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

Результаты

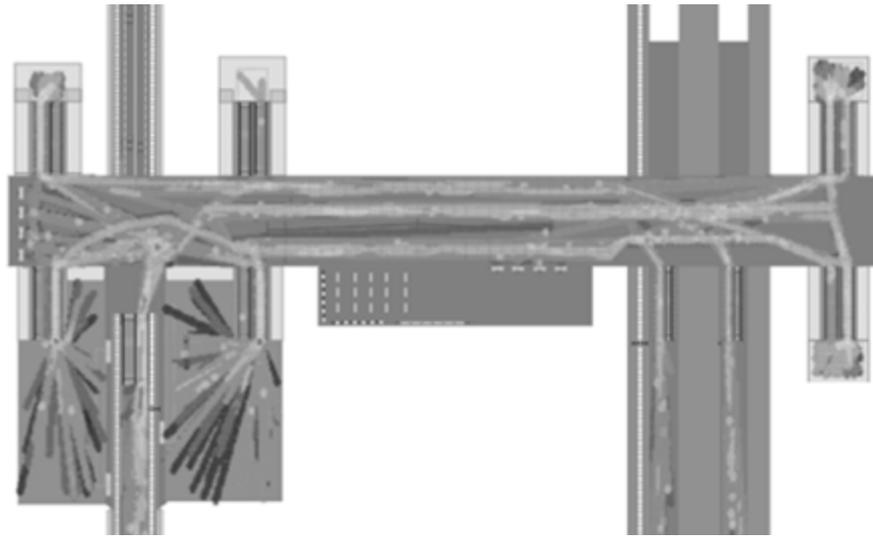


Рис. 8 – Схема движения после внедрения решений⁸

Отметим, число узких мест сократилось. Теперь пассажиры двигаются в своих направлениях, не пересекаясь и не создавая скоплений. В зонах валидации также наблюдается сокращение скоплений.

Заключение

Работа с программой имитационного моделирования AnyLogic позволяет создавать и оптимизировать логистические процессы, производить анализ работы объектов транспортной инфраструктуры и выявлять «узкие места» в их функционировании. Метод имитационного моделирования в сфере городской транспортной системы находит своё применение при разработке различных проектов и планов по оптимизации и строительству реальных объектов транспорта, которые будут способны справляться с растущими пассажиропотоками.

⁸ Разработано автором на основе результатов модели имитационного моделирования в ПО AnyLogic
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

Библиографический список:

1. Закон города Москвы "О Генеральном плане города Москвы" от 27.12.2017 № 17 // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <https://docs.cntd.ru/document/556182964?marker> (Дата обращения 28.01.2023)
2. Практика применения имитационного моделирования для анализа перевозочного процесса железнодорожного общественного транспорта / К. А. Чернышев, Г. М. Лысов, А. А. Коновалова, Л. Е. Майоров / Sciences of Europe. - 2022. - № 101(101). - С 81-84. - DOI 10.5281/zenodo.7107080. - EDN SQTSWA
3. Взаимодействие видов транспорта : Учебное пособие / С. П. Вакуленко, А. В. Колин, М. Н. Прокофьев, Н. Ю. Евреенова. – Москва : Российский университет транспорта (МИИТ), 2022. – 362 с. – ISBN 978-5-7876-0397-2. – EDN QWKCAZ.
4. Вакуленко, С. П. Роль моделирования и прогнозирования в транспортном планировании / С. П. Вакуленко, Н. Ю. Евреенова // Вопросы устойчивого развития общества. – 2022. – № 4. – С. 1396-1400. – EDN XXSYDD.

Оригинальность 98%