

– кинематики рычагов подвески (в случае выхода из строя упругого элемента одной оси вся нагрузка переходит на второй без поперечного крена кузовного модуля относительно тягового модуля);

– геометрической формы каркаса тележки, реализованной в виде подковы, охватывающей рельс по периметру, что исключает возможность падения РТС с рельса (установку РТС на путевую структуру производят на специальных участках пути);

– наличия боковых направляющих роликов/лыж, которые в штатном режиме движения не контактируют с боковыми поверхностями рельсового элемента и вступают в контакт при внештатных ситуациях;

– наличия отбойников, исключающих попадание посторонних предметов под опорные колёса;

– исключения человеческого фактора (АСУ обеспечивает полный контроль скорости и маршрута, бесперебойную круглосуточную эксплуатацию, безопасные перевозки пассажиров и грузов даже в сложных погодных условиях).

Описанная выше архитектура модульного конструктивного исполнения РТС uST внедрена в различных разработанных, изготовленных и испытанных типах транспорта (таких как U4-210, U4-220, U5-54304, U4-212 и пр.). Все перечисленные РТС прошли сертификацию на подтверждение безопасности и готовы к внедрению в адресных проектах.

Список литературы

1 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-2022 : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 9–10 ноября 2022 г. – СПб. : ИИТ РАН, 2022. – С. 139.

2 Юницкий, А. Э. Струнный транспорт для городских перевозок пассажиров / А. Э. Юницкий, В. А. Гарах, М. И. Цырлин // Наука и техника транспорта. – 2021. – №. 3. – С. 19–25.

3 Конструктивные особенности юникара тропического для городских перевозок пассажиров / А. Э. Юницкий [и др.] // Инновационный транспорт. – 2021. – №. 1. – С. 8–15.

УДК 629.4.05

СНИЖЕНИЕ ВЕТРОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОДВЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА UST ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ГИРОСТАБИЛИЗАЦИИ

*А. Э. ЮНИЦКИЙ, С. В. АРТЮШЕВСКИЙ, И. А. КУЗЬМИН, Г. А. КУРИНСКАЯ
ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь*

Юнилайт представляет собой подвесное бирельсовое автоматизированное самодвижущееся транспортное средство (ТС) струнных транспортных систем Юницкого [1, 2] массой 1600 кг, состоящее из транспортного и пассажирского модулей. Основным силовым элементом является рама. В движение его приводят электродвигатели, которые установлены на каждом колесе. Для гашения колебаний применены моноамортизаторы, установленные под наклоном на рычагах подвески (рисунок 1).

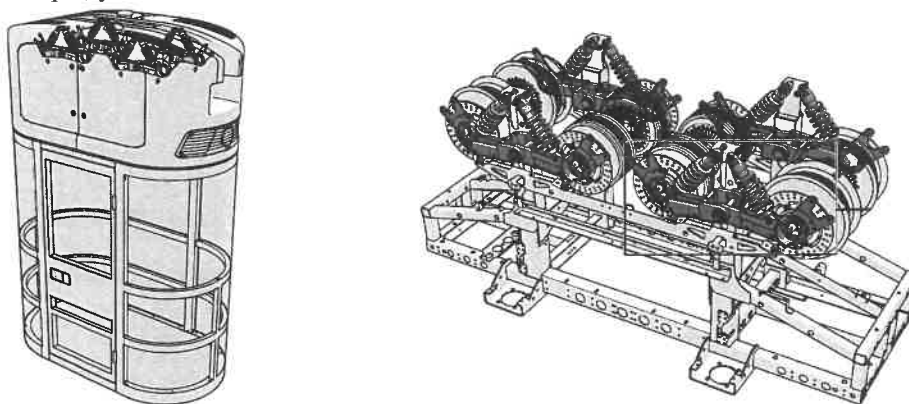


Рисунок 1 – Подвеска Юнилайта

В условиях ветровых нагрузок необходимо поддержание параметров углового положения во время движения ТС, чего можно добиться с помощью системы гиросtabilизации. Для этого требуется создание необходимого значения величины противомомента возмущающей силе.

Расчёт проводился в два этапа для трёх типов маховиков в спаренной схеме массой 2×25 кг, 2×50 кг и 2×100 кг. Цель первого расчёта – определить время достижения максимального крена ТС различной загруженности с гиросtabilизатором (ГС) при воздействии ветра и гравитации. Все схемы показали состоятельность и возможность применения, отличительной характеристикой стала частота вращения, от 5600 об/мин для 100-килограммовых маховиков до 14 000 об/мин при 25-килограммовых и геометрические параметры вращающихся элементов. Результаты расчёта маховиков 2×50 кг показаны на рисунке 2.

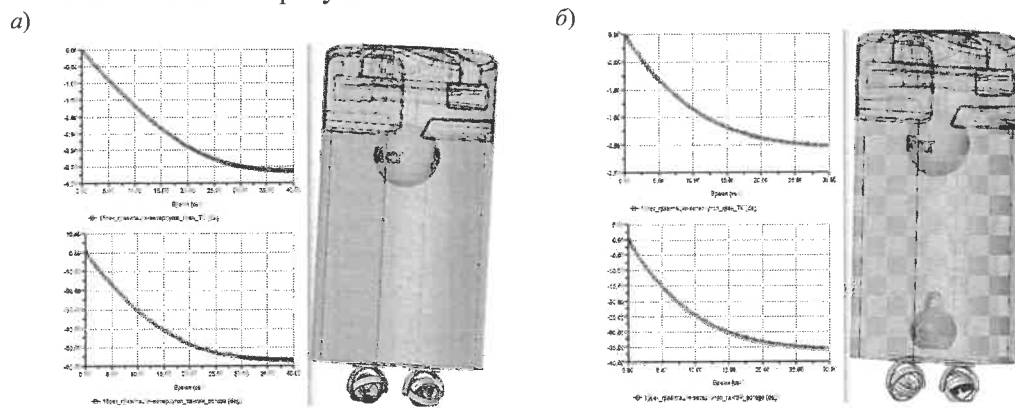


Рисунок 2 – Результаты динамического расчёта ТС Юнилайт на воздействие гравитации и ветра:
а – без полезной нагрузки; б – с полезной нагрузкой

Цель второго расчёта – определить амплитуду крена ТС различной загруженности с гиросtabilизатором для трёх типов маховиков при воздействии пульсирующего ветра и гравитации. Результаты расчёта маховиков 2×50 кг показаны на рисунке 3 и в таблице 1. В расчёте были применены демпфирование вращения ТС (25 m N sec/deg) и рамки гироскопа (5 m N sec/deg), вычисленные эмпирически для максимально приближённого к реальности поведения ТС при внешнем воздействии. Для уточнения этих величин необходимы натурные испытания.

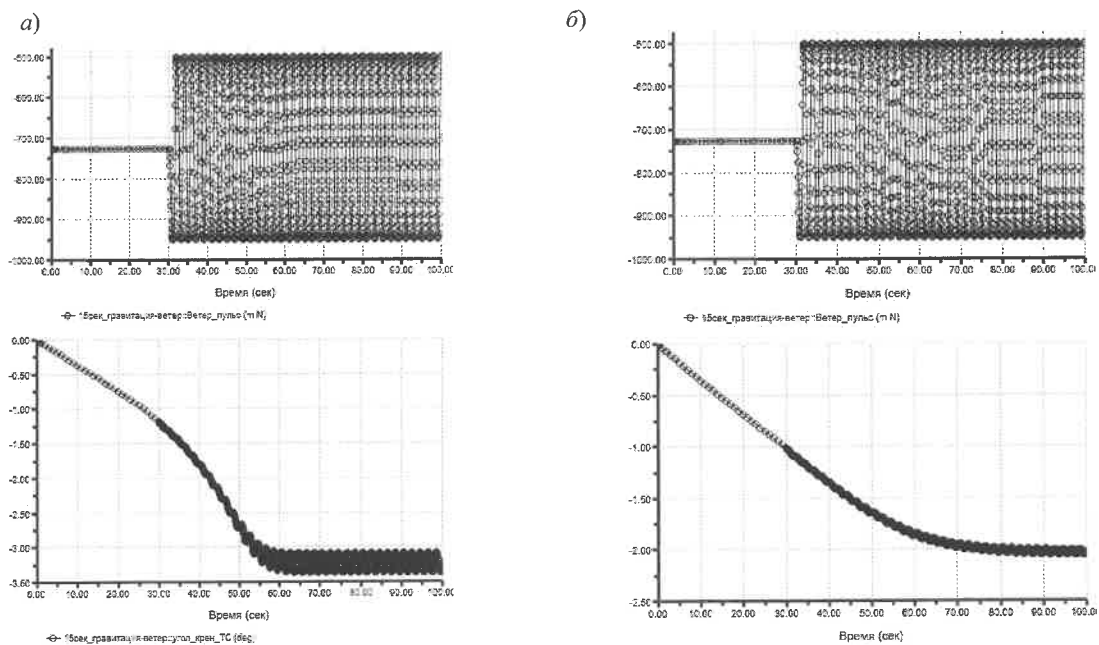


Рисунок 3 – Результаты динамического расчёта ТС Юнилайт на воздействие гравитации и пульсирующего ветра:
а – без полезной нагрузки; б – с полезной нагрузкой

Таблица 1 – Результаты расчётов трёх типов маховиков в спаренной схеме для двух условий эксплуатации – при статичном ветре и при пульсирующем

Расчётный показатель	Варианты ГС ТС Юнилайт			
	Без ГС	ГС 2×25 кг	ГС.2×50 кг	ГС 2×100 кг
Скорость вращения гироскопа, об/мин	–	14 000	8 600	5 800
Момент инерции гироскопа, кг·м ²	–	2 × 0,36	2 × 2,13	2×10,48
Масса полезного груза, кг	450	350	300	200
Крен ТС при статичной ветровой нагрузке, град, без груза / с грузом	5,3 / 2,2	5,3 / 2,2	5,3 / 2,2	0,6 / 0,7 (в течение 187 с / 191 с)
Среднеквадратичный Крен ТС, град, без груза / с грузом	5,01 / 2,14	3,75 / 2,1	3,19 / 2,02	2,5 / 2,3 (предел гироскопа)
Амплитуда колебаний крена ТС, ± град, без груза / с грузом	3,12 / 0,8	0,43 / 0,3	0,06 / 0,02	<0,1 / <0,1 (предел гироскопа)
Время стабилизации крена ТС, с, без груза / с грузом	35 / 45	30 / 30	60 / 80	184 / 195 (предел гироскопа)

Исходя из поставленной задачи – обеспечить стабильное положение ТС с максимальным отклонением $\pm 5^\circ$ при ветре до 15 м/с – с точки зрения компоновки ТС, безопасности и требований к приводным элементам, предлагается применить спаренный двухмаховичный гироскоп с массой каждого маховика 50 кг и частотой вращения 8 600 об/мин. Угол статичного отклонения при этом будет от $2,02^\circ$ до $3,19^\circ$ (в зависимости от загрузки ТС), а амплитуда колебаний от пульсирующей ветровой нагрузки 15 ± 30 % м/с не более $\pm 0,06^\circ$.

Предложенные схемы показывают возможность комбинирования ГС с различными массогабаритными характеристиками для встраивания в конструкцию кузовов подвесных ТС. Ключевым фактором является момент сопротивления, который малоэффективен для статичной нагрузки, так как имеет накопительный эффект и высокоэффективен для гашения переменной составляющей ветровой нагрузки.

Список литературы

1 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-2022 : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 9–10 ноября 2022 г. – СПб. : ИИТ РАН, 2022. – С. 139.

2 Юницкий, А. Э. Струнный транспорт для городских перевозок пассажиров / А. Э. Юницкий, В. А. Гарах, М. И. Цырлин // Наука и техника транспорта. – 2021. – №. 3. – С. 19–25.