

## БЕЗОПАСНОСТЬ ПУТЕВЫХ СТРУКТУР ВТОРОГО УРОВНЯ НА ПРИМЕРЕ РЕЛЬСО-СТРУННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ЮНИЦКОГО

*А. Э. ЮНИЦКИЙ, С. В. АРТИШЕВСКИЙ*

*ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, республика Беларусь*

Уровень безопасности любого транспортного комплекса закладывается при конструировании и проектировании. Все остальные этапы жизненного цикла: изготовление, строительство, монтаж, эксплуатация, модернизация, консервация и утилизация – в зависимости от условий могут незначительно влиять на показатели как положительно, так и отрицательно. Комплексный подход к выявлению возможных рисков и степень их влияния на безопасность – важнейшая задача конструкторов и проектировщиков транспортных систем. В данной работе представлены варианты решений по обеспечению безопасности транспортных систем Юницкого (UST), заложенные на стадии их проектирования и эксплуатации [1].

Проанализировав четыре основных вида транспорта как самых распространённых и осуществляющих 99 % всех перевозок на планете: железнодорожный, автомобильный, водный и воздушный с точки зрения безопасности – можно отметить, что наиболее опасным является самый распространённый – автомобильный [2] – на каждые 160 млн км пробега гибнет 1,6 чел. Согласно статистике ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) гибнет почти 1,2 млн чел. (без учёта поставарийной смертности), а это несколько сотен тысяч человек в год, травмы получают до 50 млн чел. Самым безопасным является воздушный транспорт [2] – на 160 млн километров «пробега» гибнет 0,6 чел. На втором месте по данному критерию находится железнодорожный транспорт – показатель смертности составляет 0,9 чел. Одновременно с этим значительное увеличение количества автомобильных транспортных средств привело к негативным последствиям: проблемам безопасности дорожного движения и транспортной безопасности в целом, заторам и перегруженности автомагистралей, смогу из-за выхлопных газов и др. При этом аварийность автомобильного транспорта является одной из важнейших проблем.

В отличие от существующих транспортных систем, в которых системы безопасности интегрируются и вынуждены приспособляться к имеющимся конструктивным и техническим особенностям «столетней давности», комплексы UST изначально разрабатываются «с нуля» с учётом всех последних мировых требований в области безопасности, а также путём устранения основных причин транспортной опасности.

Можно выделить три основные категории причин возникновения аварийных ситуаций, относящихся ко всем видам транспорта (таблица 1).

Исключая последовательно все возможные причины аварий (или сводя к минимуму их влияние), можно добиться создания наиболее безопасной транспортной системы.

Минимальное количество аварий происходит в транспортных системах, где есть направляющая и противосходная системы (железнодорожный транспорт), и при осуществлении перевозок на втором уровне – над поверхностью земли (воздушный транспорт). Хотя причин для аварийных ситуаций, характерных для любого вида транспорта, больше всего в авиационном, притом, что там присутствуют и специфические, не присущие другим видам транспорта факторы безопасности (например, невыпущенное шасси, удар молнии, попадание птицы в турбину, отказ двигателя, взлёт, посадка и т. д.), он является самым безопасным. Его высокая безопасность обусловлена тем, что транспортное средство в авиационном транспорте движется не по земной поверхности (по дорожному полотну, рельсам, водной глади), а над ней, на большой или малой высоте.

Кроме того, максимальное количество аварийных ситуаций происходит по причине функциональной ненадёжности человека, по данным [9], – от 60 до 80 %, особенно в транспортных системах, где нет пассивных систем безопасности – направляющих и противосходных систем (автомобильный, воздушный и водный транспорт). Неправильное понимание обстановки, недостаток информации, принятие ошибочных решений и, как следствие, небезопасные действия – главные причины большинства инцидентов. Несмотря на то, что уровень безопасности современной техники очень высок, в случае опасности проявляются особенности, обусловленные физическим и психическим состоянием человека, управляющего ТС (водитель, машинист, пилот, капитан) или транспортным комплексом в целом (диспетчер). Ограниченное время на принятие решения и правильное реагирование обычно усугубляются осознанием ответственности за свои действия, что порождает эмоциональный

всплеск, проявляющийся как волнение и приводящий к общей скованности и заторможенности в поведении. Как следствие – возрастает риск ошибочных действий.

Таблица 1 – Причины возникновения аварийных ситуаций

Факторы	Вид транспорта			
	Автомобильный [3, 4]	Железнодорожный [5, 6]	Воздушный [7]	Водный [8]
Природные, не зависящие от человека	Влияние внешней среды (плохая видимость, осадки, наледь, наводнения, животные и др. случайные препятствия на дорожном полотне, иное)	Влияние внешней среды (плохая видимость, осадки, оползни, землетрясения, наводнения, иное)	Влияние внешней среды (плохая видимость, ветер, осадки, гроза, молния, птицы, иное)	Влияние внешней среды (плохая видимость, наличие мели, высокие волны – шторм, цунами, иное)
Технические	Плохое качество дорожного полотна и его износ. Износ и возможность прокола уязвимых пневматических шин Отсутствие направляющей и противосходной систем, возможность лобового и бокового столкновения ТС Износ ТС	Неравномерный износ путевой структуры и колёс. Излом рельсов и нарушение работы стрелочных переводов. Просадка рельсо-шпальной решётки. Износ ТС	Отказ технических узлов (двигатель, шасси, топливная система). Посторонние предметы на взлётно-посадочной полосе. Отказ навигационных приборов и систем управления траекторией полёта (взлёт, посадка, высота, курс, иное). Отсутствие направляющей и противосходной систем, возможность лобового и бокового столкновения, а также сверху и снизу. Износ ТС	Износ ТС. Неполадки в системах управления и навигации. Отсутствие направляющей и противосходной систем, возможность лобового и бокового столкновения транспортных средств
Человеческие	Нарушение правил ПДД водителями. Нарушение правил ПДД пешеходами. Нарушение правил эксплуатации ТС	Нарушение правил личной безопасности. Столкновения на переездах. Столкновения на путях. Терроризм. Пожары. Нарушение правил эксплуатации ТС	Ошибочные действия экипажа и служб при управлении. Нарушение правил эксплуатации ТС. Терроризм	Посадка на мель. Пожары, взрывы. Столкновения. Нарушение правил эксплуатации ТС

Логичное решение – подъём путевой структуры на второй уровень (как, например, в авиационном транспорте), наличие направляющей и противосходной систем (как, например, в железнодорожном транспорте), а также исключение «слабого звена» из цепочки: «техника – человек – управление» (автоматическая система управления, как, например, в современных электромобилях – самом перспективном направлении развития автомобильного транспорта) позволяют создать самый безопасный транспорт – UST.

Основные особенности UST: 1) размещение на втором уровне, предварительно напряжённая рельсо-струнная эстакада с бесстыковой головкой рельса на всей протяжённости трассы (отсутствие температурных и иных швов); 2) рельсовые электромобили на стальных независимых колёсах, имеющие приставку юни- (юнибус, юнибайк, юнитрак, юнивинд, юникар и др.); 3) инфраструктура второго уровня (станции, вокзалы, терминалы, депо, стрелочные переводы, иное); 4) автоматизированная система управления как рельсовым электромобилем и их потоком, так и транспортно-инфраструктурным комплексом в целом.

Наличие направляющей и противосходной систем сводят к минимуму влияние природно-климатических факторов: проливного дождя и ураганного ветра, снежных метелей и пылевых бурь, тумана, гололедицы и т.д. Подъём на второй уровень снижает влияние как природно-климатических факторов (снежные заносы и барханы, наводнения и цунами), так и технических. Например, на путевой структуре, размещённой на втором уровне, невозможны столкновения, особенно опасные лобовые и боковые, с транспортными средствами других наземных систем: автомобилем, трамваем, троллейбусом, железнодорожным составом.

Исключение человеческого фактора в управлении транспортным средством и их потоком, а также транспортно-логистической инфраструктурой, позволит дополнительно, причём существенно, повысить безопасность. Например, движение будет осуществляться без нарушений правил дорожного движения и правил эксплуатации ТС, с исключением возможности ошибочных действий персонала и столкновений с другими ТС. Единая система безопасности, контролирующая обстановку вдоль всей путевой структуры, в том числе под и над ней, особенно в зонах повышенной

опасности, заранее предупредит бортовую систему управления, до визуального контакта и необходимости применения экстренного торможения. Она также проинформирует и перенаправит других участников движения по безопасному маршруту, что позволит избежать пробок и заторов.

Применение самодиагностики бортовых систем перед выездом на маршрут и в процессе движения позволяет не допускать к участию в дорожном движении ТС с изношенными, повреждёнными или пришедшими в негодность узлами. Любые изменения в характеристиках работы элементов (температура, шум, время реакции, отсутствие обратной связи, иное) немедленно фиксируются, и транспорт переходит в безопасный аварийный режим, зависящий от типа поломки. Аналогичные системы устанавливаются и на технических средствах, обеспечивающих работу комплекса.

Также в процессе перемещения ТС бортовые датчики подвески фиксируют движения каждого колеса в отдельности и кузова в целом, по сигналам выстраивается цифровая траектория пути и сравнивается с «эталонной», в случае отклонения система отмечает аномалии и, в зависимости от степени отклонения, меняет маршрутные задания проезжающего транспорта. Таким образом, любой износ и повреждение дорожки качения головок рельсов автоматически фиксируются, заносятся в базу данных, и об этих отклонениях информируются все участники движения.

Системы безопасности вокзалов и станций контролируют нахождение всех посетителей на подотчётной территории, при появлении лиц, находящихся в розыске, происходит автоматическое оповещение службы охраны. Она немедленно информирует об оставленных и забытых вещах. Бортовая система безопасности контролирует количество пассажиров в салоне, непрерывно анализирует их поведение и, например при проявлении агрессии, проводит предупреждающие действия с информированием служб безопасности.

Центральная система управления знает местонахождение всех транспортных средств, их скорости, технические состояния, количество пассажиров на станциях, вокзалах и в транспортных средствах, что при правильном управлении предотвратит скопление больших групп людей, повышая безопасность комплекса.

Выделенная для движения полоса, поднятая на высоту от 4,5 м, упрощает работу системы безопасности, движение транспортных средств UST происходит без перекрёстков и обочин на «втором уровне» на безопасной высоте для человека, животных и наземных транспортных средств. Это полностью исключает возможность столкновения с какими-либо представляющими опасность объектами вне системы на путях и переездах, которые в UST отсутствуют. Возможность столкновений транспортных средств внутри системы, особенно таких опасных, как лобовые и боковые, принципиально устраняются за счёт создания дорожных развязок, находящихся на разных уровнях, количество которых не ограничено.

Проанализировав близкие по принципу системы канатные дороги, видим, что в них стальные канаты подвержены воздействию внешних природных факторов, они быстро изнашиваются, особенно проволоки верхних (наружных) слоёв, переламываются на шкивах, испытывая за срок службы миллионы циклов деформации, они уязвимы к внешним механическим воздействиям. Кроме того, качение торообразного колеса по цилиндру малого диаметра сопровождается сопротивлением качению, в 5–7 раз большим, чем в UST, в котором цилиндрическое колесо катится во плоской головке рельса.

При проектировании UST указанные недостатки транспортных систем были устранены, а инновационные инженерные решения позволили обеспечить дополнительную защиту ключевых узлов от случайного внешнего воздействия, которое может привести к разрушению, в первую очередь, основного несущего элемента рельсо-струнной эстакады – струны (струны спрятаны в корпус рельса, а их узлы анкерения защищены конструкцией анкерных опор и т. д.). При этом даже разрушение одной или нескольких промежуточных опор на путевых структурах, например из-за природных катаклизмов или терактов, не приведёт к катастрофе – транспортные средства снизят скорость движения на данном участке до безопасного значения и смогут преодолеть его без полной остановки транспортного потока.

Кроме того, запатентованные уникальные аэродинамические обводы ТС и отсутствие эффекта экрана в разы снизило аэродинамическое сопротивление и его воздействие на окружающую среду. Это особенно важно при высоких скоростях, где до 90 % мощности привода расходуется на аэродинамику. Коэффициент аэродинамического сопротивления  $C_x = 0,05-0,06$  высокоскоростного юнибуса близок к теоретическому пределу, в то время как, например, у одного из лучших спортивных автомобилей «Бугатти»  $C_x = 0,4...0,42$ . Это пропорционально снизило требуемую мощность приводов ТС.

Большая часть современных разработок в области транспорта направлены на решение проблем пробок, аварий, снижение экологически вредных выбросов и пр. Система UST как уникальный комплекс железнодорожной разновидности транспортных систем (наличие рельсов и стальных колёс), является инновационным технологическим решением, созданным для устранения этих проблем. Например, в случае тесноты городского пространства и заторов на дорогах он может эффективно снизить нагрузку на существующий транспорт и способствовать предотвращению травмирования пешеходов. Более того, эти системы имеют много преимуществ, в том числе низкую ресурсоёмкость (сырьё, материалы, включая земляные работы и изъятие земли под дорогу) и стоимость изготовления, короткие сроки строительства и большой срок службы (порядка 100 лет), высокую эффективность и безопасность, включая экологическую.

#### Список литературы

- 1 **Unitsky, A.** String Transport Systems: on Earth and in Space / A. Unitsky. – Silakrogs, 2019. – 560 p.
- 2 **Панов, Н. Н.** Сравнительный анализ безопасного вида транспорта в России / Н. Н. Панов, А. В. Тюменев // Системные технологии. – 2017. – № 24.
- 3 Статистический анализ аварийности и безопасности дорожного движения в мире / В. Г. Конюхов [и др.] // Инновации и патенты ГЦОЛИФК : материалы итоговой науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава РГУФКСМиТ 21–23 октября 2015 года. – М. : РГУФКСМиТ, 2015. – С. 38.
- 4 **Зубенко, Д. Ю.** Причины аварий на дорогах и разработка устройств, предотвращающих столкновение / Д. Ю. Зубенко // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – № 1 (5). – С. 17–19.
- 5 Проблемы безопасности высокоскоростных железнодорожных пассажирских транспортных систем / В. В. Шматченко [и др.] // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2019. – № 5 (84).
- 6 **Сенько, В. И.** О безопасности движения на гарантийных участках железной дороги при обслуживании вагонов на пунктах технического обслуживания / В. И. Сенько, Е. П. Гурский // Проблемы безопасности на транспорте. – 2017. – С. 150–152.
- 7 **Долженко, Н. А.** Влияние человеческого фактора на аварийность воздушного транспорта / Н. А. Долженко // Транспортні системи і технології : зб. наук. праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. – 2017. – № 30. – С. 237–243.
- 8 **Кацман, Ф. М.** Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства / Ф. М. Кацман, А. А. Ершов // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2006. – № 5 (5).
- 9 TranspoStand. Транспорт: современное состояние [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.transpostand.ru/rantas-12-1.html>. – Дата доступа : 10.09.20.