

УДК 656.259.9

DOI: 10.46548/21vek-2022-1157-0019

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

© 2022

Ведерникова Анастасия Юрьевна, магистрант
Нарусова Елена Юрьевна, кандидат технических наук, доцент
Стручалин Владимир Гайозович, кандидат технических наук, доцент
Ковусов Азим Байрамович, аспирант
кафедра «Управление безопасностью в техносфере»
Российский университет транспорта
(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9,

e-mails: nastya98koteneva@gmail.com, e.narusova@ubt-rut-miit.ru, v.struchalin@ubt-rut-miit.ru, kovusov@rambler.ru)

Аннотация. Пересечения железной дороги с другими транспортными путями являются местом потенциальной опасности аварий. По статистическим данным на переездах происходят катастрофы, обусловленные не только техническими причинами, но и поведением участников движения. Расследования происшествий показывают, что инциденты, приводящие к травмам и даже гибели людей характерны не только для нерегулируемых пешеходных переходов, но и для специально оборудованных светофорной сигнализацией мест пересечения. Статья посвящена вопросу оценки возможности возникновения опасной ситуации при пересечении железнодорожных путей пешеходами. Проведен анализ поведения людей и принятия ими решений на пешеходных переходах, оборудованных светофорной сигнализацией. Выполненные исследования направлены на разработку рекомендаций по совершенствованию оборудования мест организованного перехода людей через железнодорожные пути с целью снижения риска возникновения аварийной ситуации.

Ключевые слова: пешеходный переход, железнодорожные пути, светофорная сигнализация, оценка риска, психология поведения пешеходов, принятие решения.

ASSESSMENT OF THE RISK OF A DANGEROUS SITUATION WHEN CROSSING RAILWAY TRACKS

© 2022

Vedernikova Anastasya Yurievna, magistant
Narusova Elena Yurievna, candidate of technical sciences, associate professor
Struchalin Vladimir Gaiozovich, candidate of technical sciences, associate professor
Kovusov Azim Bayramovich, graduate student
«Management of safety in a technosphere»
Russian University of Transport
(127994, Russia, Moscow, Obratsov St. 9, building 9,

e-mails: nastya98koteneva@gmail.com, e.narusova@ubt-rut-miit.ru, v.struchalin@ubt-rut-miit.ru, kovusov@rambler.ru)

Abstract. Railway intersections with other transport routes are a place of potential danger of accidents. Statistics show that accidents occur at crossings caused not only by technical reasons, but also by the behavior of road users. Accident investigations show that incidents leading to injuries and even death of people are typical not only for unregulated pedestrian crossings, but also for specially equipped traffic light signaling crossing points. The article is devoted to the issue of assessing the possibility of a dangerous situation when crossing railway tracks by pedestrians. The analysis of the behavior of people and their decision-making at pedestrian crossings equipped with traffic lights is carried out. The research carried out is aimed at developing recommendations for improving the equipment of places where people cross railway tracks in an organized manner in order to reduce the risk of an emergency.

Keywords: pedestrian crossing, railway tracks, traffic light signaling, risk assessment, psychology of pedestrian behavior, decision-making.

Введение. Сеть железных дорог Российской Федерации охватывает огромную территорию. Исторически пересечения транспортных путей организовывались преимущественно в одном уровне. Пересечение железнодорожных путей в одном уровне является потенциально опасной ситуацией, поэтому в условиях интенсивного движения, особенно в пределах жилой застройки и соседства промышленных зон, организация этого процесса требует учета всех обстоятельств. Наилучшим решением проблемы является развитие транспортной инфраструктуры, строительство искусственных сооружений и организация разноуровневых

переходов, но по очевидным причинам это не всегда возможно. В связи с этим необходимо учитывать, что множество пересечений с небольшими дорогами долгое время будет оставаться одноуровневым. Решение проблемы несчастных случаев при пересечении железнодорожных путей пешеходами требует разработки технических решений, учитывающих особенности поведения пешеходов в различных ситуациях.

Следует отметить, что если в случае с транспортным потоком ситуацию можно взять под контроль с помощью технических средств, то в случае пересечения железной дороги пешеходами это сделать доста-

точно сложно. При отсутствии ограждения на всем протяжении железной дороги практически невозможно воспрепятствовать образованию стихийного пешеходного перехода, который должен быть выявлен и оборудован в соответствии с требованиями [1]. Большое количество исследований посвящено вопросам безопасности на железнодорожных пешеходных переходах, разработкам концепции, устройств, приспособлений, обеспечивающих надежность его работы [2-7]. Отдельную группу представляют разработки устройств, обеспечивающих безопасность работников в зоне движения поездов [8-10]. Однако, несмотря на предпринимаемые усилия, инциденты, связанные с наездом подвижного состава на работников и пешеходов, продолжают регулярно происходить. Развитие высокоскоростного движения приводит к тому, что промежуток времени от появления подвижного состава в зоне видимости до достижения им места перехода значительно сокращается по сравнению с временем при обычных скоростях. В этом одна из причин ошибок пешеходов в оценке необходимого времени для безопасного перехода, особенно в случае привычного следования по известному маршруту. Таким образом, осуществление перехода железнодорожного пути, руководствуясь сигналами светофора, становится единственной гарантией безопасности.

Оценка риска события опасной ситуации на пешеходном переходе является актуальной задачей, для решения которой необходимо идентифицировать риск, проанализировать его и провести сравнительную оценку. Оценим риск опасной ситуации на пешеходном переходе, оборудованном светофорной сигнализацией.

Материалы и результаты исследования. В первом приближении модель возникновения опасной ситуации при пересечении железнодорожных путей на переходе, оборудованном светофорной сигнализацией, может быть описана следующим выражением:

$$P_{ос\ пер} = P_n P_{\lambda} P(J_2 / \Pi_2) P(t_{пер} > t_{прибл}), \quad (1)$$

где P_n – вероятность появления поезда на участке приближения к пешеходному переходу;

P_{λ} – вероятность ожидания пешеходом возможности для перехода через железнодорожные пути;

$P(J/\Pi)$ – условная вероятность того, что пешеход будет переходить через железнодорожные пути на запрещающее показание светофора пешеходного перехода;

$P(t_{пер} > t_{прибл})$ – вероятность того, что пешеход не успеет перейти железнодорожный путь перед приближающимся поездом.

Для дальнейшего совершенствования моделей безопасности в зонах перехода через железнодорожные пути необходимы дополнительные исследования, устанавливающие закономерности изменения времени перехода через пути, безопасного расстояния до поезда в зависимости от скорости. Кроме того, адекватное моделирование безопасности невозможно без изучения и учета психологии и мотивации поведения человека в зоне движения поездов.

Формула (1) отражает ситуацию, когда переход начинается на красный сигнал светофора. Принятие решения о возможности перехода зависит от нескольких факторов: мотивации к нарушению требований перехода железнодорожного пути; времени ожидания разрешающего сигнала пешеходного светофора; видимости приближающегося подвижного состава; индивидуальной склонности к риску.

Для изучения поведения пешеходов при принятии решения о переходе железнодорожных путей при запрещающем сигнале светофора было проведено экспертное исследование. Причем, в качестве дополнительного обстоятельства, существенного в подобной ситуации, было предложено отсутствие или наличие запаса времени.

Опрашиваемым предлагалось ответить на вопрос, через какой промежуток времени они начнут переходить железнодорожные пути по пешеходному переходу при запрещающем сигнале светофора в двух случаях: если они ощущают дефицит времени или обладают достаточным его запасом. При этом не принимались во внимание принадлежность опрашиваемых к различным возрастным или другим группам, психологические типы их личности и т.п.

Распределение ответов экспертов в случае отсутствия запаса времени показаны в виде диаграммы на рисунке 1.

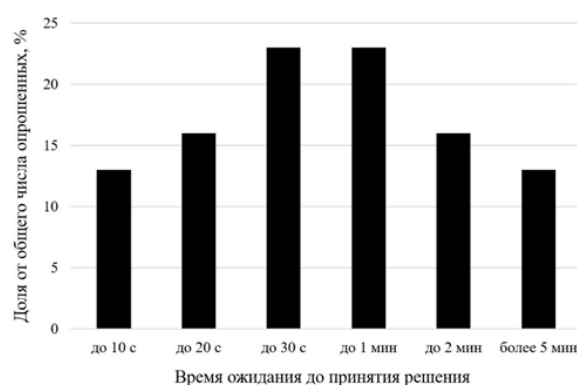


Рисунок 1 – Распределение времени до перехода при запрещающем сигнале при отсутствии запаса времени

Более половины опрашиваемых заявили, что при отсутствии запаса времени они начнут движение через железнодорожные пути примерно после 30с ожидания, если не увидят движущегося поезда. Другими словами, запрещающий сигнал светофора не является для этой группы людей достаточным основанием отказа от опасного поведения. При этом представителями этой группы совершенно не принимается во внимание факт, что запрещающий сигнал светофора всегда включается более, чем за 1 минуту (до 5 минут) до проследования поезда, поэтому ожидание в течение 30с совершенно неэффективно для обеспечения их безопасности. Полученный результат можно представить как функцию распределения вероятности перехода пешеходом железнодорожного пути при запрещающем сигнале светофора от времени ожидания на переходе (рис. 2).

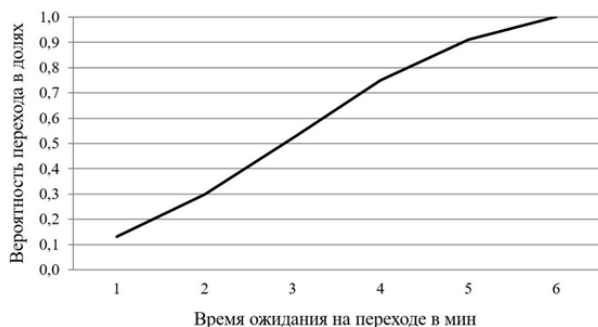


Рисунок 2 – Функция распределения времени до перехода при запрещающем сигнале при отсутствии запаса времени

Анализ ответов показал также, что решение о пересечении железнодорожных путей в случае подхода к пешеходному переходу при уже горящем красном сигнале светофора не зависит от этого обстоятельства и принимается так же, как в случае, если бы пешеход находился у перехода в момент его включения.

Ответы на вопрос о поведении в ситуации отсутствия дефицита времени показали, что опрошиваемые примут совершенно другое решение. Менее 10% начнут движение через железнодорожные пути через 30с после включения запрещающего сигнала светофора. Распределение ответов в этом случае показаны в виде диаграммы на рисунке 3.

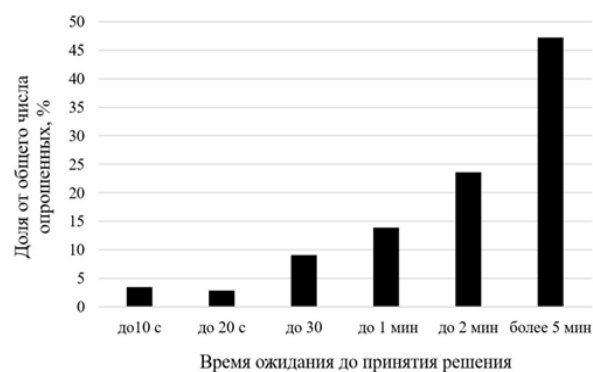


Рисунок 3 – Распределение времени до перехода при запрещающем сигнале при наличии запаса времени

Однако нельзя не отметить наличие небольшой группы, представители которой будут переходить пути менее, чем через 10с, то есть почти не задумываясь и не анализируя опасность, несмотря на запрещающий сигнал светофора даже при наличии запаса времени. Очевидно, такой результат свидетельствует, что принятие решения о совершении опасного поступка для определенной группы людей зависит не от внешних обстоятельств, а от особенностей личности. Поэтому, несмотря на предпринимаемые усилия по совершенствованию систем безопасности и оборудования, при наличии физической возможности нарушения правил сохраняется вероятность трагических происшествий с участием пешеходов.

Для решения задачи определения вероятности перехода используем один из методов статистического моделирования - метод Монте – Карло [11,12].

Данный метод, как известно, предполагает на-

копление данных статистики по результатам серии независимых генераций случайной величины. Будем использовать типовой, встроенный в компьютер датчик случайных величин, равномерно распределенных в интервале 0-1.

В программе *Excel* обращение к этому датчику задается командой *СЛЧИС*, после выполнения которой мы получаем число в интервале 0-1 – это так называемое рандомизированное случайное число *RND*. Для генерации интервалов от 0 до 5 мин воспользуемся формулой: $X = 5 \cdot RND$.

Аналогичным образом мы поступим при моделировании ситуации в условиях наличия необходимого запаса времени (рис. 4).

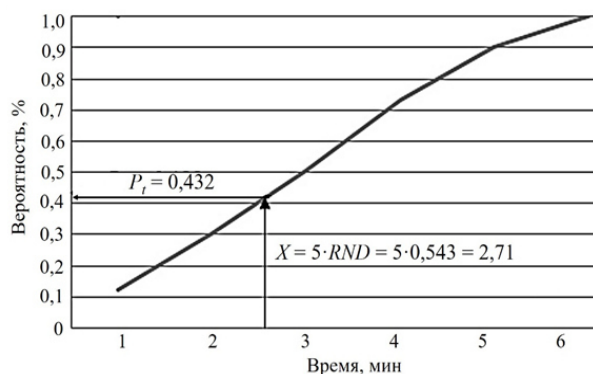


Рисунок 4 – Функция распределения времени ожидания при наличии запаса времени

Следует отметить, что исследование проводилось только для ситуаций, связанных с наличием или отсутствием дефицита времени. Однако необходимо учитывать, что в одних и тех же условиях принятие решения о действии, связанном с определенной долей риска, будет зависеть от психологических особенностей различных групп лиц [13-19].

Исследования, связанные с безопасностью на пешеходных переходах не только железнодорожных путей, но и автомобильных дорог, показывают, что несчастные случаи при пересечении пешеходами транспортных путей связаны не только с организацией движения и техническими решениями, но и с особенностями поведения, которые необходимо учитывать при решении этой проблемы [20].

Закключение. Математическое моделирование возникновения опасных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта является актуальной задачей, имеющей практическое значение для обеспечения достаточной точности оценки рисков от наездов подвижного состава. С помощью моделирования можно оценить риски опасных событий при пересечении железнодорожных путей в месте пешеходных переходов, а также эффективность мероприятий по совершенствованию систем сигнализации еще на стадии разработки.

В работе показана необходимость учета психологических особенностей поведения человека в опасных зонах при разработке моделей оценки опасных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волков А.В., Грибков О.И., Потапов П.Н. «Психология поведения граждан при переходе через железнодорожные пути в зоне организованного пешеходного перехода». Актуальные проблемы социально-экологической и экономической безопасности Поволжского региона. Сборник материалов V международной научно-практической конференции. Казанский филиал МИИТ Казань 2013 г.
2. Тарасова, А.Е. Повышение пропускной способности и безопасности на переездах совершенствованием алгоритма функционирования АПС / А.Е. Тарасова // Дни студенческой науки : Сборник материалов 46-ой научной конференции обучающихся Самарского государственного университета путей сообщения. В трех томах, Самара, 02–25 апреля 2019 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 115-117.
3. Тарасова, А.Е. Разработка концепции автоматизированной системы управления предупредительно-оповестительной сигнализацией на пешеходных переходах / А.Е. Тарасова, А.Г. Исaiчева // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития : материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и старшекласников: в 3 частях, Самара-Оренбург, 05 апреля 2017 года. – Самара-Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2017. – С. 131-132.
4. Правила нахождения граждан и размещения объектов в зонах повышенной опасности, выполнения в этих зонах работ, проезда и прохода через железнодорожные пути. – М. : Минтранс РФ, 2007. – 5 с.
5. Исaiчева, А.Г. Безопасность на железнодорожных пешеходных переходах / А.Г. Исaiчева, А.Е. Тарасова // Вестник СамГУПС. – 2016. – № 1(31). – С. 24-28.
6. Устройство оповещения граждан на пешеходном переходе через железнодорожные пути о приближении подвижного состава. Волков А.В., Грибков О.И., Пономарев В.М., Потапов П.Н. Патент на изобретение RU 2538309 C1, 10.01.2015. Заявка № 2013151644/08 от 21.11.2013.
7. Устройство оповещения граждан на пешеходном переходе через железнодорожные пути о приближении подвижного состава. Волков А.В., Грибков О.И. В сборнике: Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности поволжского региона. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Казанский филиал МИИТ. 2015. С. 160-164
8. Патент № 2284939 C1 Российская Федерация, МПК B61L 29/00. Устройство для предупреждения аварийных ситуаций на железнодорожных переездах : № 2005110388/11 : заявл. 12.04.2005 : опубл. 10.10.2006 / М. А. Шевандин, А. М. Анненков, В. И. Жуков [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ).
9. Волков, А. В. Обеспечение безопасности работников железнодорожного транспорта на пешеходных служебных маршрутах / А.В. Волков, О.И. Грибков, Д.А. Прокопенко // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2012. – Т. 2. – № 1. – С. 152-155.
10. Стручалин, В.Г. Моделирование формирования экспертных требований к средствам оповещения для обеспечения безопасности работ на железнодорожных путях / В.Г. Стручалин, Е. Ю. Нарусова, В.Ю. Навценя // Качество. Инновации. Образование. – 2021. – № 2(172). – С. 48-55. – DOI 10.31145/1999-513x-2021-2-48-55.
11. A.N. Metropolis and S. Ulam, "The Monte Carlo Method," Journal of the American Statistical Association, Vol. 44, No. 247, 1949, pp. 335-341. doi:10.1080/01621459.1949.10483310
12. Раменская, А.В. Метод Монте-Карло и инструментальные средства его реализации : методические указания / А.В. Раменская, К.В. Пивоварова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 58 с.
13. Ильин Е.П. Психология риска / Е.П. Ильин. – Санкт-Петербург : Питер, 2012. – 288 с. – ISBN 978-5-459-00880-7.
14. Бунас А.А. Личностно-психологические предикторы склонности к рискованному поведению / А.А. Бунас // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2013. – № 2. – С. 5-8.
15. Миняхина К.А. Теоретико-методологический анализ феномена склонности к риску у работников экстремального профиля / К.А. Миняхина, А.А. Кузнецова // Психология здоровья и болезни: клинико-психологический подход : Материалы IX Всероссийской конференции с международным участием., Курск, 21–22 ноября 2019 года / Под редакцией П.В. Ткаченко. – Курск: Курский государственный медицинский университет, 2019. – С. 209-213.
16. Миняхина К.А. Склонность к риску как объект современных психологических исследований: теоретико-методологический анализ / К.А. Миняхина, А.А. Кузнецова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Лингвистика и педагогика. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 199-212.
17. Сухорукова, М.Г. Психологический профиль подростка, склонного к риску / М.Г. Сухорукова // Современная реальность в социально-психологическом контексте : сборник научных материалов, Новосибирск, 28 февраля – 01 марта 2018 года / под научной редакцией О.А. Белобрыкиной, М.И. Кошеновой; Министерство образования и науки РФ; Новосибирский государственный педагогический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный педагогический университет, 2018. – С. 168-174.
18. Кленова М.А. Структура представлений о риске у представителей разных поколений / М.А. Кленова // Альманах современной науки и образования. – 2010. – № 8. – С. 105-109.
19. Bocharova, E.E. International Scientific Conference "Strakhov Readings - 2019: Positive Psychology of Personality and Group" / E.E. Bocharova, M.A. Klenova // Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Educational Acmeology. Developmental Psychology. – 2019. – Vol. 8. – No 4. – P. 385-386. – DOI 10.18500/2304-9790-2019-8-4-385-386.
20. Чикалин, Е.Н. Современные технологии повышения безопасности дорожного движения / Е.Н. Чикалин, В.К. Чикалина // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 274-278.

Статья поступила в редакцию 29.12.2021

Статья принята к публикации 10.03.2022