

ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ТРАНСПОРТНЫХ ЭСТАКАД UST

А.Э. ЮНИЦКИЙ¹, А.Н. ПЕТРОВЕЦ², А.А. БОЛТУШКО³¹Доктор философии транспорта, Генеральный конструктор, Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь, e-mail: a@unitsky.com²Инженер-проектировщик конструкторского бюро «Железобетонные конструкции» – ЗАО «Струнные технологии», Минск, Республика Беларусь, e-mail: a.petrovets@unitsky.com³Инженер-конструктор конструкторского бюро «Железобетонные конструкции» – ЗАО «Струнные технологии», Минск, Республика Беларусь, e-mail: a.boltushko@unitsky.com

В современных транспортных системах стоит задача сочетания высокой скорости движения, экономичности строительства и эксплуатации, а также универсальности применения на различных типах местности. Для выполнения этих задач необходимо повышать эффективность транспортных сооружений, при этом ключевым критерием выступает экономическая составляющая, которая зависит от выбора материалов и конструктивной схемы, а также от затрат на строительство и эксплуатацию [1, 2].

Обратим внимание на решения, предлагаемые компанией UST Inc. при строительстве путевых структур [3]. Благодаря разнообразию конструктивных схем путевой структуры эстакады транспортно-инфраструктурных комплексов uST позволяют обеспечить оптимальные решения для большого круга задач в области транспорта. Главным преимуществом применения транспортных эстакад uST является использование наиболее оптимизированных схем, позволяющих уменьшить финансовые затраты на этапе строительства, благодаря современным технологиям и использованием новых материалов и методов возведения, и на этапе эксплуатации, при ремонте и обслуживании. Рассмотрим ниже за счёт каких особенностей решения uST позволяют повысить эффективность применения строительных конструкций.

В транспортной системе uST применяются следующие основные виды предварительно напряжённых неразрезных эстакад в зависимости от величины прогиба путевой структуры: жёсткая, полужёсткая, полугибкая, гибкая [3, 4].

Жёсткая путевая структура — неразрезная (без температурных швов) путевая структура ферменного типа, в которой вертикальный прогиб зависит от изгибной жёсткости и практически не зависит от усилия предварительного натяжения. Она состоит из пространственной фермы, в которой нижний и верхний пояс преднапряжены (рис. 1).

Эта путевая структура предназначена для движения городского и высокоскоростного транспорта. Конструкция эстакады позволяет осуществлять движение со скоростью до 500 км/ч [3].



Рисунок 1 — Жёсткая путевая структура. ЭкоТехноПарк, Марьино Горка, 2017 г.

При этом транспортные средства могут передвигаться по жёсткой путевой структуре одновременно снизу и сверху, что делает представленную схему более эффективной по сравнению с другими видами рельсового транспорта. Это позволяет сэкономить на строительстве дополнительного пути.

Полужёсткая путевая структура — неразрезная (без температурных швов) путевая структура, в которой вертикальный прогиб в основном зависит от усилия предварительного натяжения и мало зависит от изгибной жёсткости, а также в которой несущие струны и струнные рельсы (головка рельса) идут непараллельно друг другу по вертикали в пролёте. Конструкция путевой структуры схожа с конструкцией висячих мостов (рис. 2) и состоит из канатов, подвесов и преднапряжённой балки жёсткости (рис. 3) [3].

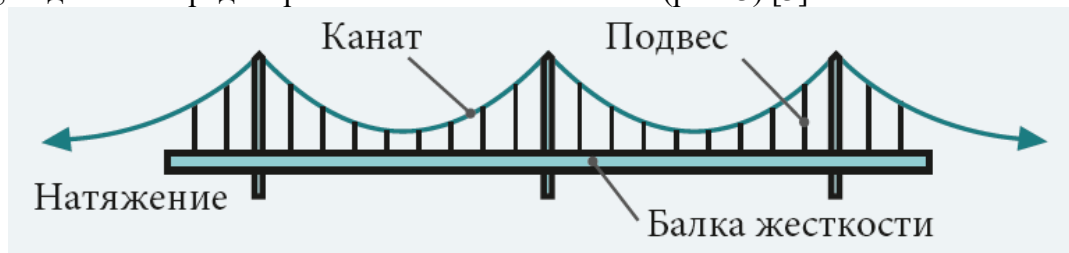


Рисунок 2 — Конструкция подвесного моста

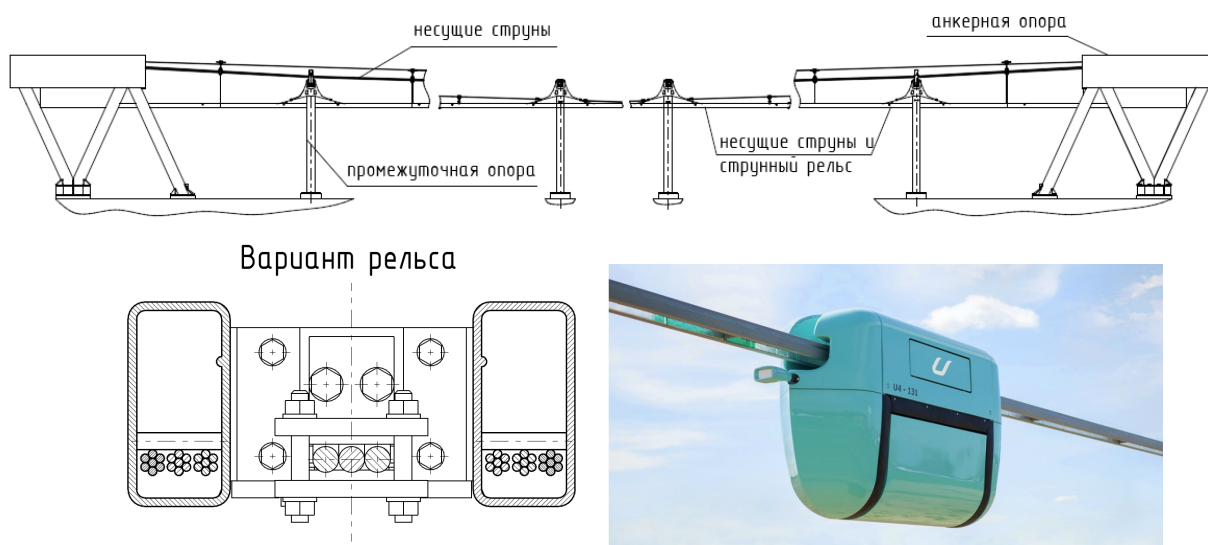


Рисунок 3 — Конструкция полужёсткой путевой структуры. Полужёсткая путевая структура
ЭкоТехноПарк, Марьино Горка, 2016 г.

Отличительная особенность полужёсткой путевой структуры - универсальность и высокая грузоподъёмность, простота в сборке, быстровозводимость.

Эта система позволяет значительно ускорить строительство комплекса, снижая трудозатраты и материально-технические ресурсы по сравнению с жёсткой путевой структурой, благодаря уменьшенному весу и незначительному снижению жесткости путевой конструкции [5].

Гибкая путевая структура — неразрезная (без температурных швов) путевая структура, в которой вертикальный прогиб зависит только от усилия предварительного натяжения и температуры и не зависит от изгибной жёсткости, а также в которой несущие струны и струнные рельсы (головка рельса) идут параллельно друг другу по вертикали в пролёте. Гибкая путевая структура состоит из небольшого количества элементов, но при этом сохраняет высокую функциональность. Она представляет собой струнный рельс, состоящий из корпуса и предварительно напряжённых канатов (рис.4, рис.5), при этом корпус одновременно является рельсовым элементом.



Рисунок 4 — Конструктивная схема гибкой путевой структуры



Рисунок 5 — Гибкая путевая структура (конструктивные элементы, вариант рельса), ЭкоТехноПарк, Марьино Горка, 2018 г.

Главные особенности гибкой путевой структуры — простота конструкции и низкая материалоемкость (небольшой вес). Это позволяет возводить рельсо-струнные эстакады в кратчайшие сроки для организации транспортного сообщения в малонаселённых или отдалённых районах, а также на территориях со сложным рельефом местности и широкими препятствиями (реки, озёра, болота, ущелья и др.).

Полугибкая путевая структура - неразрезная (без температурных швов) путевая структура, в которой вертикальный прогиб зависит от усилий предварительного натяжения струнных рельсов и поддерживающей струны (каната), и практически не зависит от изгибной жёсткости струнного рельса, а также в которой несущие струны и струнные рельсы (головка рельса) не параллельны друг другу по вертикали в районе опор, и могут быть параллельны в центральной части пролёта (рис. 6, рис. 7).

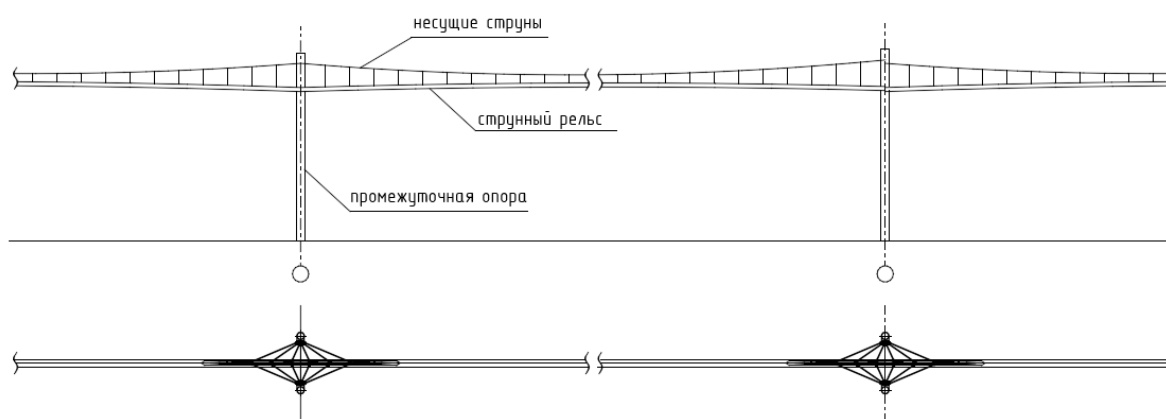
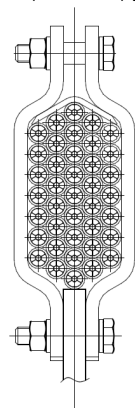


Рисунок 6 — Конструктивная схема полугибкой путевой структуры



Верхние струны



Нижние струны и струнный рельс

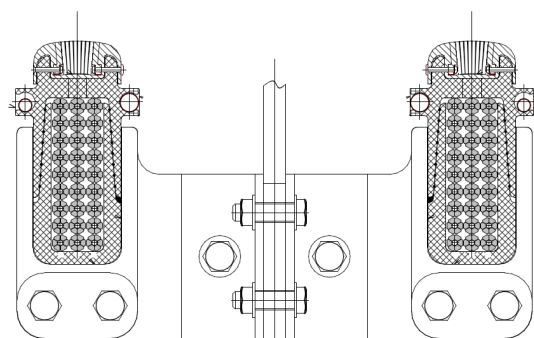


Рисунок 7 – Полугибкая путевая структура. Конструкция рельса. Центр uSky, г. Шарджа (ОАЭ), 2024 г.

Главная особенность предлагаемого вида путевой структуры является то, что в конструкции отсутствует прямая связь рельса с опорой, что делает направляющую, по которой движется транспорт, более равномерно нагруженной, обеспечивая тем самым более высокую плавность хода.

Вывод

Таким образом, в работе выделены основные аспекты предварительно-напряжённых неразрезных эстакад uST, благодаря которым обеспечивается эффективность их применения. Это достигается за счёт использования многопролётных неразрезных схем, а также более рациональному использованию собственного веса и несущей способности сечения путевых структур.

Произведённый обзор используемых путевых структур uST показал, что конструктивное разнообразие (жёсткая, полужёсткая, полугибкая и гибкая путевая структура) даёт возможность подбирать оптимальное решение по путевым структурам в зависимости от условий рельефа, требований к скорости движения и транспортной нагрузке.

Следует отметить, что при разработке путевых структур транспортных комплексов uST решения могут быть использованы и при строительстве мостов, тоннелей, эстакад и других инженерных сооружений, обеспечивая оптимизацию маршрутов, повышение безопасности и эффективности транспортных потоков. Использование uST-технологий позволяет интегрировать различные виды транспорта, улучшать управление движением и снижать затраты на эксплуатацию инфраструктуры. Кроме того, такие системы способствуют адаптивности конструкций к изменяющимся условиям эксплуатации и развитию умных городов.

Список цитированных источников

1. Иванов И.И., Петров П.П. «Экономическая эффективность транспортных сооружений», Журнал «Транспортные системы», 2021.
2. Смирнов А.В. «Выбор материалов и конструкций для транспортных объектов», Издательство «Стройинформ», 2020.
3. Юницкий А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: «ПНБпринт», 2019.
4. Юницкий А.Э. Транспортный комплекс SkyWay в вопросах и ответах. 100 вопросов – 100 ответов / Монография. Издание девятое, дополненное и переработанное. - Минск, 28 апреля 2016 г. - 84 с.
5. Юницкий А.Э., Хлебус А.С., Цырлин М.И. Оценка жёсткости гибкого рельса и напряжённо-деформированного состояния элементов рельсо-струнной путевой структуры в центре uSky в Шардже (ОАЭ) // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 3. – С. 45–62. doi: 10.17816/transssyst20228345-62