

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

Актуальные проблемы транспорта в XXI веке

Труды IV Международной научно-практической конференции

Часть II

Новокузнецк, 2025

А 437

Редакционная коллегия:

к.э.н., доцент Т.Н. Борисова, к.т.н., доцент, О.В. Князькина
к.т.н., доцент, И.Ю. Кольчурина, к.э.н., доцент, О.П. Черникова

А 437 Актуальные проблемы транспорта в XXI веке: труды IV Международной научно-практической конференции. Часть II / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет; под ред. О.В. Князькиной. – Новокузнецк: Издательский центр СибГИУ, 2025. – 354 с. : ил.

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам: управление эффективностью систем и процессов транспорта; организация и управление перевозками на транспорте (по отраслям); экономика производственных и транспортных систем.

Предназначено для специалистов в сфере транспорта, управления производственными системами, экономики организации и может быть использовано научно-техническими работниками, аспирантами и студентами старших курсов.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

Новокузнецкий центр организации работы железнодорожных станций;
Дирекция по транспорту и логистике АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;
Проектный офис по развитию общественного транспорта г. Новокузнецка.

УДК 656(06)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2025

УДК 625.5

Высокоскоростной струнный транспорт uST

для перевозки пассажиров и грузов

д.ф.т. Юницкий А.Э., Артюшевский С.В., к.т.н. Цырлин М.И.

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь

Аннотация: В работе представлены конструктивные особенности высокоскоростного струнного транспорта uST, области применения; описаны преимущества перед другими видами транспорта, в т. ч. в экологичности, надёжности и безопасности; приведены технические характеристики изготовленного 6-местного высокоскоростного электромобиля юнифлэш; указаны основные направления совершенствования конструкции струнного транспорта.

Ключевые слова: высокоскоростной транспорт, струнный транспорт, конструктивные особенности, эксплуатационные характеристики, скорость; экологическая безопасность, перспективы внедрения.

High-speed string transport uST for the transportation of passengers and cargo

PhD Unitsky A.E., Artyushevsk S.V., PhD Tsyrlin M.I.

Unitsky String Technologies, Inc., Minsk, Belarus

Abstract: The paper presents the design features of the high-speed string transport uST, areas of application; describes the advantages over other types of transport, including environmental friendliness, reliability and safety; provides technical characteristics of the manufactured 6-seater high-speed electric vehicle uniflash; indicates the main directions for improving the design of high-speed string transport.

Keywords: high-speed transport, string transport, design features, operational characteristics, speed; environmental safety, implementation prospects

В настоящее время во многих странах мира наблюдается стремительный рост высокоскоростных перевозок, при этом требуется:

- снижение загрязнения окружающей среды;
- разгрузка железных дорог густонаселенных мегаполисов;
- экономия природных ресурсов;
- повышение надёжности подвижного состава и транспортной безопасности.

По прогнозам развития транспорта спрос на пассажирские перевозки высокоскоростным транспортом в мире к 2050 г. увеличится почти в 3 раза [1].

Существенную нишу возникшего мирового спроса планируется восполнить инновационными транспортными средствами (ТС), в т. ч. **струнным транспортом uST** (Unitsky String Technologies) [2]. Данная технология воплощается белорусской научно-инжиниринговой компанией ЗАО «Струнные технологии» в ЭкоТехноПарке (Марьина Горка, Республика Беларусь).

Произведённое по технологии «Высокоскоростной транспорт uST с применением аэродинамических форм и стальных колёс» (ноу-хау) ТС представляет собой беспилотный рельсовый электромобиль на стальных колёсах (юнимобиль), предназначенный для междугородной и международной перевозки пассажиров (грузов) на расстояния до 10000 км со скоростью до 500 км/ч. Благодаря перемещению высокоскоростного электромобиля над землёй по специальной рельсо-струнной эстакаде, оптимизируется аэродинамика, увеличивается скорость, минимизируется расход энергии (топлива), обеспечиваются безопасность и рациональное использование земли и ресурсов (минеральные и финансовые), сводится до минимума наносимый высокоскоростным транспортом вред окружающей среде.

Основные характеристики электромобилей, произведённых с использованием обозначенного ноу-хау [3].:

- крейсерская скорость – до 500 км/ч;
- максимальный продольный уклон пути – до 15 %;
- вместимость одиночного электромобиля: общественного – от 6 до 48 человек, частного (семейного) – от 1 до 6 человек;
- максимальное количество электромобилей в сцепке (механическая или электронная) – до 10 шт. с общей вместимостью поезда до 480 человек;
- производительность – до 100 млн пасс./год и более (в обе стороны);
- минимальный временной интервал между сцепками (поездами) – 30 с, минимальный линейный интервал между поездами на штатной скорости движения – 4 км.

Передвижение высокоскоростного электромобиля осуществляется с применением стальных колёс железнодорожного типа, а высокая скорость движения обеспечивается специальной конструкцией рельсо-струнной эстакады, обтекаемой формой юнимобиля и, соответственно, его аэродинамическими качествами.

Конкурентные преимущества высокоскоростного uST:

- низкая себестоимость строительства и транспортной услуги;
- низкое энергопотребление;
- полная автоматизация высокоскоростной логистики;
- наивысшая степень безопасности высокоскоростного движения на «втором уровне»;
- высокие скоростные показатели и низкие эксплуатационные расходы;
- использование возобновляемых источников энергии;
- минимизация вредных воздействий на человека и природную среду;
- экономия времени и снижение финансовых затрат для пассажиров;
- быстрый срок окупаемости.

Миссия высокоскоростного uST заключается в соединении локальных городских сетей в одну большую, межрегиональную и международную глобальную систему. Существующая на сегодняшний день крейсерская скорость инновационного транспорта (до 500 км/ч) в перспективе будет расти до 600 км/ч, а при переходе в форвакуумные трубы – до 1200 км/ч. Для того чтобы не создавать помех горожанам, крупные транспортные узлы (хабы) высокоскоростного транспорта uST будут располагаться за границами города, а «последнюю милю» – расстояние до порога дома – пассажиры будут преодолевать уже на более низкой скорости или с пересадкой в высокоскоростном хабе на городские юнимобили с движением со скоростями до 150 км/ч.

В процессе работ по созданию и развитию технологий высокоскоростного транспорта uST разработаны принципиально новые:

- исключительно высокие аэродинамические характеристики колёсных ТС, близкие к теоретическому пределу: коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x = 0,06$ (продувка менее эргономичного идеального юнимобиля дала ещё более уникальное значение этого коэффициента – $C_x = 0,05$) [4, 5]. Данный показатель стал возможен благодаря размещению рельсо-струнной путевой структуры над землёй и исключению сплошного дорожного полотна, что устраняет главную проблему высокоскоростного транспорта – крайне негативный эффект экрана, а также благодаря разработке ноу-хау инновационной обтекаемой формы юнимобиля, защищённой патентами в десятках стран;

- пары качения «стальное колесо – стальной рельс» в созданном рельсовом электромобиле в сравнении с классическими конструкциями

пневмоколёс, состоящими из упругой резино-металло-тканевой оболочки, установленной на обод диска. Использование данной конструкции позволяет достичь коэффициента полезного действия колёсного движителя, близкого к теоретическому пределу в 100 %, – более 99,8 %;

– обоснование высокой экономической эффективности применения обозначенного выше ноу-хау в разрезе экономии топливных (энергетических) ресурсов по сравнению с существующими аналогами с максимально близкими характеристиками по скорости, грузо- и пассажировместимости;

– экономические, социальные, финансовые, ресурсные и философские аспекты обоснования эффективности применения ноу-хау.

Специалисты ЗАО «Струнные технологии» провели обширную работу над инновационными решениями для создания высокоскоростных комплексов и высокоскоростных юнимобилей [6, 7]. Реализован километровый участок тестовой трассы как начальный участок для разгона высокоскоростного юнимобилия до скорости 500 км/ч на будущей тестовой трассе длиной порядка 25 км. В условиях ограниченной протяжённости разгонного участка трассы, недостаточной для достижения крейсерской скорости и последующего штатного торможения, была достигнута скорость 80 км/ч. При этом параллельно разрабатывались системы с возможностью перевозки пассажиров со скоростью до 600 км/ч. Осуществлялось конструкторское и организационное сопровождение высокоскоростных транспортных комплексов на всех этапах их жизненного цикла.

Конструкторы бюро высокоскоростного uST продолжают разработку опытного образца самоходного шасси для юнибуса U4-362 (юнифлэша) (рисунок 1), который впервые был продемонстрирован ещё в 2018 г. [3]. Основное внимание уделяется улучшению технико-эксплуатационных характеристик для комфортного проезда пассажиров, снижения уровня шума и повышения стабильности и плавности движения.



Рисунок 1 – Высокоскоростное ТС юнифлэш U4-362,
г. Марьина Горка, фото 2020 г.

Выполнялась комплексная работа по двухкорпусному высокоскоростному юнимобилю, а также юнимобилю вместимостью 2, 36 и 40 пассажиров. Деятельность охватывает разработку концепции, технического облика, компоновочных решений, технических требований, ConOps и включает в себя следующие направления:

- логистика высокоскоростного транспортного комплекса;
- процессы погрузки и разгрузки багажа;
- архитектурные решения для станций и перронов, а также схемы обслуживания пассажиров;
- проработка материалов и конструкций, включая аварийно-буксировочные устройства, демпферную носовую часть, контактную сеть;
- разработка требований к системам и оборудованию, включая варианты подвески стальных колёс. Специалистами инициирован и проведён анализ инженерных расчётов, оценка плавности хода и уровня шума. Результаты и рекомендации переданы для дальнейшей проработки в управление подвижного состава UST Inc.

Проделанная компанией работа позволяет с уверенностью утверждать, что высокоскоростное направление uST является перспективным и востребованным на рынке.

Таким образом, струнный транспорт, имеющий ряд неоспоримых преимуществ перед альтернативными (традиционными) видами транспорта по

энергоэффективности, экологичности, безопасности, экономической эффективности, способен удовлетворить потребность в высокоскоростных перевозках. Транспорт uST снизит загрязнения окружающей среды, разгрузит железнодорожные дороги густонаселенных мегаполисов, повысит мобильность населения, сэкономит природные ресурсы, повысит надёжность ТС и безопасность передвижения.

Специалисты разработали и изготовили стенд для тестирования высокоскоростных рельсовых электромобилей (рисунок 2). Это позволило подтвердить соответствие заявленным техническим требованиям по скоростным показателям, отработать взаимодействие систем и режимов работы двигателя и колёс на различных скоростях.

При проведении испытаний измерялись и фиксировались следующие параметры (таблица 1):

- температура ступичного узла. Измерялась непрерывно, тепловизором, снаружи колеса в максимально нагретой точке (ось ступицы). Показания фиксировались по истечении 15 минут вращения колеса на установившейся частоте;

- эквивалентный уровень звука. При измерении микрофон был установлен напротив колеса на расстоянии 1 м. Показания фиксировались по истечении 15 минут вращения колеса на установившейся частоте;

- температура подшипникового узла роликов стенда. Контроль температуры производился пирометром по наружным поверхностям подшипникового узла, во время вынужденных остановок работ, для исключения перегрева подшипников;

- контроль за прочими показателями производился программно-аппаратным комплексом управления ТС.



Рисунок 2 – Высокоскоростное ТС юнифлэш U4-362 на испытательном стенде, г. Марьина Горка, фото 2020 г.

Таблица 1 – Результаты испытаний на роликовом стенде

Частота вращения колеса, мин ⁻¹	Продолжительность работы при установившейся частоте вращения, мин	Эквивалентный уровень звука, дБА	Наружная температура ступичного узла основного колеса, °С
200	15	88,9	24–25
400	15	96,9	34
500	25	95,6	32
600	15	95,8	42–43
830	15	95,0	51–52
1035	15	95,6	60–61
1230	15	94,8	67–68
1400	15	98,1	82–83
1650	15	98,8	83–84
1850	20	98,7	87–88
2040	15	99,6	87
2436	20	100,4	83–84 91 – после остановки

В процессе испытаний была достигнута частота вращения одного опорного колеса, равная 2436 мин⁻¹ (что соответствует скорости 330 км/ч). Дальнейшее повышение частоты вращения целесообразно производить на путевой структуре в движении с учётом естественного обдува колёс и ступичных узлов воздушным потоком.

Температура ступицы основного колеса во время испытаний достигла максимальной величины 91–92 °С (рисунок 3), при этом наружная температура подшипниковых узлов роликов стенда обкатки не превышала 78 °С, и в процессе испытаний отличалась от температуры ступицы основного колеса на $-5 \div -12$ °С.

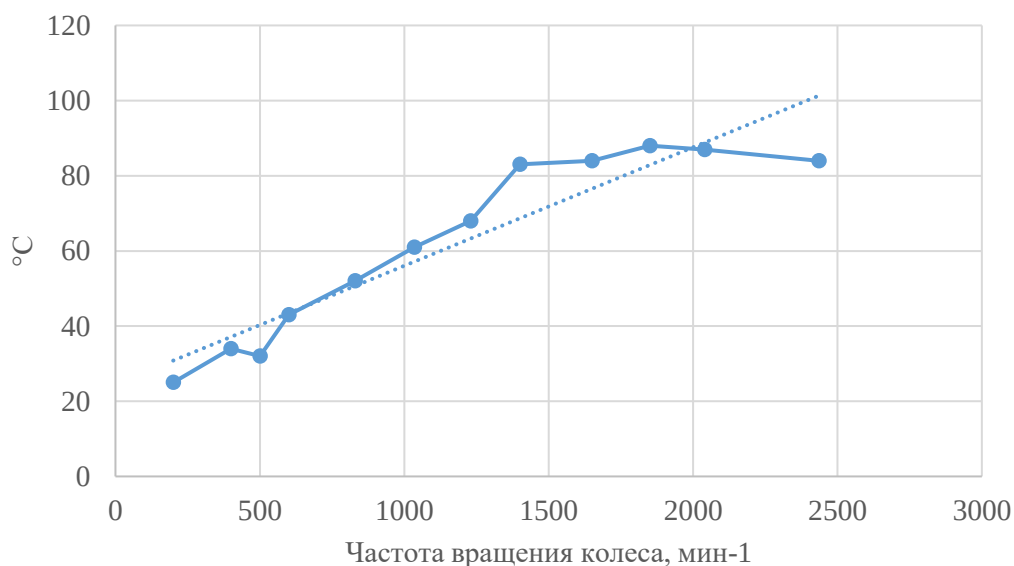


Рисунок 3 – График зависимости внешней температуры ступичного узла основного колеса, °С, от его частоты вращения мин⁻¹

Эквивалентный уровень звука, измеряемый на расстоянии 1 м от основного колеса в условиях испытательного помещения и со снятой внешней обшивкой, возрастал от 88,9 до 100,4 дБА при увеличении частоты вращения основного колеса ТС от 200 до 2436 мин⁻¹ (рисунок 4). Оценку уровня звука на полной эксплуатационной скорости также необходимо провести в реальных условиях на путевой структуре с установленными кузовными элементами и штатной системе шумоподавления.

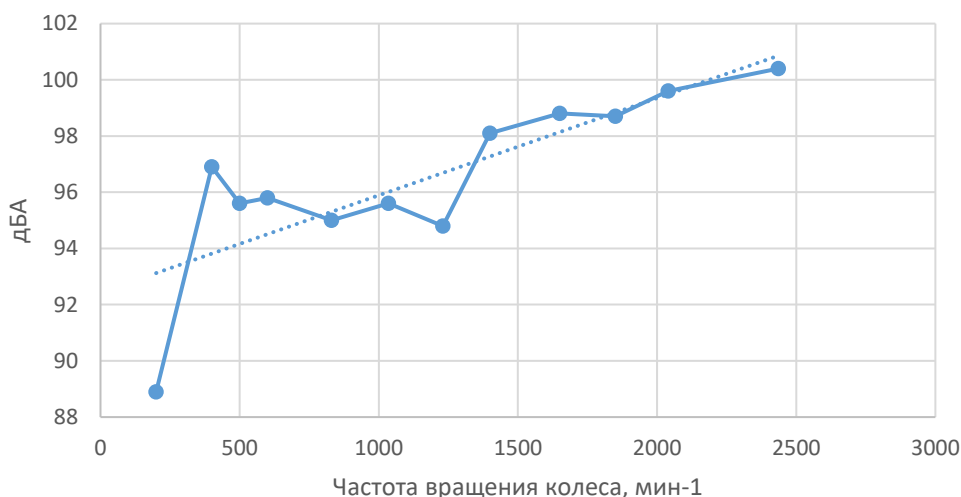


Рисунок 4 – График зависимости уровня звука, дБА, от частоты вращения колеса, мин⁻¹

Стендовые испытания подтвердили работоспособность, безопасность и корректность заложенных конструкторами решений. При этом, несмотря на все возможности стенда, такие характеристики, как работа подвески на высоких скоростях, поведение юнимобиля на поворотах, аэродинамические эффекты и шумы, могут быть отработаны и уточнены только во время движения по путевой структуре на штатных скоростях. А учитывая особенность движения ТС на стальных колёсах, цикл разгон до скорости 500 км/ч – движение с постоянной скоростью – торможение до 0 км/ч – требует участок длиной не менее 25 км. Таким образом, для продолжения развития и испытания высокоскоростного транспорта необходим испытательный полигон достаточной протяжённости, соответствующий всем требованиям безопасности.

Список использованных источников

- 1 Галабурда, В. Г. Управление транспортной системы / В. Г. Галабурда, Ю. И. Соколов, Н. В. Королькова. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 343 с.
- 2 Юницкий, А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе / А. Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.
- 3 Юницкий, А. Э. Высокоскоростной струнный транспорт uST для перевозки пассажиров: преимущества и перспективы развития / А. Э. Юницкий, А. И. Кривицкий, С. В. Артюшевский С. В., М. В. Сокур., М. И. Цырлин // Инновационный транспорт. – 2022. – № 2. – С. 3 – 7.
- 4 Юницкий, А. Э. Оптимизация аэродинамических характеристик высокоскоростного юнимобиля струнного транспорта Юницкого / А. Э. Юницкий, С. В. Артюшевский, В. В. Гончаров, М. И. Цырлин // Инновационный транспорт. – 2022. – № 3. – С. 3 – 11.
- 5 Патент ЕА на изобретение № 031675. Высокоскоростной транспортный модуль (варианты) / А.Э. Юницкий. № 201700220, заявл. 23.03.2017; опубл. 28.02.2019.
- 6 Юницкий, А. Э. Перспективы струнного транспорта uST в области высокоскоростных перевозок пассажиров / А. Э. Юницкий, С. В. Артюшевский, М. И. Цырлин // Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения: Тез. докл. Межд. научно-техн. конф. – Москва: МАИ, 2022. – С. 192 – 193.
- 7 Юницкий, А. Э. Тенденции развития современного высокоскоростного транспорта / А. Э. Юницкий, М. И. Цырлин // Перспективы развития транспортного комплекса: сб. ст. – Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2023. – С. 54 – 57.