

УДК 656.251

DOI 10.51691/2541-8327_2022_8_1

ЛАЗЕРНЫЙ ИЗВЕЩАТЕЛЬ ПЕШЕХОДОВ КАК БОРТОВОЕ ЛОКОМОТИВНОЕ УСТРОЙСТВО БЕЗОПАСНОСТИ

Роменский Д.Ю.

К.т.н., старший преподаватель

Российский университет транспорта

Москва, Россия

Аннотация

Проблематика непроизводственного травматизма на железнодорожном транспорте достаточно тревожна. Ежегодно на железных дорогах России и других стран получают увечья и гибнут тысячи пешеходов из-за собственной невнимательности. Нередки ситуации, когда локомотивная бригада (машинист и его помощник) видя опасность столкновения с человеком не могут привлечь его внимание существующими средствами (гудком и световыми приборами) чтобы человек покинул опасную зону. Громкий шум, ходьба в наушниках и капюшонах препятствуют тому, чтобы люди видели приближающийся поезд. В статье проанализирована сущность данной проблемы, произведено сравнение возможных путей её решения и предложена концепция нового устройства на основе лазерных технологий, призванного стать дополнительным средством привлечения внимания невнимательных пешеходов при риске наезда поезда на них.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, безопасность, пешеход, сигналы, лазерные технологии, лазер, локомотив

LASER PEDESTRIAN EMITTER AS AN ONBOARD LOCOMOTIVE SAFETY DEVICE

Romenskiy D.Y.

PhD, senior lecturer

Russian University of Transport

Moscow, Russia

Abstract

The problem of non work-related injuries in railway transport is quite alarming. Every year, thousands of pedestrians are injured and lose their lives on the railways of Russia and other countries due to their own carelessness. There are frequent situations when the train crew (the driver and his assistant), seeing the danger of a collision with a person, cannot attract their attention by existing means (beep and lighting devices) so that the person leaves the danger zone. Loud noise, wearing headphones and hoods prevent people from seeing the approaching train. The article analyzes the essence of this problem, compares possible ways to solve it, and proposes the concept of a new device based on laser technology, designed to become an additional means of attracting the attention of inattentive pedestrians at the risk of a train hitting them.

Keywords: rail transport, safety, pedestrian, signals, laser technology, laser, locomotive

Общеизвестно, что железнодорожный транспорт является зоной повышенной опасности. Большие габариты и масса подвижного состава вкупе с большим тормозным путём поездов делают любое столкновение с пешеходом или автомобилем фатальным. Статистика производственного и непроизводственного травматизма на железнодорожном транспорте, несмотря на чётко прослеживающийся тренд улучшения [1-5], всё равно остаётся тревожной. Ежедневно, только в Центральной части России на железной дороге

гибнет 3-4 человека, ещё два-три получают травмы, в основном тяжёлые. При этом по всей сети ОАО «РЖД» за 2019 год травмировано 2251 человека из которых 1546 погибли. Представителями железных дорог – филиалов ОАО «РЖД» называются одни и те же причины, стоящие в основе этих цифр – невнимательность пешеходов (в т.ч. нетрезвых) на оборудованных и необорудованных переходах, нахождение на путях безбилетников в районе остановочных пунктов пригородных поездов и пресловутый «зацепинг» [6-7].

В производственном травматизме среди работников железнодорожного транспорта причиной несчастных случаев наезда поездов на людей, как правило, называется грубое нарушение правил техники безопасности. Число наездов подвижного состава на работников служб ОАО «РЖД» составляет около 50 в год, из которых примерно 10-15 смертельные. В зоне риска находятся работники дирекций инфраструктуры, тяги и движения, работа которых связана с выходом на пути станций и перегонов.

В вопросе безопасности железнодорожного транспорта особняком стоит ситуация на регулируемых и нерегулируемых переездах. За год происходит около 200-300 случаев столкновений автомобилей с железнодорожным подвижным составом. 95% этих случаев происходят по вине водителей, пренебрегающих правилами дорожного движения на переездах. Очагами аварийности являются нерегулируемые переезды, но ввиду их огромного количества, даже предпринимаемые масштабные меры по их ликвидации, приводят к медленному улучшению ситуации.

Инциденты с пешеходами, которые происходят без ведома локомотивной бригады могут быть только предотвращены заранее путём физического отделения железнодорожных путей от окружающих территорий, и не могут быть предотвращены в момент возникновения опасной ситуации. С другой стороны, в тех несчастных случаях, когда локомотивная бригада успевает заметить человека или автомобиль в потенциально опасной ситуации, на реакцию и принятие решения у машиниста есть несколько секунд, за которые машинист с

помощником должны действовать в соответствии с инструкциями чтобы минимизировать потенциальный ущерб как для поезда, так и для себя. Если пешеход, водитель автомобиля или работник железнодорожного транспорта не видит и не слышит приближения поезда (в том числе подаваемых звуковых сигналов), то работники локомотивной бригады не в силах повлиять на ситуацию и только вынуждены наблюдать как ведомый ими поезд травмирует людей. В зависимости от складывающейся обстановки, места возникновения опасной ситуации и возможной тяжести последствий, машинист и его помощник имеют небогатый выбор действий:

- подача звукового сигнала свистком или тифоном для предупреждения;
- срыв экстренного торможения и покидание кабины при риске столкновения с тяжёлым транспортным средством;
- отсутствие реакции в случае исчезновения опасной ситуации.

Не секрет, что тормозной путь любого поезда, движущегося на установленной скорости составляет несколько сотен метров. По этой причине даже срыв экстренного торможения не всегда спасает от беды, так как поезд продолжит движение по инерции даже после столкновения.

Рассмотрим типичные ситуации, где локомотивная бригада наблюдает за развитием опасной ситуации, но уже не в силах её предотвратить (рисунок 1). На приведенной иллюстрации даны кадры из реальных случаев, заснятых и опубликованных в сети интернет. От момента, когда члены локомотивной бригады замечают пешехода и подают звуковой сигнал и до момента потенциального столкновения проходит около 5 секунд. Эти случаи являются очень типичным для наездов на пешеходов на оборудованных местах пересечения железнодорожных путей.

Безусловно, пешеходами нарушены правила безопасности поведения на железнодорожном транспорте, и это целиком их вина, но от этого не уменьшается степень ущерба и трагичность ситуации для всех её участников. Помимо тяжёлых травм или гибели под поездом самого нарушителя, любая

остановка поезда из-за срыва экстренного торможения – это стресс для машиниста, даже если удалось избежать наезда в последний момент.



Рисунок 1 – Развитие типичных ситуаций заснятых на видео (фрагменты видео^{1 2 3})

В случае если наезда или столкновения с автомобилем избежать не удалось, ОАО «РЖД» несет ряд косвенных и прямых убытков, таких как:

- выбытие локомотивной бригады на время психологической реабилитации, а, следовательно, увеличение потребности в локомотивных бригадах;
- прямые затраты на ликвидацию последствий столкновений в виде восстановления объектов инфраструктуры, ремонт или списание подвижного состава, выплата компенсаций пострадавшим сотрудникам компании, выплата компенсаций грузоотправителям и пассажирам;
- срыв графика движения, выражающийся в снижении пропускной способности линий и упущенной выгоде перевозчика;

¹ Видеорегистратор снял, как студентка умерла под колесами поезда // Телеканал НТВ URL: <https://www.ntv.ru/novosti/571650/> (дата обращения: 01.08.2022).

² Every near miss has an impact - Rail Safety Week 2019 // Видеохостинг Youtube URL: <https://www.youtube.com/watch?v=5WjJVuYRcSU> (дата обращения: 01.08.2022).

³ Cuando la muerte aun no llega // Видеохостинг Youtube URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jBk8c4e6Xz0> (дата обращения: 01.08.2022).

- прямые затраты на торможение и разгон поезда, выражающиеся в перерасходе электроэнергии или топлива, износе тормозных систем и общей амортизации подвижного состава;

- отвлечение от прочих обязанностей работников служб ОАО «РЖД» на расследование и устранение последствий несчастных случаев;

- репутационные убытки ОАО «РЖД» как владельца небезопасной инфраструктуры;

- возмещение морального вреда пострадавшим или их наследникам, если была доказана прямая или косвенная вина ОАО «РЖД» как работодателя или владельца железнодорожной инфраструктуры.

Среди случаев наездов подвижного состава на пешеходов можно выделить ряд распространённых причин невнимательности людей, из-за которых подобные опасные ситуации имеют место быть:

- шум или ограничение обзора от встречного поезда, проезжающих автомобилей или работающей путевой техники;

- хождение по путям в наушниках, капюшонах;

- отвлечённость, расслабленность из-за привычки ежедневно переходить пути в одном и том же месте;

- движение поезда по неправильному пути или в нестандартном направлении, например, на участках с левосторонним движением или на многопутных участках;

- непривычно быстрое для пешехода, водителя или работника движение поезда и неправильная оценка его скорости;

- алкогольное или наркотическое опьянение, вызывающее неадекватную оценку ситуации и заторможенную реакцию.

Объединяет эти случаи одно – возможность предотвращения трагедии в случае привлечения внимания пешехода в условиях того, что он не слышит гудок, его взгляд не направлен в сторону поезда или же он недооценил опасность ситуации. Другими словами, задача состоит в том, чтобы невнимательный

человек направил свой взгляд на приближающийся поезд и немедленно покинул габарит движения подвижного состава. Необходимо найти относительно безопасный для здоровья пешехода способ воздействия на его сознание в короткий временной промежуток (не дольше 2 секунд), на расстоянии от 50 до 300м и на скорости движения поезда от 25 до 160 км/ч (рисунок 2).



Рисунок 2 – Основные параметры потенциально опасной ситуации
(авторская иллюстрация)

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать основные требования к перспективному устройству извещения пешеходов (далее – УИП), которое призвано быть последним способом избежать столкновения:

1. **Компактность.** УИП должен иметь такие массо-габаритные параметры, которые позволяют разместить его на головной части локомотива или электропоезда без влияния на аэродинамику или габарит подвижного состава как снаружи так и внутри кабины при размещении на подвижном составе. При размещении в стационарном исполнении устройство не должно загромождать обзор.

2. **Быстрота срабатывания.** От момента принятия решения машинистом или его помощником о подаче сигнала и до момента приведения его в действие должно пройти не более 2-3 секунд, то есть срабатывание (с учётом времени реакции) должно происходить моментально после нажатия на соответствующую кнопку в ручном режиме. Возможность автоматического

срабатывания также может рассматриваться в увязке с применением средств искусственного интеллекта или автоматики.

3. **Видимость в дневном свете.** Параметры УИП должны подбираться таким образом, сигнал для пешехода был виден/слышен в дневном свете и при любой погоде, а также в условиях акустического и визуального шума и ассоциировался с опасностью.

4. **Минимизация вредного воздействия на пешехода.** Параметры УИП должны отвечать требованию отсутствия вредного воздействия на органы чувств людей при кратковременном воздействии во избежание травмирования.

5. **Дальность действия устройства не должна быть бесконечной.** Параметры УИП подбираются таким образом, чтобы максимальный радиус его действия не превышал 500-800 метров (определяется опытным путём).

Возможны различные вариации оказания воздействия на пешехода, находящегося на удалении от поезда. Способы привлечения его внимания отличаются воздействием на различные органы чувств и техническим исполнением (сложностью). Каждый из потенциальных вариантов имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 1 представлено сравнение возможных технических решений реализации бортового или стационарного УИП.

К сравнению принимались известные способы взаимодействия с пешеходами, такие как стационарные устройства, световые прожекторы на подвижном составе, звуковые сигналы, направленные звуковые лучи и направленные лазерные лучи. Анализ возможности применения любых стационарных средств извещения показывает их недостаточную эффективность в условиях необорудованности железнодорожных линий ограждениями и низкой культуры нахождения посторонних на железнодорожной инфраструктуре. Стационарные средства имеют перспективы только в местах концентрации пешеходных потоков.

Применение отличных от применяемых световых и звуковых сигналов на подвижном составе заведомо более перспективно чем стационарные средства,

однако главная проблема их низкой эффективности в условиях шумового и визуального загрязнения должна решаться кардинально.

Автору не известны способы безопасной адаптации направленных звуковых сигналов, способных привлечь внимание пешехода к движущемуся поезду и при этом обладать приемлемыми массо-габаритными и стоимостными характеристиками, поэтому вариант с направленным звуковым лучом не рассматривался как перспективный

Как видно из таблицы, для привлечения внимания невнимательных пешеходов в условиях магистральных железных дорог наиболее перспективным вариантом реализации УИП является применение пучка лазерных лучей, который будет заметен для пешехода как в светлое, так и в тёмное время суток. Подобрать параметры устройства можно достичь оптимального соотношения эффективности, размеров и стоимости устройства.

Таблица 1 – Сравнение вариантов реализации УИП

Вариант исполнения	Орган чувств	Направленность	Преимущества	Недостатки	Негативные воздействия	Итог
Стационарные извещатели,, сигнализация, датчики движения, шлагбаумы	Зрение, слух	Малый радиус воздействия непосредственно в месте перехода/переезда	Высокая вероятность предотвращения наезда благодаря полному покрытию инфраструктуры датчиками	Необходимость оснащения всей железнодорожной инфраструктуры дорожными стационарным оборудованием	Шум. Может быть локализован в месте возникновения тревоги	В условиях магистральных железных дорог – невозможность оснащения 100% инфраструктуры. Целесообразность в условиях ВСМ.
Световое извещение прожектором поезда и/или сигналами светофора	Зрение	Использование прожектора прямо по ходу движения поезда и/или сигналов светофора в конкретном пересечении (переходе, переезде)	Привлечение внимания только людей, находящихся прямо по ходу движения поезда. Простота эксплуатации и использование отработанных технических решений	Невидимость света прожектора в дневное время. Невыполнение задачи привлечения внимания невнимательных пешеходов	Только при долгом попадании в глаза	Бессмысленность использования световых сигналов в дневное время
Звуковая индикация (гудок, сифон)	Слух	Во все стороны	Простота эксплуатации и использование отработанных технических решений	Необходимость соблюдения санитарных норм, бессмысленность при наличии других источников шума. Потеря некоторого времени на приведение устройства в действие	Создание шумового загрязнения	Ограничение сферы применения в существующих условиях. Теоретически возможна разработка более мощных звуковых сигналов для критических ситуаций
Направленный звуковой луч (конверсия военной разработки)	Слух, вестибулярный аппарат	На направлении работы устройства (по ходу движения поезда)	Привлечение внимания только людей, находящихся прямо по ходу движения поезда	Сложность, дороговизна и массивность конструкции. Отсутствие гарантии того что человек правильно ориентируется с местом возникновения шума	Влияние на психическое здоровье при длительном воздействии	Несмотря на кажущуюся перспективность данного направления исследований, применение направленного звукового луча
Направленный лазерный луч	Зрение	На направлении работы устройства (по ходу движения поезда)	Привлечение внимания только людей, находящихся прямо по ходу движения поезда	Некоторая вероятность плохой видимости луча в дневном свете	Воздействия на зрение могут быть устранены полностью	Использование пучка лазерных лучей с определёнными параметрами является наиболее перспективным

В рамках исследования предложена гипотеза возможного использования УИП на основе лазерного излучателя при встраивании его в инструкцию для локомотивной бригады по подаче звуковых сигналов (рисунок 3) как нового средства безопасности.

Принцип действия

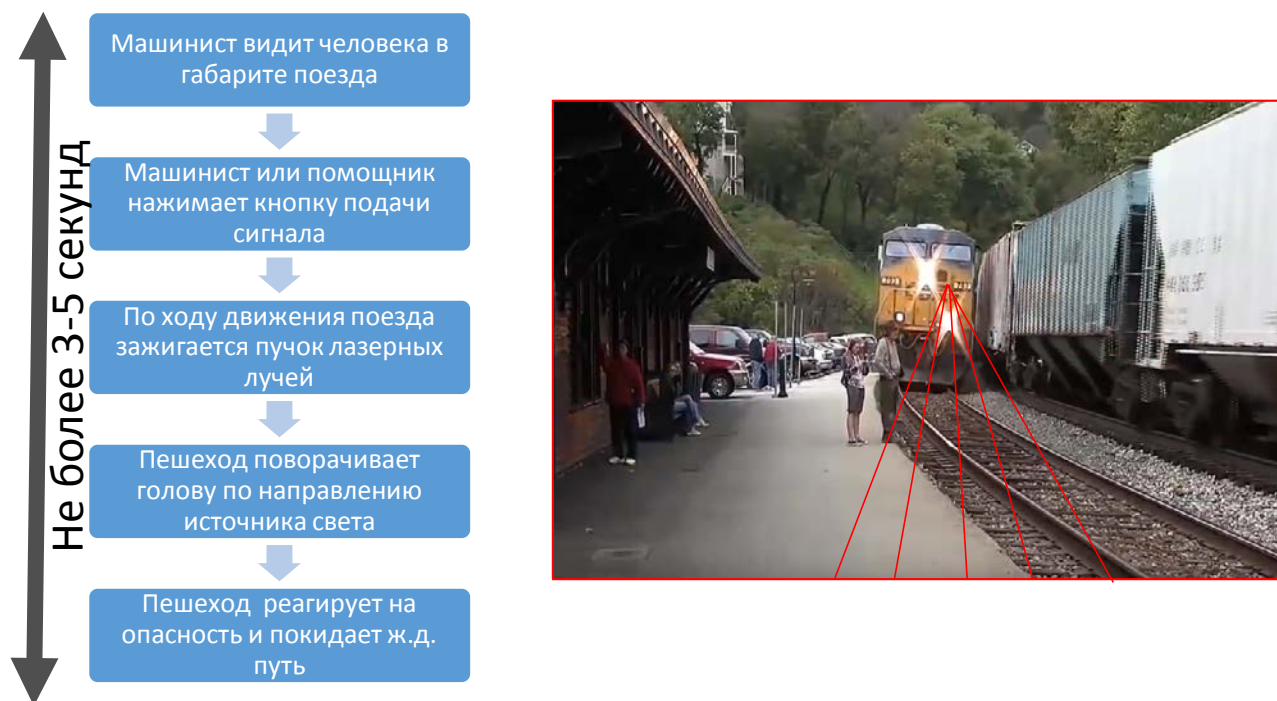


Рисунок 3 – Принцип действия УИП как локомотивного средства безопасности

Дальнейшая проработка облика устройства и выбор окончательного формата его включения, равно как и оценка его эффективности перед тиражированием на железных дорогах не только России, но и других стран, связаны с решением ряда технических вопросов по выбору форм-фактора устройства, варианта электропитания, способа приведения в действие, размещения на подвижном составе и технологии генерации лазерного луча.

В УИП невозможно использовать лазерные указки из массового сегмента по ряду причин:

- необходим цикл испытаний для подбора оптимального цвета и мощности лазерного луча;
- обычные лазерные указки не видны в дневном свете;

- необходима разработка спекл-подавителя для того, чтобы сделать устройство безопасным для глаз пешеходов.

Вывод

Предложенный концепт устройства извещения пешеходов является базой для дальнейших исследований в данной области. Актуальность проблемы, вызванная большим числом трагических случаев, которые можно было предотвратить в последний момент подтверждается статистикой случаев наездов на пешеходов. При подтверждении всех высказанных выше гипотез на этапе экспериментов, данное устройство может стать эффективным средством предотвращения множества подобных случаев травмирования и гибели пешеходов, а также работников железнодорожного транспорта.

Библиографический список:

1. Климова, Д. В. Анализ и оценка непроизводительного травматизма на железнодорожных переходах и переездах в России и зарубежом / Д. В. Климова, В. В. Астахов, В. А. Аксенов // Проблемы безопасности российского общества. – 2021. – № 1(33). – С. 43-54. – EDN WPSDWQ.
2. Исследование проблемы травмирования граждан на инфраструктуре железнодорожного транспорта / Л. В. Птушкина, В. И. Жуков, А. М. Завьялов [и др.] // Проблемы безопасности российского общества. – 2017. – № 1. – С. 81-88. – EDN WBXVAT.
3. Обеспечение безопасности в местах организованного перехода через железнодорожные пути / В. М. Пономарев, А. В. Волков, О. И. Грибков [и др.] // Проблемы безопасности российского общества. – 2019. – № 2. – С. 68-73. – EDN PTCSGJ.
4. Боброва, О. Е. Проблемы организации предупреждения непроизводительного травматизма на объектах железнодорожного транспорта / О. Е. Боброва, К. А. Суковатый // Правопорядок в современном мире: актуальные проблемы обеспечения и охраны : сборник научных трудов. – Хабаровск :

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 24-29. – EDN WIEWIP.

5. Бик-Мухаметова, О. И. Анализ причин травматизма граждан на железнодорожном транспорте Республики Беларусь / О. И. Бик-Мухаметова, М. Ю. Страдомский, А. Д. Аксенова // Тихомировские чтения: Синергия технологии перевозочного процесса : Материалы Международной научно-практической конференции, Гомель, 10–11 декабря 2020 года / Под общей редакцией А.А. Ерофеева. – Гомель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта", 2021. – С. 64-69. – EDN DNCDLP.

6. Вакуленко, С. П. Разработка предложений по обустройству одноуровневых пешеходных переходов через железнодорожные пути на участках с интенсивным движением поездов / С. П. Вакуленко, Д. Ю. Роменский, Л. Р. Айсина // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 4(82). – С. 44-51. – EDN LXFTGO.

7. Сравнительный анализ методик контроля оплаты проезда в пригородных поездах / К. А. Калинин, П. А. Кузин, Е. П. Прошутинский, А. А. Бакин // Экономика железных дорог. – 2020. – № 7. – С. 64-72. – EDN OHCBRZ.

Оригинальность 84%