

УДК 656.2.08:625.162.7

С. Н. КАРАСЕВИЧ, аспирант, Белорусский национальный технический университет, г. Минск

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПЕРЕЕЗДНОГО ОБУСТРОЙСТВА И УСЛОВИЙ ВИДИМОСТИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Рассмотрена проблема повышения безопасности движения на пересечениях автомобильных и железных дорог в одном уровне. Приведен краткий обзор зарубежного практического опыта эксплуатации пересечений автомобильных дорог с железнодорожными путями в одном уровне. Дан анализ перспективных технических средств и технологий организации и управления движением транспорта на этих опасных объектах путей сообщения. Показано влияние технических средств переездного обустройства и условий видимости на безопасность движения в зоне железнодорожных переездов. Проанализирована аварийность на железнодорожных переездах Республики Беларусь. В результате исследований предложены критерии оценки безопасности движения на переездах по условиям видимости. Сформулированы некоторые практические рекомендации по совершенствованию технических средств переездного обустройства и организации движения на таких элементах улично-дорожной сети.

**А**варийность на железнодорожных переездах (ЖДП) причиняет значительный материальный и социальный ущерб: гибель или ранение людей, повреждение транспортных средств (ТС), дорожного обустройства, простой поездов и нарушение режима движения, повлекшее несвоевременную доставку перевозимых грузов и пассажиров. Задержки в доставке грузов и пассажиров негативно сказываются на работе многих предприятий и организаций. Поэтому ДТП на переездах зачастую приводят к экономическим потерям в различных областях деятельности.

Объективными предпосылками возникновения аварий на ЖДП являются резкое ухудшение условий движения по сравнению со смежными участками улично-дорожной сети (УДС), а также ограниченные возможности машиниста поезда (движение в рельсовой колее, большой тормозной путь поезда) предотвратить наступление печальных последствий.

Влияние элементов переездного обустройства и условий видимости в зоне ЖДП на безопасность движения (БД) проанализировано во многих исследованиях, проводимых у нас в стране и за ру-

бежом. Установлено [1–5], что рост интенсивности движения транспорта, уменьшение расстояния видимости поезда и снижение ровности проезжей части на переезде и подходах к нему приводит к существенному увеличению числа аварий. Исследования показывают, что оснащение переездов световой (мигающей) сигнализацией и шлагбаумами позволяет значительно уменьшить вероятность возникновения аварий. Предупреждение о наличии переезда с помощью дорожного знака также уменьшает число ДТП, но не в такой степени, как применение световых сигналов и шлагбаумов. Минимальные значения показателей аварийности достигаются при оборудовании переездов шлагбаумами, перекрывающими всю ширину автомобильной дороги (улицы) [6]. Однако практика неуклонно указывает на то, что требования обеспечения БД на переездах, а также фактические условия движения современных ТС учитываются недостаточно полно.

Ежегодно на ЖДП всего мира совершаются аварии, в результате которых погибают или получают ранения тысячи людей. Статистика ДТП на переездах Европы приведена на рисунке 1 [7].

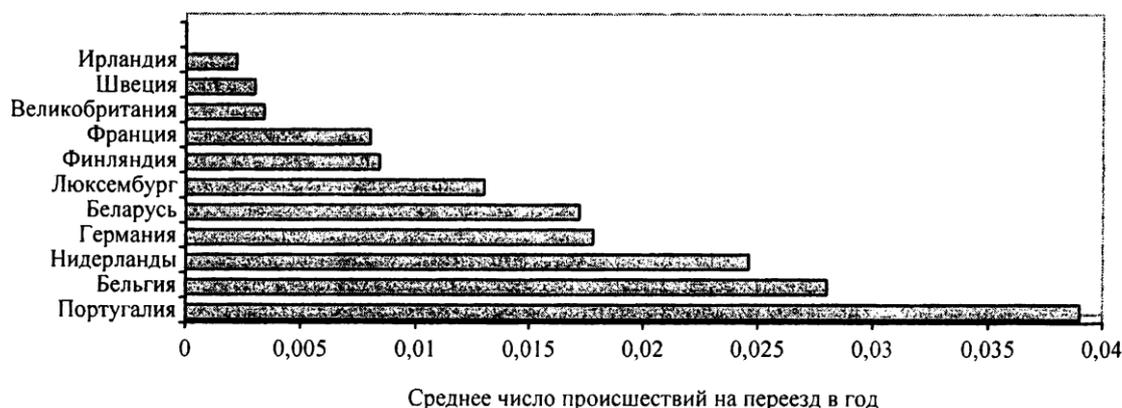


Рисунок 1 – Статистика аварийности на переездах Европы

Сравнительный анализ данных, приведенных на рисунке 1, показывает, что в Республике Беларусь и Германии среднее число ДТП, приходящееся на переезд в год, составляет примерно равную величину, а на путях сообщения Швеции данный относительный показатель аварийности значительно ниже. При этом на территории Германии эксплуатируются около 24000 ЖДП, в Швеции – около 20000, а у нас – около 1800. В Швеции на один среднестатистический километр эксплуатационной длины железнодорожных путей приходится более одного переезда, в Германии ЖДП встречаются в среднем через каждые 1,3 км, а среднее расстояние между переездами в Беларуси составляет около 3 км [9]. Кроме того, Германия и Швеция обладают более высоким уровнем автомобилизации населения и развития путей сообщения.

Устойчивая тенденция снижения числа аварий на ЖДП в промышленно развитых странах мира достигается сокращением их количества путем замены действующих переездов развязками в разных уровнях или закрытием переездов, а также за счет совершенствования элементов переездного обустройства, технических средств и технологий организации и управления движением [7–11].

В настоящее время на территории Беларуси более 90 % всех пересечений автомобильных дорог с железными дорогами составляют пересечения в одном уровне. Стремительный рост интенсивности движения автомобилей у нас в стране опережает темпы развития инфраструктуры ЖДП,

что ведет к обострению ситуации в области обеспечения БД на этих наиболее опасных объектах УДС. По данным УГАИ МВД Республики Беларусь в период времени с 2000 по 2005 гг. за нарушение правил проезда через ЖДП привлечены к административной ответственности более 30 тыс. водителей. Представляется, что между числом ДТП и количеством нарушений, допускаемых водителями, существует положительная корреляционная связь.

Оценкой степени обеспеченности БД в зоне ЖДП являются статистические данные о ДТП. Поэтому при формировании выборки аварий использован длительный период сбора исходных данных, составляющий 11 лет. К сожалению, в официальный статистический учет информационно-аналитического управления МВД Республики Беларусь попадают только данные об авариях с пострадавшими. В данной работе проведено исследование как аварий с пострадавшими, так и ДТП с материальным ущербом, информацию о которых предоставили подразделения УГАИ МВД и ревизионные службы по БД БЖД.

Проведенный анализ показал, что несмотря на относительно невысокий удельный вес (менее 1 %) в общей структуре аварийности республики ДТП на переездах происходят с неумолимой периодичностью (рисунок 2) и отличаются особо высокой тяжестью последствий (почти в 3 раза выше, чем средняя).

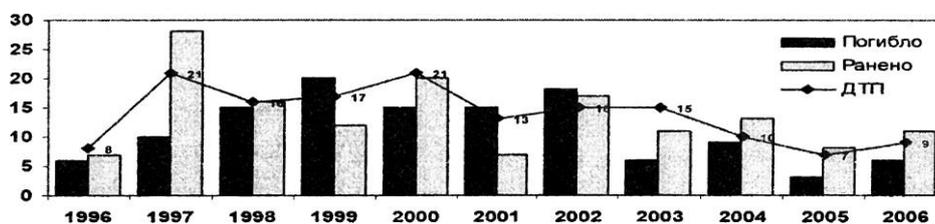


Рисунок 2 – Показатели аварийности на ЖДП по данным ИАУ МВД РБ

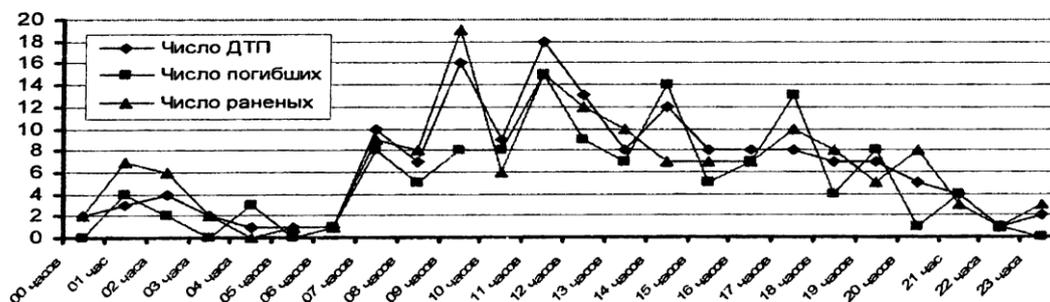


Рисунок 3 – Распределение ДТП на ЖДП по часам суток

Основной причиной столкновений поездов с автомобилями (93 % всех происшествий) является несоблюдение водителями ТС установленных правил движения по этим опасным элементам УДС. Остальные 7 % распределяются следующим образом:

техническая неисправность автомобилей (4 %); ошибки машиниста поезда (2 %); отказы устройств оборудования ЖДП и погодные условия (1 %). С участием водителей, управляющих ТС в нетрезвом состоянии, произошло почти 6 % всех аварий.

Самыми аварийными месяцами года являются февраль и март, на которые приходится по 18 ДТП. Минимальное количество аварий (7 случаев) зарегистрировано в ноябре. Распределение ДТП на ЖДП по дням недели показывает, что максимальное их количество произошло в воскресенье (28 ДТП, или 18 %), минимальное – в понедельник (17 ДТП, или 11 %). На рисунке 3 приведено распределение ДТП на ЖДП по времени суток. Анализ показывает, что число ДТП этого вида резко увеличивается в период времени с 7 до 21 ч. В светлое время суток произошло 78 % всех аварий. Показатели аварийности на ЖДП в темное время суток свидетельствуют о

том, что 10 аварий с тяжкими последствиями произошли на переездах при отсутствии наружного освещения (либо неисправно, либо выключено). 22 ДТП имели место на переездах с включенным наружным освещением, что объясняется наиболее высокой интенсивностью дорожного движения через них. В зависимости от погодных условий ДТП на переездах распределяются следующим образом: ясно (69 %), пасмурно (23), снегопад (3), дождь (2), туман (1) и прочее (2 %). Распределение ЖДП по оснащенности средствами защиты и относительных показателей аварийности в зависимости от уровня их оборудования показано на рисунке 4.

Распределение числа ЖДП по оборудованию различными техническими средствами



Распределение ДТП на переездах в зависимости от уровня их оборудования



Рисунок 4 – Состояние оснащённости переездов в Республике Беларусь и относительной аварийности на них

Высокая концентрация ДТП на переездах с дежурным и ЖДП, не обслуживаемых дежурным работником, но оборудованных АСС, обусловлена наиболее высоким уровнем загрузки их движением обоих видов транспорта. ДТП на таких переездах часто связаны с отсутствием доверия водителей к системам сигнализации и ограждения (например, движение на красный сигнал светофора или объезд опущенного шлагбаума). Иногда случается также, что у ТС на переезде глохнет двигатель. Отсутствие доверия у водителей к устройствам сигнализации возникает вследствие длительной стоянки у ЖДП в ожидании проезда поезда. Время закрытия переездов в настоящее время не соответствует реальной скорости движения поездов в связи с тем, что устройства АСС рассчитаны на максимальную скорость движения поезда и минимальную скорость движения ТС. Это приводит к продолжительной задержке ТС у ЖДП, особенно в местах, где поезда следуют с невысокой скоростью. Таким образом, снижение дисциплинированности водителей усугубляется недостаточной четкостью в работе сигнализирующих и ограждающих устройств.

Аварийность в зоне ЖДП, зачастую, обуславливается неровностью дорожного покрытия как настила переезда, так и подходов к нему. Недостаточная ровность проезжей части в зоне ЖДП создает повышенную угрозу вынужденной остановки ТС на опасном пересечении путей сообщения и

резко сокращает пропускную способность переезда. В насыщенных транспортных потоках даже незначительное изменение скорости одного ТС, вызванное какой-либо помехой, приводит к критической относительно аварии ситуации, которая, в свою очередь, может перерасти в «цепную» аварию.

Для исследования влияния неравномерности движения автомобилей в плотном потоке на БД в зоне ЖДП перспективно применение расчетных моделей транспортного потока. В работе [12] предложена имитационная модель плотного потока на участках дорог с зоной ограничения скорости, позволяющая исследовать поведение как каждого ТС, входящего в поток, так и всего потока в целом и оценивать эффективность решений по организации движения во многих ситуациях, которые возникают на практике.

Относительно частый вид происшествий на ЖДП, оборудованных шлагбаумами, – наезд на шлагбаум. Этот вид ДТП совершается, как правило, в случаях, когда ЖДП появляется неожиданно из-за поворота. В данном случае главными причинами являются невнимательность водителя и превышение скорости, а сопутствующими – необеспеченная видимость переезда и отсутствие своевременной информации об условиях движения.

БД на ЖДП по условиям видимости можно оценить следующими основными параметрами:

1 *Расстоянием видимости ЖДП*, определяемым дистанцией от водителя до ближайшего рель-

са железнодорожного пути в момент обнаружения переезда. Этот параметр имеет важное значение, поскольку водитель ориентируется на конструктивные элементы переезда, что позволяет заблаговременно оценить опасный участок, на котором требуется повышенное внимание к складывающейся дорожно-транспортной обстановке. В случае, когда данное расстояние недостаточно, времени на своевременную остановку автомобиля для предотвращения аварии с поездом может не хватить, а экстренное торможение может вызвать попутное столкновение ТС.

2 *Расстоянием видимости сигналов переездной сигнализации (шлагбаумов), информирующих о наличии и состоянии ЖДП.* Данный показатель приобретает решающее значение в случаях, когда переезд обладает ограниченной видимостью на подходах. Водитель должен быть своевременно предупрежден о приближении к переезду и об условиях движения в его зоне. Расстояние видимости сигналов АСС, шлагбаумов должно быть не менее 100 м. Если это не обеспечивается, то на подходах к переезду необходимо введение соответствующего дальности видимости ограничения скорости. Достаточная дальность видимости ЖДП (сигналов АСС и шлагбаумов) может быть рассчитана по известной формуле, определяющей оставочный путь автомобиля:

$$S_{\text{вид}}^{\text{п}} = \frac{K_{\phi}}{254\phi} + v_a^2 + \frac{T_{\Sigma}}{3,6} + v_a + \Delta S, \quad (1)$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент эффективности торможения;  $\phi$  – коэффициент сцепления шин с дорогой;  $v_a$  – скорость движения автомобиля, км/ч;  $T_{\Sigma}$  – суммарное время распознавания переезда (сигналов АСС и шлагбаума), реакции водителя и срабатывания механизма привода тормозов, с;  $\Delta S$  – расстояние между передним краем автомобиля и крайним ближним рельсом железнодорожных путей (стоп-линией), м.

3 *Расстоянием видимости приближающегося поезда к переезду.* Этот параметр необходим, чтобы водитель имел возможность остановить автомобиль перед ЖДП. В действующей редакции ПДД предусмотрено положение о том, что запрещается выезжать на переезд, если в пределах видимости приближается железнодорожное ТС. На ЖДП, не обслуживаемых дежурным и не оборудованных АСС, видимость приближающегося поезда водителем ТС является основным условием БД на переезде, поскольку при недостаточной видимости подвижной состав становится пассивным участником ДТП. На практике эта видимость, зачастую, ограничена застройкой и растительностью. В таком случае в зоне ЖДП, не имеющего шлагбаума, необходимо вводить ограничение скорости дви-

жения (таблица 1) и оснащать его средствами предупредительной сигнализации.

Таблица 1 – Допустимая скорость движения в зоне ЖДП по условиям видимости

Дальность видимости приближающегося поезда, м	Скорость движения, км/ч
51–75	20
76–100	30
101–125	35
126–150	40
151–200	45
201–300	50
300 и более	Не ограничена

При видимости поезда за 50 м и менее следует рассматривать необходимость установки дорожного знака 2.5 «Движение без остановки запрещено» или перевода переезда в категорию, обслуживаемую дежурным работником.

4 *Расстоянием видимости поезда из стоящего у ЖДП автомобиля.* Данный показатель наиболее необходим для ТС отдельных категорий (автомобили, перевозящие опасные, тяжеловесные и крупногабаритные грузы; тихоходные ТС; маршрутные автобусы и такси). Водители, прибывшие к переезду, должны иметь достаточно времени для его безопасного проследования, убедившись в отсутствии поезда. С учетом общепринятых мер безопасности по управлению автомобилем в зоне ЖДП (без переключения передач во время движения через железнодорожное полотно) достаточную дальность видимости можно определить по формуле

$$S_{\text{вид}}^{\text{ст}} = \frac{v_n}{3,6} \left[ \frac{v_{a1}}{a1} + \frac{L + 2\Delta S - Z_a}{v_{a1}} + T \right], \quad (2)$$

где  $v_n$  – скорость движения поезда, км/ч;  $v_{a1}$  – максимальная скорость движения автомобиля на первой передаче, м/с;  $a1$  – ускорение автомобиля на первой передаче, м/с<sup>2</sup>;  $L$  – длина автомобиля, м;  $Z_a$  – расстояние, проходимое автомобилем при разгоне до максимальной скорости движения на первой передаче, м;  $T$  – время восприятия и реакции водителя, с.

Формулы (1) и (2) справедливы для случая, когда горизонтальная автомобильная дорога (улица) пересекает однопутную железную дорогу под прямым углом и могут быть скорректированы с учетом конкретных дорожных условий и динамических характеристик автомобилей.

Очевидно, что чем больше расстояние видимости водителем ЖДП и находящихся на нем объектов, тем ниже вероятность возникновения опасности. При этом важно не только увидеть объект опасности, но и оценить его геометрическую форму и цвет, т. е. сам фактор опасности. Большую роль при этом играет концентрация внимания человека

на определенный в данный момент времени наиболее важный предмет. Любой объект или сигнал воспринимается зрением человека в том случае, если он по цвету и яркости отличается от того фона, на котором он находится. Чем больше контраст элементов переездного обустройства и подвижного состава с фоном, тем лучше видимость данных объектов на фоне лесных насаждений, неба, поля и т. д. Таким образом, видимость на ЖДП во многом определяется цветовой окраской элементов переездного обустройства.

В целях улучшения видимости водителями приближающегося поезда к переезду целесообразна окраска локомотивов и вагонов в цвета, контрастирующие с окружающим фоном. Сигнально-предупредительные устройства в зоне ЖДП, такие как дорожные знаки и разметка, светофоры, столбики, шлагбаум и т. д., должны иметь светоотражающее покрытие, что особенно актуально в темное время суток и в сложных погодных условиях на переездах, обладающих ограниченными условиями видимости на подходах.

Следует также учитывать, что по мере увеличения расстояния до объекта четкость зрительного восприятия снижается из-за состояния атмосферы, в которой всегда присутствует водяной пар и другие продукты, снижающие ее прозрачность. Сильное влияние на видимость оказывают также такие факторы, как освещенность и скорость движения. Следовательно, чтобы повысить БД в зоне ЖДП, необходимо отмеченные выше факторы иметь в виду и по возможности учесть.

На основании проведенных исследований показана зависимость аварийности на переездах от уровня оборудования их различными техническими средствами безопасности и других факторов, предложены критерии оценки БД в зоне ЖДП по условиям видимости, а также некоторые рекомендации по совершенствованию технических средств

переездного обустройства и организации движения на таких объектах УДС. Внедрение приведенных рекомендаций повысит безопасность и эффективность дорожного движения.

#### Список литературы

- 1 **Бабков, В. Ф.** Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1988. – 288 с.
- 2 **Баваров, Б. Н.** Исследование характеристик движения автомобиля для проектирования пересечений автомобильных дорог с железными дорогами в одном уровне: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.03 / Б. Н. Баваров; МАДИ. – М., 1978. – 21 с.
- 3 **Алексеев, Е. П.** Железнодорожные переезды и путепроводы / Е. П. Алексеев. – М. : Транспорт, 1974. – 96 с.
- 4 **Врубель, Ю. А.** Организация дорожного движения. В 2 частях / Ю. А. Врубель. – Мн. : Белорус, фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 634 с.
- 5 **Залуга, В. П.** Знаки и указатели на автомобильных дорогах / В. П. Залуга, С. К. Кашкин. – М. : Транспорт, 1974. – 128 с.
- 6 **Рожанский, Д. В.** Повышение безопасности движения в зоне железнодорожных переездов / Д. В. Рожанский, С. Н. Карасевич // Вестник БНТУ. – 2007. – № 2. – С. 60–65.
- 7 **Knutton, M.** The best level crossing is one that doesn't exist / M. Knutton // International Railway Journal and Rapid Transit Review. – 2004. – № 4. – P. 26.
- 8 **Reiche, J.** Sicherheit an Bahnübergängen / J. Reiche // Eisenbahningenieur. – 2001. – № 10. – P. 42–49.
- 9 **Зайцева, Т. Н.** Безопасность движения на железнодорожных переездах зарубежных стран и перспективы ее улучшения / Т. Н. Зайцева // Железнодорожный транспорт РФ, СНГ и за рубежом. ОИЦНТИТЭИ МПС. – 1998. – № 25. – С. 60–68.
- 10 **Matoba, K.** Grade crossings: A look to the future / K. Matoba // Railway Track Structures. – 2000. – № 6. – P. 23–24, 26–30, 32–48.
- 11 **Kube, K.** Progressive Railroadings / K. Kube, T. Higgings. – 2002. – № 1. – P. 37–43.
- 12 **Карасевич, С. Н.** Алгоритмизация действий водителя по управлению автомобилем в зоне железнодорожного переезда / С. Н. Карасевич // Современный транспорт и транспортные средства: проблемы, решения, перспективы : тез. докл. междунаrod. науч.-техн. конф. – Минск : БНТУ, 2007. – С. 200–203.

Получено 05.10.2006

#### **S. N. Karasevich.** Influence of technical means of crossing facilities and visibility conditions on traffic safety.

The article is devoted to the solution of the traffic safety provision problem on the one level crossings of roads with railways. We offer a short revue of world experience of the crossings of roads with railways exploitation. Existing technical solutions of equipment of crossings by means of safe pedestrian and transport movement are considered. There were analyzed accidents on the Republic of Belarus railway crossings and approaches to them. It is given estimation of problems development in connection with crossings exploitation and their perspective. We also shone degree of influence of crossing facilities technical means and visibility conditions on traffic safety, we give dependences of accidents number from other different factors. As the result of the research we offer measures on improvement of traffic safety degree on these dangerous objects of the traffic network. Recommendations on increase of crossing passage capacity, decrease of ecological affect on environment in crossing areas.