

РАЗВИТИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Щербаков Д.А.¹

¹ Российский университет транспорта

Аннотация: в данной статье проводится исследование функционирования транспортной системы с помощью инструмента имитационного моделирования. Определен комплекс мер по развитию транспортно-логистической системы пассажиропотока с помощью инструмента дискретно-событийного моделирования. Представлен анализ транспортно-логистической инфраструктуры вокзального комплекса «Дмитров». Проводятся эксперименты с разработанной моделью для определения результатов предложенных мер.

Ключевые слова: имитационное моделирование, пассажиропоток, развитие транспортно-логистической инфраструктуры, транспортная система.

© Щербаков Д.А.

Поступила 07.08.2025, одобрена после рецензирования 08.09.2025, принята к публикации 08.09.2025.

Для цитирования:

Щербаков Д.А. Развитие дорожно-транспортной инфраструктуры как фактор повышения качества транспортного обеспечения // Логистика и управление цепями поставок. - 2025. - Т. 22, №2 (115). - С. 33–44.

Информация об авторах:

Щербаков Д.А., аспирант кафедры «Логистика и управление транспортными системами», Russian University of Transport (МИТ), e-mail: shcherbakov1344@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях городской среды функционирование большинства объектов обеспечения пассажирских перевозок зависит от прогнозируемых потоков на данных участках. Развитие дорожно-транспортной инфраструктуры является ключевым фактором экономического роста, повышения качества жизни населения и обеспечения устойчивого развития в современных условиях.

Повышение уровня развития транспортно-логистической инфраструктуры позволяет сократить время обслуживания городского транспорта на линиях пассажирских сообщений, снизить операционные издержки и повысить гибкость этапов работы всех участников оказания транспортно-логистических услуг. Хорошо развитая логистическая сеть способствует снижению транспортных издержек, ускоряет доставку товаров и услуг, что способствует росту торговли и привлечению инвестиций. Доступная транспортная инфраструктура интегрирует отдалённые регионы в экономику страны, создавая новые рабочие места и стимулируя развитие местных предприятий.

Развитие транспортной инфраструктуры в современных условиях невозможно без применения передовых методов анализа и прогнозирования, среди которых особое место занимает имитационное моделирование. Данный инструмент позволяет создавать виртуальные копии реальных транспортных систем, анализировать их работу, выявлять проблемные участки и тестировать различные сценарии функционирования без необходимости дорогостоящих экспериментов в реальной жизни. Одной из ключевых задач транспортной инфраструктуры является обеспечение бесперебойного движения на всех этапах, поэтому имитационное моделирование позволяет анализировать текущие транспортные потоки, выявлять причины затруднения и тестировать решения для их устранения. Внедрение современных технологий, таких как автономные транспортные средства, «умные» светофоры и системы управления трафиком, требуют режима тестирования перед установкой для повседневного использования, в связи с чем,

имитационное моделирование предусматривает инструменты для снижения рисков и затрат. Создание точной имитационной модели позволяет заранее выявлять и прогнозировать потенциальные проблемы, и своевременно принимать управленческие решения для быстрого реагирования и разработки мер по их предотвращению.

Моделирование как метод исследования предполагает три ключевых компонента:

- субъект (исследователь);
- объект изучения;
- модель, выступающую связующим звеном между познающим субъектом и изучаемым объектом.

Среди современных инструментов для моделирования выделяется программный пакет AnyLogic, обладающий широкими возможностями. Наибольшую эффективность компьютерное имитационное моделирование демонстрирует в тех сферах, где участники социально-экономических процессов активно занимаются теоретическим моделированием и анализом различных вариантов развития событий. Чем сложнее анализируемая ситуация, тем больше вовлеченных объектов, факторов и возможных сценариев, требующих одновременного рассмотрения во взаимосвязи, и тем более значительный эффект может обеспечить применение имитационных моделей для анализа и выработки оптимальных решений. Современное компьютерное имитационное моделирование сталкивается с новой важной задачей: разработкой инструментов координации человеческой деятельности в условиях усиления взаимосвязей между ранее независимыми процессами и сферами. Применение имитационного моделирования наряду с существующими технологическими, коммерческими и административными структурами демонстрирует положительные результаты в таких сферах как производство, логистические операции и цепи поставок.

В условиях постоянного развития существующей транспортной сети при росте транспортно-логистических потоков внутри государства логистика представляет собой одну из важнейших сфер экономики. Эф-

фективное функционирование транспортной системы в современных условиях невозможно без повышения качества обслуживания, и предоставления более конкурентоспособных транспортных услуг. Одной из основных задач логистики является минимизация транспортных расходов, в связи с чем внедрение новых технологий имеет приоритетный характер [1].

Современные городские системы регулирования дорожного движения повсеместно

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА

Транспортно-логистическая система любой городской среды представляет собой сложную структуру, которая объединяет процессы и операции, связанные с перемещением товаров, и обеспечивает непрерывный поток материальных ресурсов и готовой продукции от производящих зон к конечному потребителю. Немало важную роль также имеет система пассажиропотока в городе, устойчивость данной системы к постоянно растущему населению и туристическому потоку [2]. На примере города Дмитров, входящий в состав Московской области, можно рассмотреть систему, которая нуждается в модернизации и повышении транспортного обеспечения на основе развития дорожно-транспортной инфраструктуры. Город Дмитров является важным транспортным узлом, связывающим столичный регион с северными областями России. Его транспортная система играет ключевую роль в обеспечении пассажирских и грузовых перевозок, а также в поддержании экономической и социальной активности города.

Дмитров находится на федеральной трассе А-104 (Москва — Дубна), что делает его транзитным пунктом для междугородного и международного сообщения. Через город проходит Большое московское железнодорожное кольцо, обеспечивающее грузовые и пассажирские перевозки. Одним из ключевых факторов транспортного обеспечения является то, что расположение и близость к каналу имени Москвы и реке Яхроме открывает возможности для водного транспорта.

Основным признаком развитости дорожно-транспортной инфраструктуры, является высокий показатель пассажиропотока, в связи

применяют алгоритмы, опирающиеся на моделировании транспортных потоков. Поэтому к качеству и подробности этих моделей предъявляются повышенные требования, так как без моделирования дорожного движения будет невозможно разрабатывать проекты новых и улучшать старые транспортные узлы, жилые массивы, схемы организации движения, реагировать на чрезвычайные происшествия.

с этим, комплексный характер развития пассажирского транспорта обусловлен, с одной стороны, сложной структурой транспорта, объединяющего в единую систему отдельные виды транспорта, с другой стороны, его особой ролью как инфраструктурной отрасли, обеспечивающей условия для экономического роста и повышения качества жизни населения.

При планировании дорожной инфраструктуры и создании эффективной системы движения необходимо учитывать ключевые аспекты и изменяющиеся параметры транспортного потока [5]. С учетом активного внедрения элементов цифровой экономики наиболее многообещающим подходом к решению этой задачи является разработка интеллектуальной системы управления городским транспортом, обеспечивающей автоматизированный сбор, обработку и анализ данных [4]. Для детального рассмотрения функционирования транспортно-логистической инфраструктуры объекта, стоит рассмотреть Дмитровский вокзальный комплекс.

Дмитровский вокзальный комплекс - это важный транспортно-логистический узел, который выполняет значительную роль в обеспечении пассажирских и грузовых перевозок, связывая столицу с северными регионами России. Железнодорожный и автовокзалы находятся в центре города, что делает их удобными для пассажиров благодаря тому, что сочетают удобное железнодорожное сообщение с развитой автомобильной и автобусной инфраструктурой, данное преимущество обеспечивает комфортную пересадку между разными видами транспорта. Однако, железнодорожный вокзал города Дмитров ежедневно сталкивает-

ся с высокой нагрузкой из-за большого пассажиропотока, особенно в утренние и вечерние часы пик. Основная проблема заключается в том, что существующая инфраструктура не справляется с одновременным повышенным потоком пассажиров, что приводит к неудобствам при пересадке на общественный городской транспорт.

К основным проблемам, с которыми сталкивается существующая инфраструктура можно отнести:

- большие очереди из-за узких выходов с платформ и недостаточного количества турникетов, что приводит к значительному увеличению количества времени на выход или вход в пределах вокзального комплекса;

- недостаточное время на осуществление пересадки между железнодорожным и автобусным транспортом, так как автобусы уходят с автовокзала по расписанию, не дожидаясь опоздавших пассажиров;

- перегруженность автомобильных парковок, так как в часы пик скопление людей в зданиях вокзального комплекса, автомобилей в зонах подачи такси и личного автотранспор-

та, создает обстановку затруднительного передвижения для пассажиров;

- слишком отдаленное расположение автобусных остановок от выхода с железнодорожного вокзала, что составляет значимую уязвимость и проблематичность для маломобильных граждан [3].

Из перечисленных проблем вытекают следующие последствия, с которыми сталкиваются граждане и пассажиры, к ним относятся:

- регулярные опоздания на работу сотрудников различных сфер;

- увеличение нагрузки на представителей услуг такси, а также увеличение стоимости оказания данных услуг в связи повышенным спросом;

Для решения перечисленных проблем необходимо расширение и модернизация существующей инфраструктуры, а также:

- создание дополнительных турникетов для выхода и входа с платформ и территории железнодорожного вокзала;

- повышение качества и доступности транспортного обеспечения.

РАЗРАБОТКА ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Отсутствие внедрения и реализации предложенных решений продолжит наращивание существующих проблемы с организацией и управлением пассажиропотока. Для изучения работы объекта транспортно-логистической инфраструктуры в среде AnyLogic была сделана разметка моделируемого пространства (рисунок 1), разметка моделируемого пространства железнодорожного вокзала (рисунок 2) и разработана программно-имитационная дискретно-событийная модель. Имитацион-

ная модель объекта позволила обнаружить проблемные места в текущих логистических процессах и предложить способы их совершенствования для повышения эффективности работы вокзала¹.

Модель представляет собой набор блоков, моделирующих различные операции (события), происходящие с агентами (автомобилями)². Используемые блоки из библиотеки AnyLogic, которые относятся к текущим операциям приведены в таблице 1.

¹ Пользовательский интерфейс AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://anylogic.help/ru/anylogic/ui/index.html>. (Дата обращения: 02.07.2025).

² Справочное руководство о «Библиотеке моделирования процессов» AnyLogic: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://anylogic.help/ru/library-reference-guides/process-modeling-library/index.html>. (Дата обращения: 02.07.2025).



Рисунок 1. Разметка моделируемого пространства в среде AnyLogic.

Таблица 1

Блоки, задействованные с операциями и процессами железнодорожной инфраструктуры

Тип блока	Описание	Конфигурация
TrainSource	Этот блок создает поезда, помещает их на пути ж/д узла, и вставляет агента-поезд в диаграмму процесса поезда.	Поезда прибывают согласно заданной интенсивности прибытия.
TrainMoveTo	Единственный блок, который управляет движением поезда.	Поезд может ехать, только когда он находится в данном блоке.
TrainDispose	Удаляет поезда из модели.	Помещается после блока TrainMoveTo, поезд может перемещаться за пределы дорожной сети по незамкнутому пути.
Delay	Задерживает агентов на заданный период времени.	Время задержки вычисляется динамически, может быть случайным, зависеть от текущего агента или от каких-то других условий.



Рисунок 2. Разметка моделируемого пространства железнодорожного вокзала.

Для вычисления агентов-пешеходов, которые создают очереди в терминалы для осуществления покупки билета, в элементе

столбиковая диаграмма «Длина очереди в терминал (1, 2, 3, 4 и 5)» (рисунок 3).

- Длина очереди в терминал №1 12
- Длина очереди в терминал №2 0
- Длина очереди в терминал №3 1
- Длина очереди в терминал №4 1
- Длина очереди в терминал №5 1

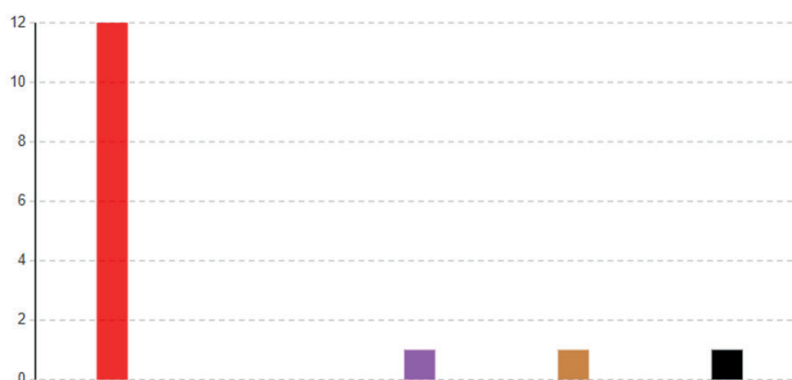


Рисунок 3. Элемент столбиковая диаграмма «Длина очереди в терминал (1, 2, 3, 4 и 5)».

Также с помощью элемента-график можно отслеживать такие статистические данные, как:

- минимальное время обслуживания агентов в модели;

- среднее время обслуживания агентов в модели;

- максимальное время обслуживания агентов в модели.

Время обслуживания агентов позволяет наглядно рассмотреть прямую зависимость

количество участников от момента создания до момента удаления из модели (полного цик-

ла) и загруженность пассажиропотока (рисунок 4).

Среднее время 206.286
Максимальное время 924.7
Минимальное время 54.3

Рисунок 4. Элемент-текст «Минимальное, среднее и максимальное время обслуживания агентов в модели».

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С МОДЕЛЬЮ И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

За основу проведения эксперимента с пассажиропотоком использовались инфраструктурные объекты, такие как: кассы, терминалы и турникеты. Главным условием экс-

перимента выступало наличие или отсутствие билета у пассажира при его создании в модели (таблица 2).

Таблица 2

Условия проведения эксперимента

Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3	Вариант № 4	Вариант № 5	Вариант № 6
Интенсивность потока пассажиров из всех точек появления - 500					
Наличие билета у 0% пассажиров	Наличие билета у 20% пассажиров	Наличие билета у 40% пассажиров	Наличие билета у 60% пассажиров	Наличие билета у 80% пассажиров	Наличие билета у 100% пассажиров

Интенсивность потока регулировалась с помощью параметров «intens_potoka», «intens_potoka1», «intens_potoka2», также эти параметры являются фиксированными, поэтому при проведении оптимизационного экс-

перимента данный не изменялись. Наличие и отсутствие билета у пассажиров отвечают за параметры «c_bez_bileta», «c_bez_bileta1», «c_bez_bileta2» (рисунок 5).



Рисунок 5. Элементы диаграммы-процессов.

По результатам проведенного исследования среднее время обслуживания пассажиров в модели вокзала составляет от 10,12 до 3,74

минуты. Подробные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты проведения эксперимента

Среднее время обслуживания пассажиров в модели					
Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3	Вариант № 4	Вариант № 5	Вариант № 6
10,12 минуты	7,82 минуты	6,2 минуты	5,47 минуты	4,39 минуты	3,74 минуты

Среднее время нахождения агента-пассажира с учетом всех вариантов проведения эксперимента в модели составило 6,29 минуты модельного времени. С учетом представленных результатов эксперимента можно сделать вывод, что прямая зависимость интенсивности пассажиропотока является главным фактором, который позволяет регулировать и отслеживать состояние транспортной системы. Развитие транспортной инфраструктуры в современных условиях невозможно без

применения передовых методов анализа и прогнозирования, среди которых особое место занимает имитационное моделирование. Имитационное моделирование предоставляет возможность рассмотреть узкие места системы и с помощью встроенного инструментария принимать решения для усовершенствования такой среды¹. Для повышения качества транспортного обеспечения были добавлены турникеты рядом со зданием железнодорожного вокзала (рисунок 6).

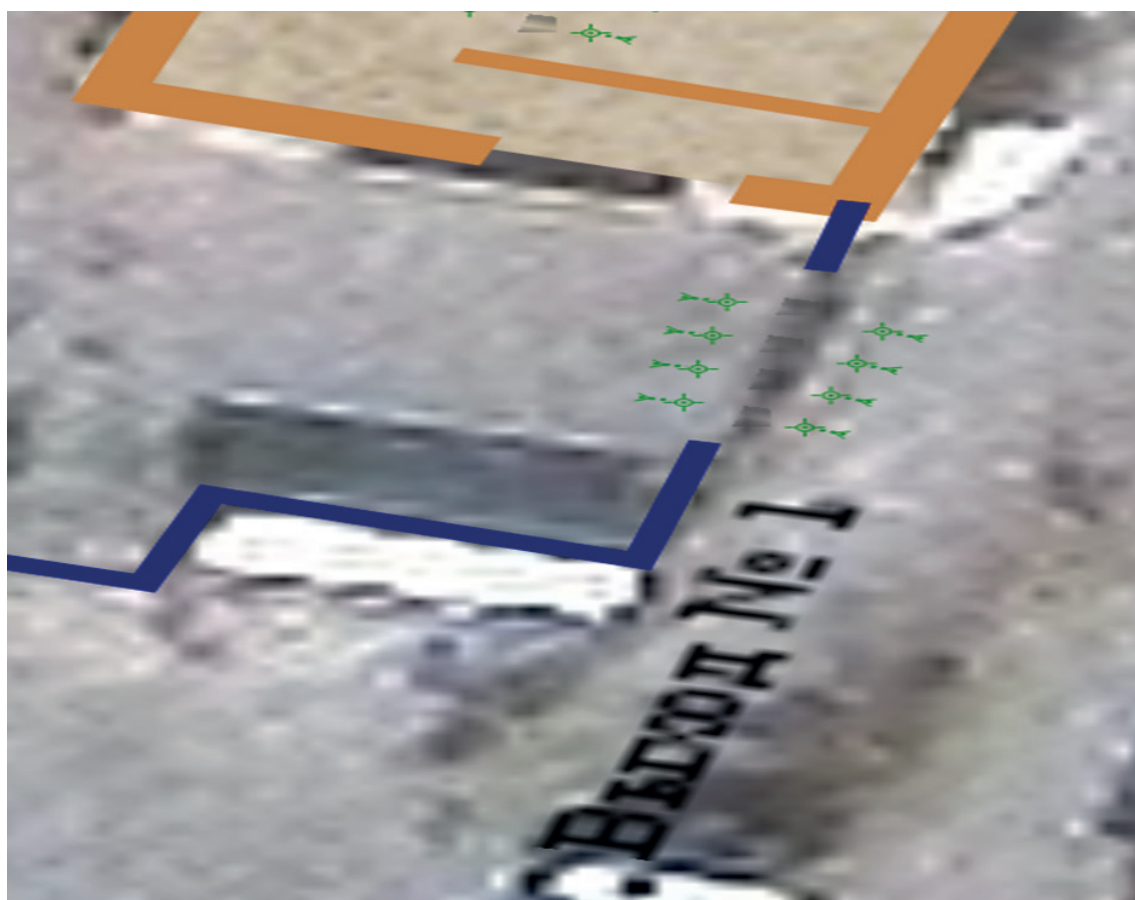


Рисунок 6. Установка дополнительных турникетов возле здания железнодорожного вокзала.

³ Документация AnyLogic: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://anylogic.help/ru/>. (Дата обращения: 12.07.2025).

С учетом того, что все пассажиры вынуждены проходить через здание железнодорожного вокзала, возникает высокая нагрузка на пропускную способность турникетов, так как поток пассажиров, которому необходимо покинуть вокзал после прибытия на станцию встречается с потоком пассажиров идущих в сторону платформ. Таким образом, образуются большие очереди возле турникетов и нема-

лое количество времени затрачивается на ожидание прохода через турникеты. Для проверки эффективности предложенных мероприятий с моделью был проведен идентичный эксперимент. Результаты повторного эксперимента позволяют сделать вывод, что среднее время обслуживания пассажиров в модели вокзала составило от 9,26 до 2,43 минуты. Подробные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты проведения повторного эксперимента

Среднее время обслуживания пассажиров в модели					
Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3	Вариант № 4	Вариант № 5	Вариант № 6
9,26 минуты	7,05 минуты	5,68 минуты	4,85 минуты	3,91 минуты	2,43 минуты

Важно отметить, что показатель среднего времени ожидания агента-пассажира с учетом всех вариантов проведения повторного эксперимента в модели составляет 5,53 минуты модельного времени. Таким образом, дополнительное создание турникетов позволило уменьшить среднее время обслуживания аген-

тов-пассажиров в модели по сравнению с первоначальным вариантом на 12,86%. Анализ результатов показывает, что в повторном эксперименте среднее время пребывания агентов в модели оказалось ниже, данный показатель положительно отражается на общих показателях модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные мероприятия подтверждают эффективность решений, а уменьшение продолжительности нахождения агентов в модели свидетельствует об успешном совершенствовании процессов, такие как: снижение задержки при прохождении агентов инфраструктуры; повышение пропускной способности; снижение затрат времени на

преодоление пунктов пропуска (турникетов). Увеличение уровня развития транспортно-логистической инфраструктуры помогает сократить время обслуживания городского транспорта и линии пассажирских сообщений, снизить операционные издержки и повысить гибкость всех участников оказания транспортно-логистических услуг.

Список источников

1. Багинова, В. В. Стратегия и тактика логистического бизнеса : монография [Текст] / В. В. Багинова, Ю. М. Неруш, Л. С. Федоров. - М. : ООО «Русайнс», 2018. - 368 с.
2. Борисик, М. П. Современные проблемы транспортной логистики РФ [Электронный ресурс] / М. П. Борисик, Е. С. Иванова, К. А. Рюмкина // Экономика и менеджмент инновационных технологий. - 2022. - № 1. Режим доступа URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2022/01/17400>.
3. Ефремов А. Ю., Кузнецов К.Ю., Легович Ю.С. Имитационное моделирование транспортных потоков на кольцевых пересечениях автомобильных дорог – [Электронный ресурс]: <https://masters.donntu.ru/2013/fknt/sokolyuk/library/EfremovKuznecovLegovich.htm>.
4. Кузьмин, Д. В. Проблемы транспортной системы Москвы, вызванные автомобилизацией: их причины и пути решения / Д. В. Кузьмин, В. В. Багинова // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2012. – Т. 2, № 1. – С. 79-82.
5. Неруш, Ю. М. Транспортная логистика : учебник для вузов / Ю. М. Неруш, С. В. Саркисов. - Москва : Издательство Юрайт, 2023. - 351 с.

DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORT INFRASTRUCTURE AS A FACTOR IN
ENHANCING THE QUALITY OF TRANSPORT SERVICES

Shcherbakov D.A.¹

¹ Russian University of Transport.

Abstract: this article presents a study on the functioning of a transportation system using simulation modeling tools. A set of measures aimed at developing the passenger transport and logistics system is formulated through discrete-event simulation modeling. An analysis of the transport and logistics infrastructure of the “Dmitrov” railway station complex is provided. Experiments are conducted using the developed model to assess the effectiveness and outcomes of the proposed measures.

Keywords: simulation modeling, passenger flow, development of transport and logistics infrastructure, transportation system.

© Shcherbakov D.A.

Received 07.08.2025, approved 08.09.2025, accepted for publication 08.09.2025.

For citation:

Shcherbakov D.A. Development of road transport infrastructure as a factor in enhancing the quality of transport services. Logistics and Supply Chain Management. 2025. Vol 22, Iss 2 (115). pp. 33-44.

Information about the authors:

Shcherbakov D.A., postgraduate Student of the Department of Logistics and Supply Chain Management, Russian University of Transport (MIIT), e-mail: shcherbakov1344@mail.ru.

References

1. Baginova, V. V. Strategy and Tactics of Logistics Business: Monograph / V. V. Baginova, Yu. M. Nerush, L. S. Fedorov. – Moscow: LLC “Rusains”, 2018. – 368 p.
2. Borisik, M. P. Contemporary Problems of Transport Logistics in the Russian Federation [Electronic Resource] / M. P. Borisik, E. S. Ivanova, K. A. Ryumkina // Economics and Management of Innovative Technologies. – 2022. – No. 1. Available at: <https://ekonomika.snauka.ru/2022/01/17400>.
3. Efremov, A. Yu., Kuznetsov, K. Yu., Legovich, Yu. S. Simulation Modeling of Traffic Flows at Roundabouts [Electronic Resource]: <https://masters.donntu.ru/2013/fknt/sokolyuk/library/EfremovKuznecovLegovich.htm>.
4. Kuzmin, D. V. Problems of Moscow’s Transport System Caused by Motorization: Their Causes and Solutions / D. V. Kuzmin, V. V. Baginova // Modern Problems of Russia’s Transport Complex. – 2012. – Vol. 2, No. 1. – Pp. 79–82.
5. Nerush, Yu. M. Transport Logistics: Textbook for Universities / Yu. M. Nerush, S. V. Sarkisov. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. – 351 p.