УДК 656.10

АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF PHYSICAL PARAMETERS AFFECTING THE RELIABILITY OF VEHICLES

Рожков Евгений Александрович
кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры физики,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
zhenyacool31@yandex.ru

Потемкина Ариана Дмитриевна
студентка,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
arianapotemkina2005@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена комплексному анализу физических факторов, влияющих на безопасность различных видов транспорта: авиационного, железнодорожного, автомобильного и морского. В работе рассматриваются ключевые физические явления – трение, инерция, центробежная сила и аэродинамика, а также их влияние на поведение транспортных средств в критических ситуациях. В ходе исследования проведен сравнительный анализ влияния каждого физического явления на различные виды транспорта, выявлены особенности их проявления и последствия для безопасности перевозок. На основе проведенного анализа сделаны выводы о надежности транспортных систем и обоснована необходимость их дальнейшей модернизации для повышения безопасности перевозок. Предложены конкретные рекомендации по улучшению безопасности для каждого вида транспорта: внедрение интеллектуальных систем контроля, модернизация тормозных систем, совершенствование мониторинга кривых участков, автоматизация расчетов маневров и другие технические решения. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых технических стандартов безопасности, модернизации транспортной инфраструктуры и совершенствовании систем управления различными видами транспорта.

Ключевые слова: транспортная безопасность, авиационный транспорт, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, морской транспорт, трение, инерция, центробежная сила, аэродинамика.

Rozhkov Evgeny Aleksandrovich
Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer
at the Department of Physics,
Kuban State Agrarian University
named After I.T. Trubilin
zhenyacool31@yandex.ru

Ariana Dmitrievna Potemkina
Student,
Kuban State Agrarian University
named After I.T. Trubilin
arianapotemkina2005@gmail.com

Annotation. The article is devoted to a comprehensive analysis of the physical factors affecting the safety of various modes of transport: aviation, rail, automobile and marine. The paper examines key physical phenomena such as friction, inertia, centrifugal force and aerodynamics, as well as their impact on the behavior of vehicles in critical situations. In the course of the study, a comparative analysis of the impact of each physical phenomenon on various modes of transport was carried out, the features of their manifestation and consequences for transportation safety were revealed. Based on the analysis, conclusions are drawn about the reliability of transport systems and the need for their further modernization to improve transportation safety is substantiated. Specific recommendations are proposed to improve safety for each type of transport: the introduction of intelligent control systems, the modernization of braking systems, improved monitoring of curves, automation of calculations of maneuvers and other technical solutions. The results of the research can be used in the development of new technical safety standards, modernization of transport infrastructure and improvement of control systems for various modes of transport.

Keywords: transport safety, aviation transport, railway transport, road transport, sea transport, friction, inertia, centrifugal force, aerodynamics.

Введение. В современных условиях развития транспортной отрасли вопросы обеспечения надежности и безопасности транспортных средств приобретают особую актуальность. Надежность транспортного средства представляет собой комплексную характеристику, определяющую его способность выполнять заданные функции с требуемой эффективностью в течение установленного периода времени.

Физические параметры играют ключевую роль в формировании и поддержании надежности транспортных средств. Они включают в себя механические, термические,

электрические и другие характеристики, которые напрямую влияют на работоспособность и долговечность различных систем и узлов. Понимание взаимосвязи между физическими параметрами и надежностью позволяет не только прогнозировать ресурс эксплуатации, но и разрабатывать эффективные методы технического обслуживания и ремонта.

Актуальность исследования физических параметров обусловлена постоянным совершенствованием транспортных технологий, появлением новых материалов и конструктивных решений. В условиях растущих требований к безопасности и эффективности транспортных средств необходимо глубокое понимание того, как различные физические характеристики влияют на их эксплуатационные свойства. Это особенно важно при разработке новых моделей, модернизации существующих транспортных средств и оптимизации процессов их технического обслуживания. Аварии на транспорте приводят к серьезным экономическим и социальным последствиям, что делает анализ физических факторов важнейшим инструментом для выявлений рисков и путей повышения безопасности перевозок.

Цель проведенного исследования: выявить влияние физических параметров на надежность функционирования различных видов транспорта в условиях критических ситуаций.

Задачами исследования являются:

- проанализировать влияние силы трения, инерции, центробежной силы и аэродинамики на поведение транспортных средств в аварийных ситуациях;
- выявить конструктивные особенности, повышающие безопасность каждого вида транспорта;
- оценить степень устойчивости транспортных систем к воздействию внешних физических факторов;
- сделать выводы о надежности форм передвижения и сформулировать предложения по повышению транспортной безопасности.

Объектом исследования являются различные виды транспортных систем. Предметом исследования выступают физические параметры, влияющие на безопасность транспортных средств.

Основная часть. Для выявления ключевых факторов безопасности необходимо совершить анализ различных физических явлений, которые влияют на надежность и устойчивость транспорта.

1. В качестве первого физического явления рассмотрим связь между транспортом и поверхностью, по которой он перемещается. Для этого можно воспользоваться формулой силы трения [1, с. 33]:

$$F_{\text{тр}} = kN, \tag{1}$$

где k – коэффициент трения, N – сила реакции опоры, Н.

При посадке воздушные суда используют фрикционные шасси, однако их эффективность ограничена сцеплением колес с взлетно-посадочной полосой. В сухих условиях оно значительно выше, чем при наличии воды или льда, что увеличивает риск выезда самолета за пределы полосы.

Железнодорожный транспорт характеризуется низким коэффициентом трения k между колесами и рельсами, что снижает сопротивление движению и увеличивает риск проскальзывания колес, особенно во время дождя или обледенения. Для улучшения сцепления используются, так называемые, песочницы, подающие абразивный материал на рельсы, тем самым увеличивая сцепление колес с поверхностью и уменьшая вероятность заноса поезда и потерю управления.

В автомобильном транспорте на коэффициент трения k будет влиять тип и состояние дорожного покрытия, а также внешние факторы-например, погода. Наибольшее сцепление колес с дорогой на сухой, пористой поверхности, а при наличии воды, снега или льда, из-за плохого сцепления, машину может заносить. Именно поэтому зимой необходимо менять резину – это увеличит сцепление и безопасность.

В морском транспорте движение осуществляется в среде с минимальным коэффициентом трения k, что существенно снижает сопротивление и позволяет судам

развивать большую скорость при относительно низких затратах энергии. Однако эта способность приводит к сложностям в маневрировании. А следовательно, и уменьшает безопасность, то есть в случае чего судно не будет иметь возможности «увернуться» от препятствия, столкновение с которым может привести к аварии.

2. Вторым физическим явлением можно рассмотреть инерцию и как она действует на тормозной путь транспорта. Первый закон Ньютона констатирует, что материальная точка продолжает прямолинейное движение с постоянной скоростью до тех пор, пока на нее не подействует внешняя сила [1].

Формула тормозного пути с учетом начальной скорости и ускорения торможения находится по следующей формуле [2]:

$$S = \frac{v_0^2}{2\mu g}, \quad (2)$$

где S – тормозной путь транспорта, м; v_0 – начальная скорость перед торможением, м/с; μ – коэффициент трения; g – ускорение свободного падения (на поверхности земли принято брать 10 м/с^2).

Полагаясь на это, можно проанализировать следующее:

Авиационный транспорт при посадке испытывает значительное инерционное воздействие, для его уменьшения самолеты используют, раннее упомянутые, фрикционные (тормозные) шасси, а также спойлеры, увеличивающие сопротивление воздуха μ. Таким образом, тормозной путь авиационного транспорта можно считать комбинированным.

Поезда имеют огромный вес, что затрудняет эффективное торможение и увеличивает тормозной путь S. Остановка транспорта осуществляется за счет пневматических и электродинамических тормозных систем. Так, в случае аварии поезду может потребоваться несколько километров для полной остановки.

Тормозной путь S автомобиля зависит от начальной скорости торможения v_0, состояния покрытия и работы тормозной системы. Чем выше скорость и меньше сцепление колес с поверхностью, тем больше расстояние, необходимое для полной остановки транспорта.

Суда имеют большую массу и низкое сопротивление воды μ, что приводит к крайне длительному торможению. Обычно для осуществления более быстрой остановки в морском транспорте используется реверс двигателя или якорь.

3. Третье физическое явление, которое может повлиять на исход событий это центробежная сила $F_{цб}$. Она обусловлена третьим законом Ньютона и противоположна центростремительной. Например, центростремительная сила будет приложена к поезду, а центробежная к рельсам, по которым они двигаются [3].

$$F_{цб} = \frac{mv^2}{R}, \quad (3)$$

где m – масса транспортного средства, м; v – скорость движущегося транспорта, м/с; R – радиус кривизны траектории в данной точке, м.

Таким образом, для избежания схода поезда с рельс во время поворота, их укладывают с наклоном (возвышением одного рельса над другим), что компенсирует действие центробежной силы $F_{цб}$.

Авиационный транспорт имеет возможность компенсировать центробежную силу при выполнении поворотов или маневров за счет крена (поворота вокруг продольной оси). Также, изучаемое физическое явление, компенсируется за счет аэродинамических сил, благодаря чему пассажиры не ощущают боковых нагрузок.

В автомобилях центробежная сила $F_{цб}$ может вызвать занос или опрокидывание автомобиля. Обычно для обеспечения устойчивости, как и в случае с поездами, на поворотах дорожное покрытие кладут под углом, дабы снизить боковую нагрузку. Также для ее снижения необходимо использовать шины с высоким сцеплением, уменьшающих риск проскальзывания и повышающие безопасность.

Морской транспорт, имея большую массу, на высокой скорости вынужден выполнять маневры с плавным изменением курса. Также в судоходстве часто применяются боковые стабилизаторы для уменьшения центробежной силы $F_{цб}$.

4. Четвертым физическим явлением, рассматриваемым как фактор влияния на стабильность транспорта является аэродинамическое сопротивление, которое определяется следующим выражением [4]:

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho v^2 A, \quad (4)$$

где F_d – сила аэродинамического сопротивления, Н; C_d – коэффициент лобового сопротивления; ρ – плотность воздуха, кг/м^3; v – скорость движения, м/с; A – лобовая площадь транспортного средства, м^2.

Самолеты полностью зависят от аэродинамических сил, ведь потоки воздуха, за счет специальной формы крыльев, заставляют самолет лететь. Также воздушные потоки могут создавать колебания (так называемую турбулентность), которые компенсируются автоматическими системами стабилизации самолета.

Железнодорожный транспорт должен иметь оптимизированную форму носовой части, то есть уменьшенную лобовую площадь A, чтобы снизить силу воздушного сопротивление F_d, а также, для избежания, так называемого, «туннельного эффекта», когда при въезде в тоннель происходит резкое изменение давлений, вызывающее громкие звуки, похожие на выстрелы, которые получили название аэродинамических ударов.

Автотранспорт имеет обтекаемую форму кузова, то есть небольшую лобовую площадь A, что позволяет снижать аэродинамическое сопротивление. Также уменьшить сопротивление могут такие аэродинамические элементы, как например, спойлер. Он используется для создания прижимной силы, повышая сцепление колес с дорогой.

Сила аэродинамического сопротивления будет оказываться на морской транспорт тогда, когда судно будет двигаться с большой скоростью или иметь высокую надстройку, на которую будет оказывать сопротивление ветер.

В результате анализа факторов, оказывающих значительное влияние на безопасность различных видов транспорта, была составлена таблица 1, классифицирующая проявление физических явлений, как факторов безопасности.

Таблица 1 – Сравнительный анализ влияния физических явлений на транспорт

	Вид транспорта			
Физическое явление	Авиационный	Железнодорожный	Автомобильный	Морской
Трение и сцепление с поверхностью	Только при посадке	Низкое, но контролируемое	Высокое, но изменчивое	В воде, минимальное
Инерция и тормозной путь	Комбинированное торможение	Длинный тормозной путь	Короткий тормозной путь	Очень длинный тормозной путь
Центробежная сила	Влияние на маневренность	Риски на поворотах минимальны	Опасность заноса	Влияние на курс
Аэродинамика	Определяет полет	Существенно на высоких скоростях	Зависит от обтекаемости кузова	Влияет на морской путь

Проведенный анализ безопасности различных видов транспорта позволил выявить существенные различия в уровнях безопасности – каждый из них сталкивается с уникальными техническими и природными ограничениями: авиационный транспорт зависит от аэродинамики и условий посадки, железнодорожный требует контроля за сцеплением и точностью траектории на поворотах, автомобильный транспорт чувствителен к состоянию дорожного покрытия и погодным условиям, а морской транспорт сопротивление и инерция. Эффективное управление физическими параметрами, такими

как трение, инерция, центробежная сила и аэродинамическое сопротивление является ключевым аспектом повышения надежности во всех видах транспортных систем

Заключение. Для повышения транспортной безопасности целесообразно рассмотреть следующие предложения:

- Для автомобильного транспорта рационально внедрение интеллектуальные системы контроля сцепления и торможения, использование сезонных шин с высокими показателями трения и улучшение качества дорожного покрытия с организацией его регулярного контроля;
- Для железнодорожного транспорта требуется повышение эффективности песочниц и автоматических тормозных систем, применение материалов для рельсов, устойчивых к климатическим условиям, а также модернизация мониторинга кривых участков и отслеживания устойчивости состава;
- Для авиационного транспорта оптимальным решением будет развитие системы контроля за взлётно-посадочными полосами, внедрение автоматических технологий компенсации турбулентности, а также повышение чувствительности датчиков торможения при посадке;
- Для морского транспорта необходимо произвести усовершенствование курсовой стабилизации на высоких скоростях, а также автоматизировать расчёты манёвров с учётом внешних нагрузок.

В заключение хочется отметить, что физические явления оказывают разностороннее влияние на функционирование рассматриваемых видов транспорта. Комплексный подход к модернизации инфраструктуры и использование передовых систем управления способствуют повышению надежности транспортных средств и улучшению общей безопасности на транспорте.

Литература

1. Демидченко В.И. Физика : учебник / В.И. Демидченко, И.В. Демидченко. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2023. – 581 с.
2. Фриш, С. Э. Курс общей физики : в 3 т. – Т. 1: Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны : учебник для вузов / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. – 14-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2025. – 472 с.
3. Физика : для студентов направления 35.03.04 «Агрономия (Защита растений)» / Д.В. Лебедев [и др.]; Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – Ч. 1. – 106 с.
4. Лебедев Д.В. Физика: Методические рекомендации для самостоятельной работы обучающихся по направлению подготовки 36.03.02 Зоотехния, направленность «Технология производства продуктов животноводства» / Д.В. Лебедев, Е.А. Рожков; Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – 97 с.

References

1. Demidchenko V.I. Physics : textbook / V. I. Demidchenko, I. V. Demidchenko. – 6th ed., revised and add. – M. : INFRA-M, 2023. – 581 p.
2. Frisch, S. E. Course of general physics : in 3 vol. – Vol. 1: The physical foundations of mechanics. Molecular physics. Vibrations and waves : textbook for universities / S.E. Frish, A.V. Tymoreva. – 14th ed., erased. – SPb. : Lan, 2025. – 472 p.
3. Physics: For students of the direction 35.03.04 «Agronomy (Plant protection)» / D.V. Lebedev [et al.] ; Kuban State Agrarian University named after I.T. Trublin. – Krasnodar : I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, 2020. – Part 1. – 106 p.
4. Lebedev D.V. Physics: Methodological recommendations for independent work of students in the field of training 03/36/02 Animal science, focus on «Technology of production of livestock products» / D.V. Lebedev, E.A. Rozhkov; Kuban State Agrarian University named after I.T. Trublin. – Krasnodar : I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, 2020. – 97 p.