

УДК 621.4

DOI 10.52167/1609-1817-2025-136-1-359-370

А.Э. Юницкий¹, М.И. Цырлин¹, Д.И. Бочкарёв², Е.Ю. Калинин¹, К.М. Сансызбай³ 

¹Unitsky String Technologies Inc, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

³International University of Information Technology, Алматы, Казахстан

E-mail: skmkan44@gmail.com

ВНЕДРЕНИЕ UST В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ТРАДИЦИОННЫМ НАЗЕМНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ

Аннотация. В статье аргументировано показаны преимущества и недостатки традиционных видов транспорта, а также в сравнении с ними транспортных систем «второго уровня». Отдельно проанализированы конструктивные особенности струнных транспортных систем Юницкого (Unitsky String Technologies – uST), позволяющие обосновать их интеграцию в сферу жизнедеятельности человека, в частности, в городскую среду, с использованием современных достижений в областях расчётных моделей, материаловедения, методов и средств обеспечения безопасности, информационных технологий.

Ключевые слова. Транспорт, струнный транспорт uST, система, комплекс, эстакада, безопасность, эффективность.

Введение.

Основные тенденции мирового развития показывают, что транспортный комплекс является одним из системообразующих факторов экономики, основой хозяйственного и промышленного освоения территорий. В то же время, традиционные транспортные системы имеют ряд недостатков, препятствующих их дальнейшему развитию.

Так, транспорт (в особенности наземный) – один из основных потребителей топливно-энергетических ресурсов (в частности углеводородов) и соответственно, – источников загрязнения атмосферного воздуха. Его доля в общем объеме выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляет около 40 %. При этом уровень загрязнения окружающей природной среды в настоящее время осуществляется темпами, значительно более высокими, чем скорость её естественного восстановления [1].

Кроме того, значительная часть лучших земель суши (площадь в размере более 1 млн кв. км) занята транспортными коммуникациями – автомобильными дорогами, железнодорожными путями и т.д. [2], а почвы, непосредственно прилегающие к полосе отвода дорог, загрязнены и деградированы на территории, которая на порядок превышает указанную площадь. Высокая капиталоемкость традиционных транспортных систем также представляет собой существенную проблему, приводящую к росту себестоимости перевозок.

Анализ безопасности традиционных видов транспорта – железнодорожного и автомобильного – показывает, что наиболее опасным является автомобильный: на 160 млн км пробега гибнет 1,6 чел., в дорожно-транспортных происшествиях ежегодно погибает около 1,2 млн чел., а травмы получают до 50 млн [3]. В первую очередь данная статистика объясняется тем, что автомобильный транспорт является наиболее распространённым в мире. Более безопасным является железнодорожный транспорт – показатель смертности составляет 0,9 человек [3].

Автомобильный транспорт также характеризуется невысокой энергоэффективностью вследствие необходимости затрат мощности (и расходования

углеводородного топлива или заряда аккумуляторных батарей) на преодоление сил сопротивления качению в системе «пневматическая шина – дорога» и силы аэродинамического сопротивления, которая пропорциональна квадрату скорости воздушного потока [4-6]. Железнодорожный транспорт при более высокой провозной и пропускной способностях имеет аналогичные автомобильному закономерности в области энергоэффективности. Одной из проблем, с которыми сталкиваются все виды наземного высокоскоростного транспорта, является эффект экрана. Его результат – резкое увеличение аэродинамического сопротивления вблизи экранирующей поверхности (земли или дорожного полотна) из-за динамического нагнетания воздуха под днище транспортного средства [6]. Экранный эффект как минимум вдвое ухудшает аэродинамические характеристики и, соответственно, увеличивает требуемую мощность двигателя транспортного средства. В этой связи воздушный транспорт является более энергоэффективным, но его широкое распространение требует значительных капиталовложений и также приводит к загрязнению окружающей среды.

Преодоление отмеченных основных недостатков наземных видов транспорта (в частности, освобождение территорий и уменьшение экологической нагрузки на них, снижение капитальных затрат, устранение экранного эффекта) возможно посредством их переноса на «второй уровень», что реализовано в монорельсах, канатных дорогах и фуникулёрах. Однако, эксплуатация канатных дорог зависит от погодных-климатических факторов – в частности, скорость ветра должна быть не более 15 м/с, а сами перевозки производятся со скоростью не более 25 км/ч. Монорельсы при этом характеризуются высокой материалоемкостью и стоимостью путевой структуры.

Материалы и методы.

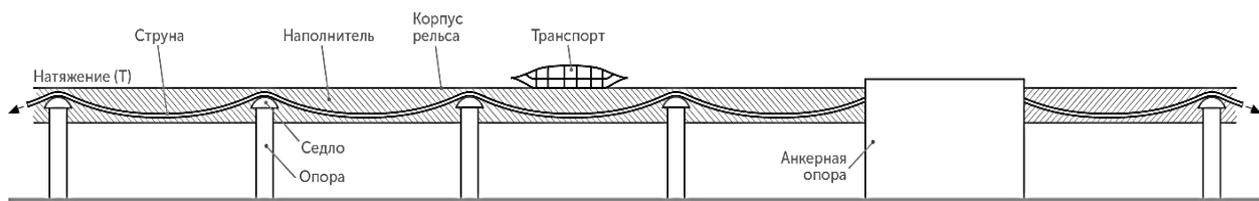
Сочетание преимуществ рельсового транспорта и канатных дорог (монорельсов), выполненное на «втором уровне» и базирующееся на современных разработках в области материалов, транспортных средств и интеллектуальных систем управления, реализовано в струнных транспортных системах Юницкого (Unitsky String Technologies – uST) [2]. В отличие от традиционных видов транспорта, в которых интеграция новых прогрессивных решений приспособляется к имеющимся конструктивным и техническим особенностям, комплексы uST (рисунок 1) изначально разрабатываются с учётом актуальных требований по повышению эффективности, а также путём устранения основных причин транспортной опасности и минимизации рисков [7].



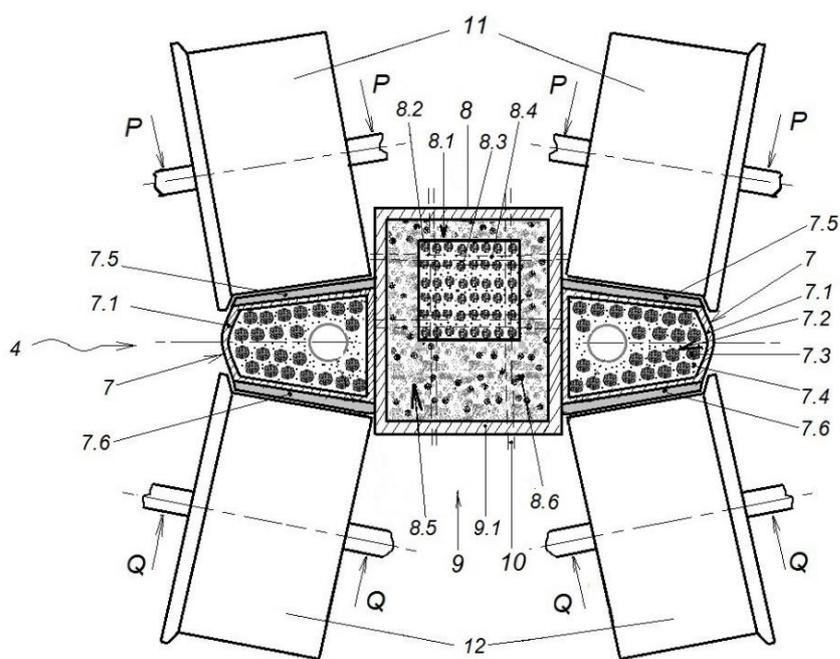
Рисунок 1 - Путевая структура uST с пассажирским транспортным средством модели «Карат» (Шарджа, ОАЭ, 2023 г.)

Развитие конструкций путевых структур, направленное на стабилизацию продольной ровности рельсов и ширины рельсовой колеи на всём протяжении с учётом влияния внешних (температурные колебания) и эксплуатационных (масса и динамика движения транспортных средств) факторов посредством повышения поперечной жёсткости, может способствовать увеличению пролётов между ее смежными промежуточными опорами, росту скоростей движения, а также снижению материалоемкости.

Так, если сделать путевую структуру неразрезной по длине без температурных швов и предварительно напряжённой, то можно вдвое увеличить её несущую способность, что эффективно реализовано в системе коммуникаций Юницкого (рисунок 2) [7, 8].



а – общий вид

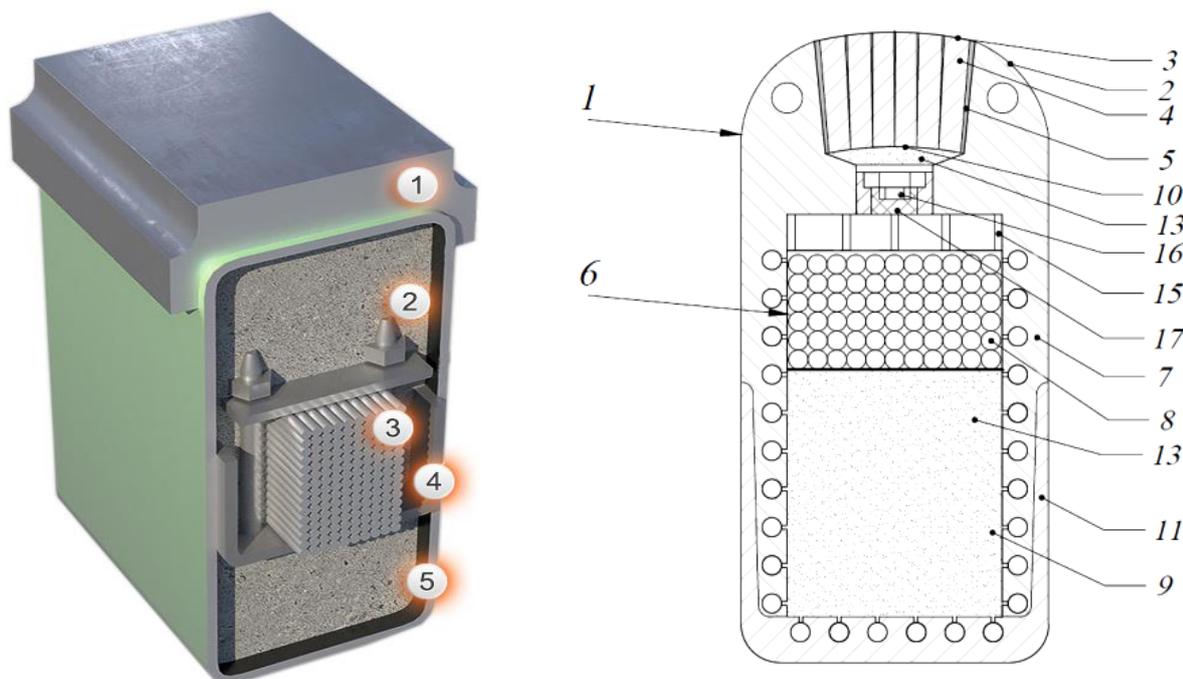


б – поперечный разрез корпуса путевой структуры

Т – сила натяжения; Q, P – осевая нагрузка (нагрузка от колёс транспортного средства на путевую структуру).

Рисунок 2 - Система коммуникаций Юницкого (вариант)

Данная система имеет различные варианты исполнения [9, 10], отличающиеся конструкцией путевой структуры, а также поверхностями качения рельсов (в виде цельной головки или полос, закреплённых непосредственно в ней (рисунок 3)). При этом, общим решением является предварительное натяжение силовых элементов, сопряжённых с корпусами рельсов путевых структур.



а – с цельной головкой

б – с наборной головкой из полос

Рисунок 3 - Варианты исполнения конструкции струнного рельса

Использование рассмотренной выше путевой структуры эстакадного типа позволяет не только устранить экраный эффект, но и в восемь раз увеличить несущую способность опор, на которых она крепится, так как опоры становятся не консольными, как в традиционных мостах, а закреплёнными по концам – снизу посредством фундамента и сверху связанными путевой структурой [2]. Поскольку облегчённая эстакада создаёт значительно меньшую весовую нагрузку, чем традиционные балочные мосты, это позволяет уменьшить материалоемкость опор. Данное решение позволяет минимизировать аэродинамическое сопротивление движению рельсовых транспортных средств по путевой структуре и снизить капитальные затрат на её строительство по сравнению с традиционными конструкциями типа эстакады, путепровода или виадука.

Снижение коэффициента аэродинамического сопротивления рельсовых транспортных средств (рисунок 4) до 0,05 [6], посредством многократных продувок их различных кузовов в аэродинамической трубе также позволяет значительно повысить их эффективность, поскольку при высокоскоростном движении порядка 10% мощности двигателя расходуется на преодоление сил сопротивления качению колес, а 90% затрачивается на преодоление сил аэродинамического сопротивления. Учитывая, что в транспортных средствах uST использована наиболее эффективная система опирания подвижного состава на путевую структуру «стальное колесо – стальной рельс», имеющая КПД около 99,8 % [2], то снижение затрат мощности на преодоление сил сопротивления качению колёс при высоких скоростях может быть достигнуто на два порядка больше, чем у системы «пневматическая шина – дорога». При этом снижение общего сопротивления движению у транспортных средств uST в несколько раз меньше по сравнению с транспортными системами, использующими воздушный или магнитный подвес [9, 10], в том числе из-за наличия у них эффекта экрана.



Рисунок 4 - Испытание высокоскоростного юнимобилия в аэродинамической трубе
(г. Санкт-Петербург, Россия, 2017 г.)

На основании вышеизложенного, струнный транспорт uST обладает рядом конструктивных особенностей, позволяющих создать оптимальную транспортную систему, обеспечивающую существенные преимущества перед автомобильным, железнодорожным на тепловозной и электрической тяге и магнитолевитационным транспортом [11]. Соответствующая информация авторами структурирована и сведена в таблицу 1.

Таблица 1 – Особенности конструкции струнного транспорта uST

Особенности	Преимущества
Размещение рельсо-струнной эстакады с путевой структурой над землей (на «втором уровне»)	1) устраняется эффект экрана дорожного полотна, при этом значительно (в несколько раз) улучшается аэродинамика транспортного средства; 2) сводится к нулевому уровню аварийность перевозок за счёт отсутствия пересечения путевой структуры с автомобильными и железнодорожными путями; 3) обеспечивается минимальный землеотвод под строительство (0,05–0,1 га/1км трассы, что требует в 30–50 раз меньше земли, чем для строительства железнодорожных магистралей; 4) не нарушается рельеф местности, биогеоценоз и биоразнообразие прилегающих территорий, не уничтожается плодородная почва и произрастающая на ней растительность, не создаются препятствия естественному течению грунтовых и поверхностных вод, перемещению людей, домашних и диких животных [1].
Незрывная рельсо-струнная структура с предварительным напряжением для путевых систем	1) оптимизированная конструкция элементов, обеспечивающая минимальный расход материалов и снижение общей стоимости; 2) несущие элементы обладают высоким запасом прочности, что увеличивает срок службы и надежность конструкции; 3) эстакада устойчива к воздействию землетрясений, наводнений, цунами, сильного ветра, тумана, снегопадов, песчаных заносов, ливней, гололеда, а также актов вандализма и терроризма;

	4) отсутствие стыков на рельсах обеспечивает плавность хода и возможность развития высоких скоростей движения транспортных средств.
Специальная форма кузова, обеспечивающая улучшенные аэродинамические характеристики для поездов на стальных колёсах	этот транспорт обладает высокой аэродинамической эффективностью (коэффициент сопротивления не более 0,06), использует экономичную систему движения по рельсам (КПД 99,8%, что значительно выше, чем у магнитной подвески) и потребляет мало энергии (в 2-3 раза меньше, чем поезда на электротяге и маглевы).

Результаты и обсуждение.

Одновременно с вышеизложенным, струнный транспорт uST имеет отличающийся от традиционного для наземных видов транспорта подход к обеспечению безопасности, в котором интегрированы анализ возможных рисков, угроз, чрезвычайных ситуаций, их оценка, а также разработка мер, направленных на снижение рисков до приемлемого уровня на всех этапах жизненного цикла струнного транспортного комплекса. Данный подход реализуется в специальной концепции и базируется на требованиях актуальных международных законодательных и технических нормативных правовых актов [12-36]. Допустимый уровень риска сбалансированно выбирается исходя из комплексного анализа условий функционирования струнного транспортного комплекса (рисунок 5).



Рисунок 5 - К определению понятия допустимого уровня риска

В рамках рассмотренного подхода появление дефектов, отказов, неисправностей заблаговременно предупреждается, а не фиксируется, распознается и ликвидируется (рисунок 6).

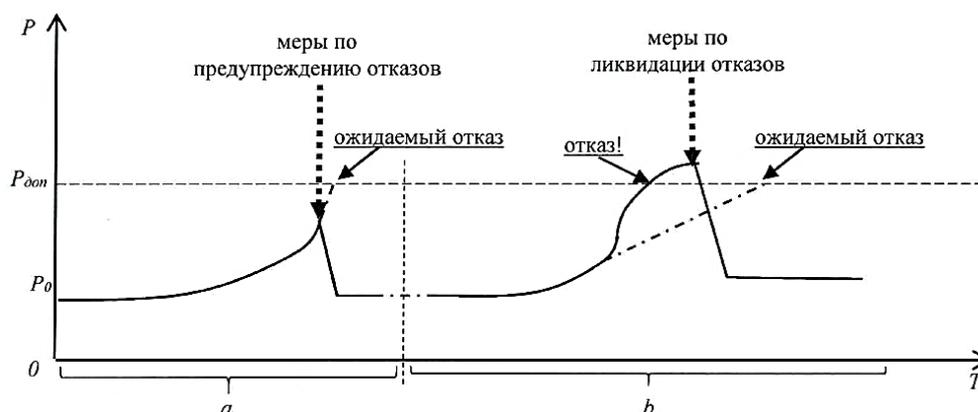


Рисунок 6 - Варианты реакции на отказ системы обеспечения безопасности

На рисунке 6 представлен график некоторого параметра $P(T)$, который с течением времени деградирует (приближается к допустимому значению P_{don}). В момент $P(T) = P_{don}$ наступает отказ. Система обеспечения безопасности может сформировать и применить комплекс мер, который улучшает значение параметра P :

- первый вариант (область *a*): параметр $P(T)$ изначально находится в допустимой области: $P(O) = P_0$. С течением времени его значение приближается к $P_{доп}$, а система, исходя из ряда априорных данных, предсказывает момент ожидаемого отказа и принимает меры по его предупреждению (профилактика);

- второй вариант (область *b*): параметр $P(T)$ также находится в допустимой области, но по ряду факторов его деградация наступает быстрее ожидаемого. В этом случае система должна определить факт отказа, распознать его, выработать и реализовать комплекс мер по ликвидации отказа.

На практике для решения данных задач разработана группа методов анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО, англ. FMECA – Failure Mode, Effects and Critically Analysis), которые регламентированы и описаны рядом международных, отраслевых и фирменных стандартов.

В соответствии с АВПКО для струнного транспорта uST разработаны процедуры, связанные с безопасностью, базирующиеся на основе:

- анализа и оценки опасностей и рисков;
- оценки структуры и функциональности системы безопасности;
- действий по верификации (подтверждению требований);
- действий по валидации (подтверждению соответствия);
- управления конфигурацией;
- сбора статистики, формирования отчётов и анализа инцидентов.

При анализе и оценке опасностей и рисков (рисунок 7) определяются:

- возможные опасности для всех обоснованных предсказуемых случаев;

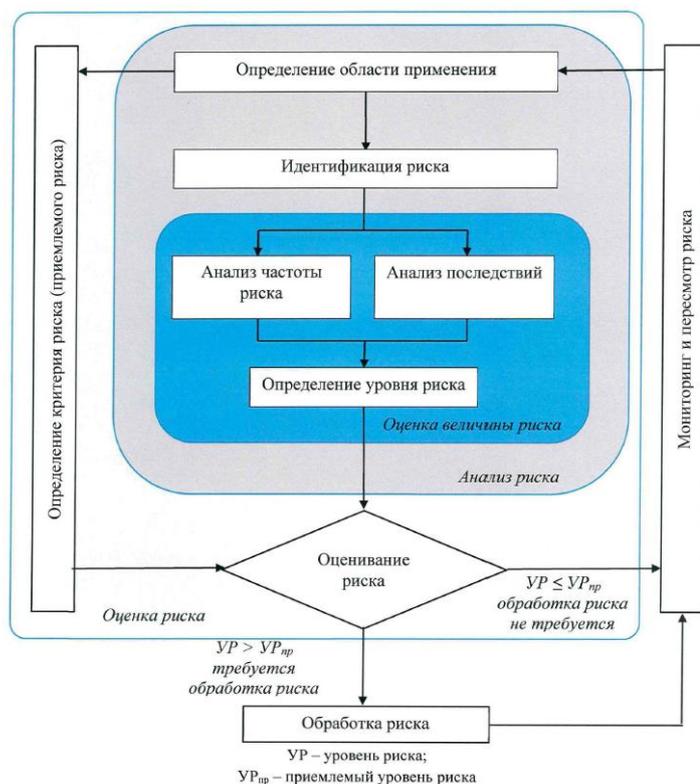


Рисунок 7 - Процесс управления рисками

- последовательности событий, приводящих к опасностям;
- риски, связанные с опасными событиями, проведение их оценки; при этом должны быть учтены;
- каждое установленное опасное событие и все компоненты, оказывающие влияние на него;
- последствия и вероятность последовательности событий, с которой связано каждое опасное событие;
- приемлемый риск для каждого опасного события;
- меры, направленные на сокращение или исключение опасностей и рисков;
- допущения, сделанные при анализе рисков, включая оцененные значения интенсивностей запросов и интенсивностей отказов оборудования.

Заключение.

Струнный транспорт uST, обладая преимуществами в энергоэффективности, экологичности, безопасности и экономичности, может быть легко интегрирован в существующую транспортную систему, обеспечивая потребности населения в перевозках. При достижении заявленных характеристик, он станет эффективной альтернативой традиционным видам транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Юницкий А. Э. Экологические аспекты струнного транспорта / А. Э. Юницкий, М. И. Цырлин // Инновационный транспорт. – 2020. – № 2. – С. 7-9.
- [2] Юницкий А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе. Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.
- [3] Панов, Н.Н. Сравнительный анализ безопасного вида транспорта в России / Н.Н. Панов, А. В. Тюменёв // Системные технологии. – 2017. – № 24. – С. 34-37.
- [4] Садило М.В. Автомобильные дороги. Строительство и эксплуатация / Садило М.В., Садило Р.М. – М.: Феникс, 2018. – 368 с.
- [5] Высоцкий, М.С. Аэродинамика колёсного транспорта / М. С. Высоцкий, А. Н. Евграфов. – Минск: Белавтотракторостроение, 2001. – 363 с.
- [6] Юницкий, А.Э. Оптимизация аэродинамической формы монорельсового подвешенного юнибуса / Юницкий А.Э., Артюшевский С.В., Цырлин М.И. // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. – № 4 – С. 17-26.
- [7] Юницкий А.Э. Транспортные системы «второго уровня»: современное состояние и перспективы развития / А.Э. Юницкий, С.В. Артюшевский, Д.И. Бочкарев // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 4. – С. 39-56.
- [8] Система коммуникаций Юницкого: патент ЕА 031884, МПК7 В61В 3/02 / А.Э. Юницкий. – № 201600630; заявл. 20.06.2016; опубл. 29.03.2019.
- [9] Система коммуникаций Юницкого (варианты): патент ЕА 031956, МПК7 В61В 3/02 / А.Э. Юницкий. – № 201600631; заявл. 20.06.2016; опубл. 29.03.2019.
- [10] Система коммуникаций Юницкого (варианты): патент ЕА 032041, МПК7 В61В 3/02 / А.Э. Юницкий. – № 201600632; заявл. 20.06.2016; опубл. 29.03.2019.
- [11] Юницкий, А.Э. Тенденции развития современного высокоскоростного транспорта / Юницкий А.Э., Цырлин М.И. // Перспективы развития транспортного комплекса: сб. ст. – Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2023. – С. 54-57.
- [12] Закон Республики Беларусь от 06.01.1999 № 237-З «О железнодорожном транспорте».
- [13] Закон Республики Беларусь от 05.05.2014 № 141-З «О городском электрическом транспорте и метрополитене».

[14] Закон Республики Беларусь от 17.07.2023 № 297-3 «Об изменении Закона Республики Беларусь «О городском электрическом транспорте и метрополитене»».

[15] Закон Республики Беларусь от 05.01.2016 № 354-3 «О промышленной безопасности».

[16] Федеральный закон РФ от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности».

[17] Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2017 № 442-ФЗ «О внеуличном транспорте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

[18] IEC 61508-2010 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.

[19] ГОСТ Р МЭК 61508-2012 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью.

[20] СТБ IEC 61508-2014 Функциональная безопасность электрических, электронных, программируемых электронных систем, относящихся к безопасности.

[21] IEC 62290:2014 Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems.

[22] МЭК 62290-1:2014 Системы управления и контроля для железнодорожных пассажирских перевозок в городском и пригородном сообщении. Ч. 1. Принципы и фундаментальные концепции построения системы.

[23] ГОСТ Р 70059-2022 Системы управления и контроля ж.-д. транспорта для перевозок пассажиров в пригородном сообщении. Принципы построения и основные функциональные требования.

[24] IEEE 1474.1-2004 – IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements.

[25] Технический регламент таможенного Союза ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава».

[26] Технический регламент таможенного Союза ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта».

[27] Технический регламент таможенного Союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств».

[28] ГОСТ 33432-2015 Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта.

[29] P817. Памятка ОСЖД. Эксплуатационно-технические требования к системам интервального регулирования движения поездов на перегонах. Комитет ОСЖД. Варшава. Дата вступления в силу: 21 октября 2016 г.

[30] American Society of Civil Engineers (ASCE) Standard ANSI/ASCE/T&DI 21-21 Automated People Mover Standards (Американское общество инженеров-строителей. Нормы автоматизированных систем перемещения (транспортировки) людей).

[31] Европейский стандарт безопасности для оценки автономных продуктов UL 4600.

[32] MODSafe Modular Urban Transport Safety and Security Analysis (Модульный анализ безопасности городского транспорта).

[33] Национальный стандарт Китайской Народной Республики «Стандарт проектирования монорельсовых перевозок с отдельными сиденьями» GB/T 50458-2022.

[34] NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (Стандарт для транзитных и пассажирских железнодорожных систем с фиксированными направляющими).

- [35] Performance Specification for a Turnkey Mass Transit Monorail System / IMA – 2022.
- [36] NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems – 2023.

REFERENCES*

- [1] Junickij A. Je. Jekologicheskie aspekty strunnogo transporta / A. Je. Junickij, M. I. Cyrlin // Innovacionnyj transport. – 2020. – № 2. – S. 7-9.
- [2] Junickij A. Je. Strunnye transportnye sistemy: na Zemle i v Kosmose. Silakrogs: PNB print, 2019. – 576 s.
- [3] Panov, N.N. Sravnitel'nyj analiz bezopasnogo vida transporta v Rossii / N.N. Panov, A. V. Tjumenjov // Sistemnye tehnologii. – 2017. – № 24. – S. 34-37.
- [4] Sadilo M.V. Avtomobil'nye dorogi. Stroitel'stvo i jekspluatacija / Sadilo M.V., Sadilo R.M. – M.: Feniks, 2018. – 368 c.
- [5] Vysockij, M.S. Ajerodinamika koljosnogo transporta / M. S. Vysockij, A. N. Evgrafov. – Minsk: Belavtotraktorostroenie, 2001. – 363 s.
- [6] Junickij, A. Je. Optimizacija ajerodinamicheskoj formy monorel'sovogo podvesnogo junibusa / Junickij A. Je., Artjushevskij S.V., Cyrlin M.I. // Mir transporta. – 2022. – T. 20. – № 4 – S. 17-26.
- [7] Junickij A. Je. Transportnye sistemy «vtorogo urovnja»: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija / A. Je. Junickij, S.V. Artjushevskij, D.I. Bochkarev // Gornaja mehanika i mashinostroenie. – 2022. – № 4. – S. 39-56.
- [8] Sistema kommunikacij Junickogo: patent EA 031884, MPK7 V61V 3/02 / A. Je. Junickij. – № 201600630; zajavl. 20.06.2016; opubl. 29.03.2019.
- [9] Sistema kommunikacij Junickogo (varianty): patent EA 031956, MPK7 V61V 3/02 / A. Je. Junickij. – № 201600631; zajavl. 20.06.2016; opubl. 29.03.2019.
- [10] Sistema kommunikacij Junickogo (varianty): patent EA 032041, MPK7 V61V 3/02 / A. Je. Junickij. – № 201600632; zajavl. 20.06.2016; opubl. 29.03.2019.
- [11] Junickij, A. Je. Tendencii razvitija sovremennogo vysokoskorostnogo transporta / Junickij A. Je., Cyrlin M.I. // Perspektivy razvitija transportnogo kompleksa: sb. st. – Minsk: BelNIIT «Transtehnika», 2023. – S. 54-57.
- [12] Zakon Respubliki Belarus' ot 06.01.1999 № 237-Z «O zheleznodorozhnom transporte».
- [13] Zakon Respubliki Belarus' ot 05.05.2014 № 141-Z «O gorodskom jelektricheskom transporte i metropolitene».
- [14] Zakon Respubliki Belarus' ot 17.07.2023 № 297-Z «Ob izmenenii Zakona Respubliki Belarus' «O gorodskom jelektricheskom transporte i metropolitene»».
- [15] Zakon Respubliki Belarus' ot 05.01.2016 № 354-Z «O promyshlennoj bezopasnosti».
- [16] Federal'nyj zakon RF ot 09.02.2007 № 16-FZ «O transportnoj bezopasnosti».
- [17] Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 29.12.2017 № 442-FZ «O vneulichnom transporte i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii».
- [18] IEC 61508-2010 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.
- [19] GOST R MJeK 61508-2012 Funkcional'naja bezopasnost' sistem jelektricheskix, jelektronnyx, programmiruemyx jelektronnyx, svjazannyx s bezopasnost'ju.
- [20] STB IEC 61508-2014 Funkcional'naja bezopasnost' jelektricheskix, jelektronnyx, programmiruemyx jelektronnyx sistem, odnosjashhhsja k bezopasnosti.

[21] IEC 62290:2014 Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems.

[22] МЖК 62290-1:2014 Системы управления и контроля для железнодорожных пассажирских перевозок в городском и пригородном сообщении. Ч. 1. Принципы и фундаментальные концепции построения системы.

[23] GOST R 70059-2022 Системы управления и контроля ж.-д. транспорта для перевозок пассажиров в пригородном сообщении. Принципы построения и основные функциональные требования.

[24] IEEE 1474.1-2004 – IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements.

[25] Технический регламент таможенного Союза TR TS 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава».

[26] Технический регламент таможенного Союза TR TS 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта».

[27] Технический регламент таможенного Союза TR TS 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств».

[28] GOST 33432-2015 Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта.

[29] R817. Памятка ОСЗД. Эксплуатационно-технические требования к системам интервального регулирования движения поездов на перегонах. Комитет ОСЗД. Варшава. Дата вступления в силу: 21 октября 2016 г.

[30] American Society of Civil Engineers (ASCE) Standard ANSI/ASCE/T&DI 21-21 Automated People Mover Standards (Американское общество инженеров-строителей. Нормы автоматизированных систем перемещения (транспортировки) людей).

[31] Европейский стандарт безопасности для оценки автономных продуктов UL 4600.

[32] MODSafe Modular Urban Transport Safety and Security Analysis (Модульный анализ безопасности городского транспорта).

[33] Национальный стандарт Китайской Народной Республики «Стандарт проектирования монорельсовых перевозок с разделными сторонами» GB/T 50458-2022.

[34] NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems (Стандарт для транзитных и пассажирских железнодорожных систем с фиксированными направляющими).

[35] Performance Specification for a Turnkey Mass Transit Monorail System / IMA – 2022.

[36] NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems – 2023.

Анатолий Юницкий, директорлар кеңесінің төрағасы, Unitsky String Technologies Inc, Минск, Беларусь, a@unitsky.com

Михаил Цырлин, т.ғ.к., жетекші маман, Unitsky String Technologies Inc, Минск, Беларусь, m.tsirlin@unitsky.com

Дмитрий Бочкарёв, т.ғ.к., декан, Беларусь мемлекеттік көлік университеті, Гомель, Беларусь, bochk_dmitr@mail.ru

Евгений Калинин, магистр, бюро меңгерушісі, Unitsky String Technologies Inc, Минск, Беларусь, e.kalin@unitsky.com

Қанибек Сансызбай, PhD, қауымдастырылған профессор, International University of Information Technology, Алматы, Қазақстан, skmkan44@gmail.com

ДӘСТҮРЛІ ЖЕРҮСТІ КӨЛІК ЖҮЙЕЛЕРІНЕ БАЛАМА РЕТІНДЕ uST ЕНГІЗУ

Аңдатпа. Мақалада дәстүрлі көлік түрлерінің артықшылықтары мен кемшіліктері, сондай-ақ олармен салыстырғанда «екінші деңгейлі» көлік жүйелері нанымды көрсетілген. Unitsky String Technologies (uST) конструктивтік ерекшеліктері бөлек талданады, бұл олардың есептеу модельдері, материалтану, әдістер және технологиялар салаларындағы заманауи жетістіктерді пайдалана отырып, адам қызметі саласына, атап айтқанда, қалалық ортаға интеграциялануын негіздеуге мүмкіндік береді. қауіпсіздікті қамтамасыз ету құралдары, ақпараттық технологиялар.

Түйінді сөздер. Көлік, ішекті тасымалдау uST, жүйе, кешен, эстакада, қауіпсіздік, тиімділік.

Anatoli Unitsky, chairman of the board of Directors, Unitsky String Technologies Inc, Minsk, Belarus, a@unitsky.com

Michael Tsyrlin, candidate of technical sciences, leading specialist, Unitsky String Technologies Inc, Minsk, Belarus, m.tsirlin@unitsky.com

Dzmitry Bochkaryov, candidate of technical sciences, dean, Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus, bochk_dmitr@mail.ru

Yuheni Kalin, master, head of the bureau, Unitsky String Technologies Inc, Minsk, Belarus, e.kalin@unitsky.com

Kanibek Sansyzbay, PhD, associate professor, International University of Information Technology, Almaty, Kazakhstan, skmkan44@gmail.com

INTEGRATION OF UST AS AN ALTERNATIVE TO TRADITIONAL GROUND TRANSPORTATION SYSTEMS

Abstract. The article argumentatively shows the advantages and disadvantages of traditional modes of transport, as well as in comparison with them of "second-level" transport systems. The design features of Unitsky string transport systems (Unitsky String Technologies – uST) are analyzed separately, which make it possible to justify their integration into the sphere of human activity, in particular, into the urban environment, using modern achievements in the fields of computational models, materials science, methods and means of ensuring security, information technology.

Keywords. Transport, uST string transport, system, complex, overpass, safety, efficiency.

Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Received 18.08.2024
Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted 29.01.2025