

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 2, 2026 vol. 3

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 3, ISSUE 2

JUNE, 2026



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 3, ISSUE 2 JUNE, 2026

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.


Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Analysis of the application of renewable energy sources in metro systems

A.T. Lesov¹^a, S.U. Yuldasheva¹

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Urban metro systems are among the most energy-intensive elements of urban infrastructure, requiring efficient solutions to reduce operational costs and environmental impact. This study presents a comparative and analytical assessment of three key technologies for improving metro energy efficiency: solar photovoltaic (PV) generation, regenerative braking, and battery energy storage systems (BESS). Based on international case studies and technical literature, the operational characteristics, energy-saving potential, and technological limitations of each approach are examined. The analysis shows that while individual technologies provide measurable benefits, their combined implementation within an integrated energy management framework can significantly enhance overall system performance. In particular, the integration of PV, regenerative braking, and BESS enables the formation of a localized energy system capable of improving load balancing and reducing peak demand. A qualitative assessment of applicability for the Tashkent Metro suggests that a phased implementation of these technologies may substantially improve energy efficiency and increase the utilization of recovered energy. The study highlights the technical feasibility and practical relevance of integrated energy solutions for metro systems operating under conditions similar to those of Central Asia.

Keywords: metro systems, renewable energy, solar power generation, regenerative braking, energy storage systems, energy efficiency, transport decarbonization

Анализ применения возобновляемых источников энергии в системах метрополитена

Лесов А.Т.¹^a, Юлдашева С.У.¹

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: Системы городского метрополитена - одни из самых энергоёмких элементов городской инфраструктуры, требующие эффективных решений для снижения эксплуатационных расходов и воздействия на окружающую среду. В данном исследовании представлена сравнительно-аналитическая оценка трёх ключевых технологий повышения энергоэффективности метрополитена: солнечной фотоэлектрической генерации, рекуперативного торможения и аккумуляторных систем накопления энергии (BESS). На основе анализа международных примеров и технической литературы рассматриваются эксплуатационные характеристики, потенциал энергосбережения и технологические ограничения каждого подхода. Анализ показывает, что, хотя отдельные технологии и обеспечивают ощутимые преимущества, их совместное внедрение в рамках комплексной системы управления энергопотреблением способно значительно повысить общую производительность. В частности, интеграция фотоэлектрических систем, рекуперативного торможения и BESS позволяет сформировать локальную энергосистему, способную улучшить балансировку нагрузки и снизить пиковое потребление. Качественная оценка применимости для Ташкентского метрополитена показывает, что поэтапное внедрение этих технологий может существенно повысить энергоэффективность и увеличить степень утилизации рекуперированной энергии. Исследование подчёркивает техническую осуществимость и практическую значимость комплексных энергетических решений для систем метрополитена, работающих в условиях, схожих с условиями Центральной Азии.

Ключевые слова: метрополитен, возобновляемые источники энергии, солнечная генерация, рекуперация энергии, системы накопления энергии, энергоэффективность, декарбонизация транспорта

1. Введение

Системы городского рельсового транспорта, в частности метрополитен, играют ключевую роль в обеспечении устойчивой мобильности в крупных

городах. В то же время метрополитен является одним из самых энергоёмких элементов городской инфраструктуры из-за высокой интенсивности движения поездов, большого количества станционных сооружений и непрерывной работы вспомогательного

^a <https://orcid.org/0009-0002-7644-3476>



оборудования [4,14]. На тяговое электроснабжение, как правило, приходится до 60-70% от общего объёма энергопотребления, а оставшаяся доля расходуется на стационарную инфраструктуру, такую как системы вентиляции, освещение, эскалаторы и кондиционирование воздуха [5]. По мере расширения сетей метро и роста пассажиропотока общее потребление электроэнергии этими системами продолжает расти, создавая дополнительную нагрузку на городские энергосистемы и операционные бюджеты транспортных ведомств [21].

В последние годы повышение энергоэффективности метрополитена стало важной задачей политики в области устойчивого развития городского транспорта. Одним из наиболее перспективных подходов является внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и передовых технологий управления энергопотреблением в инфраструктуру метро. Солнечная фотоэлектрическая генерация, системы рекуперативного торможения и технологии BESS позволяют операторам метрополитена возвращать часть энергии, расходуемой на движение поездов, и снижать зависимость от электроэнергии, поставляемой из внешних сетей. Эти решения также способствуют сокращению выбросов парниковых газов и повышению экологической устойчивости систем общественного транспорта [3,10].

Мировая практика демонстрирует растущий интерес к использованию технологий возобновляемой энергетики в системах метрополитена. Многие операторы метрополитенов начали устанавливать фотоэлектрические панели на крышах станций и зданиях депо, внедрять системы рекуперативного торможения для возврата энергии тяговой сети и монтировать аккумуляторные системы накопления энергии для стабилизации электроснабжения. Например, солнечная генерация была успешно интегрирована в инфраструктуру метрополитена в ряде городов Европы и Азии, а передовые технологии рекуперативного торможения широко применяются в Японии и Южной Корее для повышения эффективности использования тяговой энергии. Кроме того, современные аккумуляторные системы накопления энергии все чаще используются для аккумуляции избыточной энергии и ее перераспределения в периоды пиковых нагрузок [6,16].

Несмотря на рост числа технологических решений, уровень их внедрения и эффективность интеграции ВИЭ существенно различаются в зависимости от местных климатических условий, особенностей инфраструктуры и эксплуатационных параметров метрополитена. Для городов с высоким уровнем солнечной радиации и растущим спросом на городской транспорт комплексное применение солнечной генерации, рекуперативного торможения и BESS может стать особенно перспективной стратегией повышения энергоэффективности.

В связи с этим целью настоящего исследования является анализ технологических подходов к интеграции ВИЭ в системы метрополитена на основе мирового опыта, а также оценка потенциальной применимости данных решений для повышения энергоэффективности Ташкентского метрополитена.

2. Методика исследования

В основе данного исследования лежит сравнительная и аналитическая оценка технологических решений по интеграции ВИЭ в системы метрополитена. Методология исследования сочетает в себе обзор международного опыта и технический анализ основных энергосберегающих технологий, применяемых в инфраструктуре городского рельсового транспорта.

В исследовании рассматриваются три ключевых технологических направления, широко используемых в современных системах метрополитена: солнечная фотоэлектрическая генерация, технологии рекуперативного торможения и BESS. Для определения эксплуатационных характеристик, потенциала энергоэффективности и технологических ограничений данных решений был проведён анализ данных из международных тематических исследований, научных публикаций и технических отчётов [3,10,16,20].

Кроме того, исследование включает оценку применимости этих технологий к условиям Ташкентского метрополитена. В этой оценке учитываются региональные климатические условия, в частности потенциал солнечной радиации, а также общие эксплуатационные характеристики метрополитена, такие как интенсивность движения поездов, потребность в тяговой энергии и конфигурация инфраструктуры [9].

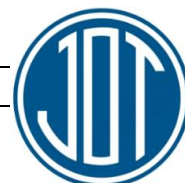
Сочетание анализа международных технологий и оценки местных условий позволяет определить наиболее перспективные подходы к повышению энергоэффективности систем метрополитена в городах с климатическими и инфраструктурными условиями, схожими с Ташкентом.

3. Результаты и обсуждение

3.1 Интеграция солнечной энергии в системы метрополитена

В основе данного исследования лежит Солнечные фотоэлектрические системы - одна из наиболее широко распространенных технологий ВИЭ в инфраструктуре городского рельсового транспорта. В метрополитенах фотоэлектрические панели, как правило, устанавливаются на крышах станций и зданий депо, а также на эстакадных конструкциях вдоль линий. Вырабатываемая электроэнергия преобразуется с помощью инверторов и может использоваться как для питания вспомогательных систем станций - освещения, вентиляции, эскалаторов и кондиционирования воздуха, - так и частично интегрироваться в сети тягового электроснабжения [3].

Международный опыт показывает, что внедрение солнечной энергетики в инфраструктуру метрополитена может значительно сократить потребление электроэнергии из внешних сетей. Ярким примером является проект Barcelona MetroCHARGE, в рамках которого на 16 станциях метро были установлены кровельные фотоэлектрические системы, интегрированные с технологиями рекуперативного торможения. Согласно отчетам по проекту, комбинированная система позволяет покрывать около 33-41% энергопотребления поездов и полностью обеспечивать электроэнергией 28 станций. Кроме того,



избыточная электроэнергия используется для питания общественных зарядных станций для электромобилей, расположенных рядом с объектами метрополитена. В результате реализация проекта позволяет добиться сокращения выбросов CO₂ примерно на 3,9 тыс. тонн в год, при этом общее потребление электроэнергии в системе метрополитена снижается приблизительно на 6% [19].

Масштабное внедрение кровельных солнечных систем наблюдается и в азиатских метрополитенах, особенно в Китае. Быстрое наращивание мощностей солнечной генерации в последние годы позволило интегрировать распределенные фотоэлектрические системы на объектах транспортной инфраструктуры, включая станции и депо метрополитена. Однако в регионах с высоким уровнем запыленности эффективность солнечных панелей может значительно снижаться. Для решения этой проблемы в современных установках все чаще применяются гидрофобные покрытия и автоматизированные системы очистки, которые сокращают потери эффективности с 20-30% до 5-10% [8].

С технологической точки зрения, производство электроэнергии с помощью солнечных панелей в системах метрополитена имеет ряд преимуществ, включая относительно низкие эксплуатационные расходы, модульность и возможность масштабирования, а также совместимость с существующей электроэнергетической инфраструктурой. В то же время переменный характер солнечной генерации требует применения дополнительных технологий, таких как рекуперативное торможение и BESS, для обеспечения стабильного и эффективного управления энергопотреблением.

3.2. Технологии рекуперативного торможения в метрополитене

Рекуперативное торможение - одна из наиболее эффективных и общепризнанных технологий повышения энергоэффективности систем электрического рельсового транспорта.

Во время замедления тяговые двигатели работают в режиме генераторов, преобразуя кинетическую энергию в электрическую, которая может быть возвращена в тяговую электросеть. В обычных системах, не предусматривающих рекуперацию, эта энергия рассеивается в виде тепла на тормозных резисторах [3,6,10,16].

Современные системы рекуперации позволяют либо напрямую использовать возвращенную энергию другими ускоряющимися поездами на том же электрифицированном участке, либо накапливать ее в системах накопления энергии для последующего использования. Фактическая эффективность зависит от интервала движения поездов, конфигурации сети и характеристик тяговой инфраструктуры.

Хорошо задокументированный пример крупномасштабного внедрения - системы Токийского метрополитена и линии Оэдо (Toei Oedo Line) в Японии, где рекуперативное торможение применяется с 1980-х годов. Благодаря малым интервалам движения (2-3 минуты) до 70-90% рекуперированной энергии немедленно потребляется соседними поездами, что обеспечивает экономию энергии на тягу в размере 20-30% [16-18].

Другим передовым решением является технология

рекуперативного торможения до полной остановки (Zero-Speed Regenerative Braking), внедренная на второй линии Сеульского метрополитена (Южная Корея). Эта система обеспечивает рекуперацию энергии вплоть до полной остановки поезда. Эксплуатационные данные показывают, что состав из десяти вагонов рекуперировывает около 20,8 кВт·ч за один цикл торможения, что обеспечивает годовую экономию почти 0,917 ГВт·ч в масштабах всего парка, а также снижает износ механических тормозов, уровень шума и выбросы твердых частиц [11, 15].

В устаревших системах метрополитена, построенных в 1970-1990-х годах, таких как Ташкентский метрополитен, текущий коэффициент рекуперации без модернизации тяговых преобразователей и внедрения систем накопления энергии составляет всего 10-15%. При соответствующей модернизации систем управления тягой и добавлении систем накопления энергии, этот показатель может быть увеличен до 30-40% [10].

3.3 Системы накопления энергии в инфраструктуре метрополитена

Аккумуляторные системы накопления энергии играют ключевую роль в современном управлении энергопотреблением метрополитена, решая проблему прерывистого характера как рекуперативного торможения, так и фотоэлектрической генерации. В то время как энергия рекуперации вырабатывается только при торможении, а солнечная энергия доступна только в светлое время суток, BESS позволяют накапливать избыточную электроэнергию и перераспределять её во времени для использования в периоды пикового тягового потребления [11].

Блоки BESS, как правило, размещаются либо на тяговых подстанциях (стационарно), либо непосредственно на поездах (на борту). Их основные функции: (1) поглощение энергии рекуперативного торможения, которая не может быть немедленно использована другими поездами на той же секции электроснабжения, и (2) стабилизация напряжения и сглаживание пиковых нагрузок.

Международный опыт демонстрирует значительное повышение эффективности. В метрополитене Дели (Индия) интеграция 170 МВт кровельных фотоэлектрических панелей с литий-ионными BESS общей ёмкостью 680 МВт·ч обеспечивает ежегодную экономию энергии примерно на 20-25% по совокупным тяговым и вспомогательным нагрузкам, одновременно снижая плату за пиковое потребление [17]. В Кобе (Япония) стационарная система В-СНОР (на литий-ионных аккумуляторах) с момента ввода в эксплуатацию обеспечила годовую экономию энергии в размере 358 МВт·ч, доказав эффективность стационарных накопителей в плотных городских сетях [16,17].

С технической точки зрения, сочетание фотоэлектрической генерации, рекуперативного торможения и BESS образует локализованную микросеть, способную к балансировке энергии практически в реальном времени. Исследования показывают, что правильная интеграция BESS может повысить общую энергоэффективность тяги на 15-25% и поднять коэффициент использования рекуперированной энергии с 25-35% до 40-55% [10,11].

Для метрополитенов в регионах с высоким уровнем



солнечной инсоляции и устаревшей инфраструктурой, таких как Ташкент, стратегическое размещение стационарных BESS представляется особенно перспективным. Это позволяет накапливать как избыток солнечной энергии, так и энергию рекуперации, не требуя немедленной модернизации всего парка подвижного состава.

Применимость для Ташкентского метрополитена

Ташкентский метрополитен - это типичная система старого образца, построенная в 1970-1990-х годах, с умеренной интенсивностью движения поездов (интервалы 3-5 минут) и устаревшим тяговым оборудованием. Регион обладает превосходными солнечными ресурсами: годовой уровень суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность варьируется от 1900 до 2100 кВт·ч/м² [9].

Фотоэлектрические установки, размещенные на крышах зданий и в депо, могут реально покрыть 12-18% вспомогательных нагрузок на станциях и в депо (освещение, вентиляция, эскалаторы). В сочетании с внедрением энергоэффективного светодиодного освещения и модернизацией систем вентиляции позволит на начальном этапе снизить общую потребность в электроэнергии из сети на 3-5%.

Эффективность рекуперативного торможения у существующего подвижного состава в настоящее время ограничена 10-15% из-за устаревших инверторов и низкой восприимчивости тяговой сети. Однако модернизация систем управления тяговым приводом в сочетании с разветвлением стационарных BESS может повысить коэффициент рекуперации до 30-35% [10].

Такая гибридная система также поддерживает стратегию поэтапной модернизации: существующий проект АИВ по строительству солнечной электростанции мощностью 100 МВт [1] может послужить основой, а стационарные BESS могут быть внедрены без немедленной полной замены парка подвижного состава. Этот подход минимизирует первоначальные капитальные затраты и позволяет постепенно обновлять поезда в будущем.

Таким образом, комбинированная стратегия, основанная на солнечной генерации, усовершенствованном рекуперативном торможении и стационарных BESS, является как технически реализуемой, так и экономически обоснованной для Ташкентского метрополитена. Она предлагает реалистичный путь к повышению энергоэффективности, эксплуатационной надежности и экологических показателей в соответствии с национальными целями Узбекистана в области возобновляемой энергетики на 2030 год [13].

4. Заключение

Интеграция фотоэлектрической генерации, рекуперативного торможения и BESS представляет собой проверенный способ значительно повысить энергоэффективность и обеспечить декарбонизацию работы метрополитена. Международный опыт показывает, что такой комплексный подход может повысить энергоэффективность тяги на 12-18%, увеличить коэффициент рекуперации энергии с 10-15% до 30-35% и обеспечить более высокую эксплуатационную устойчивость.

Для Ташкентского метрополитена, с его устаревшей инфраструктурой и высоким потенциалом солнечной энергии, подобная интегрированная система не только технически осуществима, но и экономически оправдана. Она предоставляет реальную возможность снизить зависимость от электросетей, сократить эксплуатационные расходы и способствовать достижению национального целевого показателя Узбекистана по доле возобновляемой энергетики в 40% к 2030 году.

На основе проведенного анализа рекомендуется следующая поэтапная дорожная карта:

1. Краткосрочный этап (2026-2027 гг.)

Завершить проект АИВ по строительству солнечной электростанции мощностью 100 МВт, предусмотрев меры по защите от пыли, и установить пилотные путевые системы BESS (50-75 МВт·ч) на 2-3 ключевых тяговых подстанциях для аккумулирования избыточной рекуперативной и солнечной энергии.

2. Среднесрочный этап (2027-2028 гг.)

Модернизировать тяговые инверторы и системы управления на наиболее загруженных линиях (Чиланзарской и Юнусабадской) для повышения эффективности рекуперативного торможения до 25-30%.

3. Долгосрочный этап (2028-2030 гг.)

Масштабировать гибридную микросеть (фотоэлектрическая генерация - рекуперация - BESS) на всю сеть метрополитена с целью достичь 50-70% покрытия потребностей за счет возобновляемых источников энергии. Внедрить интеллектуальное управление энергопотреблением и мониторинг на базе IoT.

Реализация данной дорожной карты позволит Ташкентскому метрополитену стать одной из самых энергоэффективных и экологически ответственных систем городского рельсового транспорта в Центральной Азии. Это обеспечит ежегодную экономию электроэнергии в размере 15-20%, сократит выбросы CO₂ на десятки тысяч тонн и послужит образцом для других городов региона.

Использованная литература / References

- [1] Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB). Uzbekistan: Tashkent Metro Solar Power Development Project, 2023–2026. URL: <https://www.aiib.org/en/projects/details/2023/special-fund/Uzbekistan-Tashkent-Metro-Solar-Power-Development-Project.html> (дата обращения: 19.03.2026).
- [2] Government of Japan. Using regenerated energy from trains, 2015. URL: https://www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/201502/201502_04_en.html (дата обращения: 09.03.2026).
- [3] González-Gil A., Palacin R., Batty P. Sustainable urban rail systems: strategies and technologies for optimal management of regenerative braking energy // Energy Conversion and Management. 2013. Vol. 75. P. 374–388.
- [4] Günselmann W. Technologies for increased energy efficiency in railway systems // European Conference on Power Electronics and Applications. 2005. P. 1–10.



[5] Hill R. J. Electric railway traction. Part 3. Traction power supplies // Power Engineering Journal. 1994. Vol. 8, No. 6. P. 275–286.

[6] Hu J., Zhao Y., Liu X. The design of regeneration braking system in light rail vehicle using energy-storage ultra-capacitor // IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC). 2008. P. 1–5.

[7] Hyundai Rotem. Hyundai Rotem's new braking technology acquires green certification, 2022. URL: <https://www.kedglobal.com/esg/newsView/ked202212270010> (дата обращения: 09.03.2026).

[8] International Energy Agency (IEA). Renewables 2024: Global overview, 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2024> (дата обращения: 09.03.2026).

[9] International Renewable Energy Agency (IRENA). Uzbekistan – Renewable Energy Country Profile, 2025. URL: https://www.irena.org/IRENADocuments/Statistical_Profiles/Asia/Uzbekistan_Asia_RE_SP.pdf (дата обращения: 12.03.2026).

[10] Khodaparastan M., Mohamed A. A., Brandauer W. Recuperation of regenerative braking energy in electric rail transit systems // arXiv. 2018. URL: <https://arxiv.org/abs/1808.05938> (дата обращения: 12.03.2026).

[11] Luo X., Wang J., Dooner M., Clarke J. Overview of current development in electrical energy storage technologies and their application potential in power systems // Applied Energy. 2015. Vol. 137. P. 511–536.

[12] Mercom India. Delhi Metro invites bids to procure 170 MW solar + 680 MWh BESS, 2025. URL: <https://mercomindia.com/delhi-metro-invites-bids-to-procure-170-mw-solar-680-mwh-bess> (дата обращения: 19.03.2026).

[13] Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Energy Roadmap Uzbekistan 2030, 2025.

[14] Ogasa M. Energy saving and environmental measures in railway technologies: example with hybrid electric railway vehicles // IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering. 2008. Vol. 3, No. 1. P. 15–20.

[15] Seoul Transportation Corporation. Electric train specifications and zero-speed regenerative braking technology, 2025. URL: <https://en.namu.wiki/w/서울교통공사%20전동차> (дата обращения: 09.03.2026).

[16] Shimada M., Oishi R., Araki D., Nakamura Y. Energy storage system for effective use of regenerative

energy in electrified railways // Hitachi Review. 2010. Vol. 59, No. 1. P. 33–38.

[17] Takahashi H., Kim Y. I. Current and future applications for regenerative energy storage systems // Hitachi Review. 2012. Vol. 61, No. 7. P. 336–340.

[18] Tokyo Metropolitan Government. Tokyo transport energy initiatives: local power generation and regenerative braking, 2025. URL: <https://www.g-nets.metro.tokyo.lg.jp/en/insights/202510-casestudies-transportenergy.html> (дата обращения: 09.03.2026).

[19] Wilson J. Barcelona subway recycles energy from braking into power to charge electric cars // AP News. 2024. URL: <https://apnews.com/article/spain-climate-subway-electric-cars-barcelona-energy-69cf7212fa8d5e3e4d45d62a2f97c6dd> (дата обращения: 09.03.2026).

[20] Xu Y., Mi Y., Zhang Z. Energy regeneration based on supercapacitor direct connection for wound-field brushless DC motors // IEEE Transactions on Power Electronics. 2026. Vol. 41, No. 6. P. 10177–10187.

[21] Тошкент метрополитени. Метро статистика [Электронный ресурс]. URL: <https://uzmetro.uz/ru/metro-statistikasi> (дата обращения: 9.03.2026).

Информация об авторах/ Information about the authors

Лесов Алтынбек Талгат угли / Altinbek Lesov
Ташкентский государственный транспортный университет, дотцент кафедры «Электрическая подвижная структура», PhD
E-mail: lesov_a@tstu.uz
Tel.: +998943442309
<https://orcid.org/0009-0002-7644-3476>

Юлдашева Севинч Улутбек кизи / Sevinch Yuldashaeva
Ташкентский государственный транспортный университет, студент 4 курса направления образования «Метрополитен»
Tel.: +998977555125



Z. Adilova, S. Setimbetova	
<i>International transport corridors and Uzbekistan's integration into the global logistics system method.....</i>	<i>50</i>
N. Tursunov, A. Saidirakhimov, N. Kodirova, Z. Rakhmatova	
<i>Investigation of the mechanism and factors influencing the process of dephosphorization during the smelting of 20GL steel.....</i>	<i>54</i>
G. Khalmatjanova	
<i>Methods of designing cotton and textile clusters in the agro-industrial complex.....</i>	<i>58</i>
A. Rakhmanov, E. Abdusamatov, Sh. Shermatov, U. Isokhanov	
<i>Analysis of methods for formalizing road traffic accidents.....</i>	<i>63</i>
A. Lesov, S. Yuldasheva	
<i>Analysis of the application of renewable energy sources in metro systems.....</i>	<i>68</i>
Z. Adilova, M. Sharapova	
<i>Analytical foundations of container transportation management.....</i>	<i>73</i>
Kh. Nekboev, M. Suvonkulova	
<i>Application of information systems in the management of transport logistics processes.....</i>	<i>79</i>
N. Sarvirova, D. Tajibaev, D. Khakimov	
<i>Formalized selection of sites for the ancient Khorezm branded tourist route in Karakalpakstan.....</i>	<i>83</i>
Sh. Khakimov, D. Odilov, U. Isokhanov	
<i>The role of digitalization in increasing the efficiency of truck utilization</i>	<i>88</i>
N. Arifjanova	
<i>Implementation of internet of things (IoT) technologies for warehouse logistics optimization: Domestic and foreign experience.....</i>	<i>92</i>
D. Ayrapetov, R. Khakimov	
<i>Restoration of the thermophysical properties of antifreezes via a regeneration method based on regression analysis.....</i>	<i>95</i>