

Список литературы

- 1 Повышение безопасности пешеходов и велосипедистов – один из ключевых элементов безопасности дорожного движения и охраны здоровья населения // ВОЗ. – URL: <https://www.who.int/ru/news/item/09-05-2025-safer-walking-and-cycling-crucial-for-road-safety-and-better-health> (дата обращения: 10.09.2025).
- 2 Глобальная неделя безопасности дорожного движения ООН // Транспортная безопасность. – URL: <https://www.who.int/campaigns/un-global-road-safety-week/8th-un-global-road-safety-week> (дата обращения: 10.09.2025).
- 3 Итоги квартала: рост числа погибших. – URL: <https://tbgazeta.by/strong-svedeniya-o-kolichestve-dtp-pogibshih-i-ranenyh-v-nih-lyudej-v-regionah-respublikiv-yanvare-marte-2024-i-2025-gg-strong-br> (дата обращения: 05.09.2025).
- 4 Как будут контролировать и наказывать за нарушения новых ПДД в Беларуси? // Министерство финансов Республики Беларусь. – URL: <https://myfin.by/article/avto/kak-budut-kontrolirovat-i-nakazyvat-za-naruseniya-novyh-pdd-v-belarusi-40292> (дата обращения: 12.09.2025).

УДК 625.5+625.41

СВОЙСТВА ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ПРИМЕРЕ СТРУННОГО ТРАНСПОРТА

А. Э. ЮНИЦКИЙ, С. В. АРТЮШЕВСКИЙ

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

Системы, состоящие из объектов транспортной инфраструктуры, обладают комплексом свойств, определяющих их функциональные характеристики и особенности взаимодействия в рамках перевозочной деятельности. Имманентная способность транспортной системы проявлять определённые качественные характеристики в процессе установления взаимосвязей и взаимодействий при осуществлении перевозок детерминирована внутренней природой транспортной системы, особенностями её архитектуры и структурной организацией.

В современной транспортной науке принято выделять три фундаментальных типа свойств транспортных систем [1]:

1 *Структурно-функциональные свойства*, являющиеся системообразующей основой любой транспортной системы, определяющие её целостность и работоспособность.

2 *Свойства самосохранения*, формирующие способность системы поддерживать устойчивое функционирование в условиях изменяющихся внешних воздействий и внутренних трансформаций.

3 *Целевые и организационно-правовые свойства*, характеризующие стратегические аспекты поведения системы в процессе достижения генеральных целей.

Эти свойства определяют рыночную позицию транспортной системы, её конкурентные преимущества и способность к эффективному выполнению перевозочных процессов в изменяющихся условиях. В случае анализа струнного транспорта Юницкого (СТЮ) они приобретают особую специфику, обусловленную уникальной физической основой системы – движением по предварительно напряжённым струнным рельсам, расположенным на втором уровне [2, 3]. Данная особенность предопределяет возникновение новых, уникальных характеристик.

Например, в отличие от традиционных транспортных систем, где несущие конструкции и направляющие элементы представляют собой отдельные компоненты, в СТЮ они объединены в целостную пространственную структуру за счёт использования предварительно напряжённых струнных элементов, которые одновременно выполняют несущую и направляющую функции, что позволяет минимизировать массу конструкции при сохранении высокой несущей способности.

К прочим уникальным структурно-функциональным свойствам СТЮ относятся:

1 *Распределение масс и нагрузок в системе, принципиально отличающееся от традиционных систем*, – благодаря подвесной конструкции и особенностям динамики движения, нагрузка в СТЮ распределяется более равномерно по всей длине трассы. Основные напряжения воспринимаются растянутыми (преднапряжёнными) струнными элементами, что обеспечивает оптимальное использование материала и повышает ресурс конструкции.

2 *Сочетание жёсткости и гибкости конструкции*, которое достигается за счёт рационального сочетания высокомодульных струнных элементов с упругими соединениями, создающими систему с регулируемой жёсткостью.

3 *Повышенная системная связанность всех элементов* – каждый компонент СТЮ функционально взаимосвязан с другими, образуя единую систему. Эта связанность обеспечивается как механическими особенностями конструкции, так и единой системой мониторинга и управления.

Свойства самосохранения в СТЮ проявляются через:

1 *Устойчивость к внешним воздействиям* – при локальных повреждениях система автоматически перераспределяет нагрузки благодаря своей сетевой структуре, специальным демпфирующим элементам и динамическим гасителям колебаний. Кроме того, отсутствие жёстких связей с землёй и способность конструкции «обходить» резонансные частоты делают систему устойчивой к землетрясениям.

2 *Автоматическую адаптацию к температурным деформациям конструкции* – система компенсаторов и терморегулируемых элементов позволяет конструкции сохранять геометрические параметры при значительных температурных колебаниях.

3 *Ветроустойчивость транспортных модулей и путевых структур* – аэродинамическая форма модулей и особая конструкция подвески обеспечивают стабильность движения даже при сильных порывах ветра за счёт оптимального сочетания массы, жёсткости и аэродинамических характеристик.

Целевые и организационно-правовые свойства СТЮ включают:

1 *Возможность реализации принципиально новых транспортных стратегий* в условиях плотной городской застройки и на сложном рельефе за счёт сочетания высокой скорости перемещения с минимальным воздействием на окружающую среду.

2 *Формирование правовой парадигмы эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры* с учётом особенностей СТЮ. Это касается стандартов безопасности, эксплуатации, обслуживания и взаимодействия с другими видами транспорта.

3 *Создание новых моделей транспортного обслуживания*, включая системы совместного использования транспортных модулей, динамическое ценообразование на основе реальной загрузки, интеграцию с другими видами мобильности. Кроме того, СТЮ может органично интегрироваться в существующую инфраструктуру, создавая мультимодальные транспортные узлы нового типа. Особенности конструкции позволяют размещать станции СТЮ непосредственно на крышах зданий, над автомагистралями или вдоль существующих транспортных коридоров без их нарушения.

Теоретико-информационный анализ сложности СТЮ выявляет его специфические свойства:

1 *Аэродинамическая стабилизация движения* благодаря форме транспортных модулей и конструкции пути, обеспечивающих естественную стабилизацию положения модуля при движении за счёт аэродинамических сил.

2 *Энергетическая автономность модулей*, которая достигается рекуперацией энергии.

3 *Устойчивость к геометрическим искажениям пути под нагрузкой* за счёт предварительного натяжения несущих струн и распределённой системы демпфирования колебаний (энергия колебаний рассеивается по всей длине трассы, а не в отдельных точках).

4 *Экологическая нейтральность транспортной системы*, которая проявляется в малой занимаемой поверхности земли и возможности интеграции в природные ландшафты без нарушения экосистем.

Стратегические преимущества СТЮ следующие:

1 *Возможность реализации сквозных транспортных коридоров*, преодолевающих сложные географические препятствия (реки, овраги, горные массивы) без необходимости строительства капитальных мостовых переходов или тоннелей.

2 *Формирование многоуровневых транспортных сетей*, которые представляют собой вертикальное наложение трасс в городских условиях при отсутствии светофоров и развязок.

3 *Создание интегрированных логистических систем для организации грузовых потоков* «от двери до двери» без перевалок, включающих автоматизированные логистические хабы на базе станций СТЮ, интегрированные с системами складского хранения нового поколения.

4 *Развитие принципиально новых урбанистических решений для трансформации городской среды*, таких как линейные города вдоль транспортных коридоров СТЮ.

Анализ показывает, что СТЮ, как представитель нового поколения транспортных систем, сочетает в себе традиционные свойства транспортных систем с принципиально новыми качествами, от-

крывающими перспективы для развития транспортных технологий. Особенностью СТЮ является синергетический эффект от сочетания её свойств, приводящий к возникновению новых системных качеств, не сводимых к простой сумме свойств элементов. Так, например, сочетание натяжения струн, аэродинамики модуля и управления создаёт устойчивость движения (чего нет у отдельных элементов), а взаимодействие упругих свойств струн и инерции транспортного модуля даёт самогасящиеся колебания – автоматическое демпфирование.

Дальнейшее исследование свойств СТЮ требует разработки специального методологического аппарата, учитывающего как общие принципы анализа транспортных систем, так и специфические особенности струнных технологий. Это открывает новые перспективы для развития теории транспортных систем и практического внедрения инновационных решений в транспортной отрасли.

Список литературы

- 1 Друкер, П. К. Бизнес и инновации : учеб. пособие / П. К. Друкер. – М. : Вильямс, 2007. – 432 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. Транспортно-инфраструктурные комплексы Юницкого как комплексное решение транспортных проблем в области энергоэффективности, экологичности и безопасности / А. Э. Юницкий, С. В. Артюшевский // Транспорт России: проблемы и перспективы : материалы междунар. науч.-практ. конф., 9–10 нояб. 2022 г., г. С.-Петербург. – СПб. : ИПТ РАН, 2022. – С. 139.

УДК 625.85

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЛИМЕРА НА КОМПЛЕКС СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА

П. П. ЯЦЕВИЧ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Современные условия эксплуатации автомобильных дорог характеризуются непрерывным ростом интенсивности движения и качественным изменением состава транспортного потока в сторону увеличения доли тяжелых транспортных средств и повышения их осевых нагрузок. Данные факторы приводят к тому, что асфальтобетонные покрытия, устроенные с применением стандартных битумов, не обладают достаточной долговечностью и подвержены интенсивному накоплению остаточных деформаций (колесобразованию) и других разрушений уже в первые годы эксплуатации [1]. Практика показывает, что достижение требуемых при проектировании уровней надежности дорожных конструкций невозможно без применения материалов с улучшенными физико-механическими свойствами, в частности, асфальтобетонных смесей, модифицированных полимерами [2].

Ключевым инструментом повышения эксплуатационных характеристик асфальтобетона является введение в его состав полимерных модификаторов [3]. В мировой и отечественной практике сложились два основных технологических подхода к полимеризации смесей [4]. Первый, условно «мокрый» метод, заключается в предварительном приготовлении полимерно-битумного вяжущего (ПБВ) путем растворения и гомогенизации полимера в битуме на специализированных установках. Второй, «сухой» метод, подразумевает введение гранулированного или порошкообразного полимера непосредственно в смеситель асфальтобетонного завода одновременно с минеральными материалами. Каждый из этих методов имеет свои технологические и экономические преимущества и недостатки, однако их сравнительная эффективность с точки зрения итоговых свойств асфальтобетона изучена недостаточно [5].

Несмотря на широкое применение обоих методов, выбор между ними зачастую определяется не технической, а производственно-логистической целесообразностью. При этом открытым остается вопрос о сравнительной ресурсоэффективности. Взаимодействие полимера с битумом зависит от множества факторов, температуры и продолжительности смешения, природы самого полимера (термопласты, эластопласты), а также толщины пленки вяжущего на поверхности минеральных зерен. Это формирует научную проблему, требующую системного исследования.