

и сложным направлением, требующим дальнейших научных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ильина, Е. А. Оценка влияния развития транспортной сети на экономическое развитие региона / Е. А. Ильина // ARS ADMINISTRANDI. – 2013. – № 2. – С. 91–97.

2. Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь : офиц. сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mintrans.gov.by>. – Дата доступа : 01.02.2020.

Представлено 19.05.2020

УДК 656.11

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА ВБЛИЗИ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ**

#### **INVESTIGATION OF TRAFFIC SPEED NEAR UNREGULATED PEDESTRIAN CROSSINGS**

**А.А. Цариков**, канд. техн. наук, доц.,

**Б.А. Сидоров**, канд. техн. наук, доц., **Е.В. Вахрамеева**, магистр,  
Уральский Государственный Лесотехнический Университет,  
г. Екатеринбург, Россия

A. Tsarikov, Ph.D. in Engineering, Associate professor,

B. Sidorov, Ph.D. in Engineering, Associate professor,

E. Vakhrameeva Elizabeth Vladimirovna – Master,  
Ural State Forest Engineering, Yekaterinburg, Russia

*В статье приведены данные исследования скорости движения на нерегулируемых пешеходных переходах. Проведены сравнения и оценка потенциальной опасности нерегулируемых пешеходных переходов с искусственной неровностью и без искусственной неровности.*

*The article presents the data of the study of traffic speed at unregulated pedestrian crossings. Comparisons and assessment of potential danger of unregulated pedestrian crossings with artificial roughness and without artificial roughness are carried out.*

*Ключевые слова: аварийность, пешеходное движение, скорость движения, транспорт, пешеходный переход.*

*Key words: accident rate, pedestrian traffic, speed, transport, pedestrian crossing.*

## ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно в России в результате дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах и на улицах городов гибнет более 18 тысяч человек. Наиболее уязвимыми участниками дорожного движения на данный момент являются пешеходы. Водители и пассажиры при движении обычно находятся внутри транспортного средства, которое защищает их при возникновении дорожно-транспортного происшествия. Пешеход напротив, не имеет никакой защиты при движении через проезжую часть, и крайне уязвим при наезде на него транспортного средства.

Как показывают экспериментальные исследования, при наезде автомобиля на пешехода при скорости 45 километров в час выживает только 50 % пострадавших. Это означает, что любой наезд автомобиля на пешехода приводит к гибели и ранению. Столь печальная закономерность привела к тому, что треть погибших в результате ДТП являются пешеходами.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА ВБЛИЗИ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Для того чтобы снизить вероятность ДТП с участием пешеходов, в практике организации дорожного движения применяется три типа пешеходных переходов: внеуличные переходы (подземные и надземные), регулируемые переходы (управляемые с помощью светофоров), нерегулируемые переходы (обозначенные знаками и разметкой).

Внеуличные пешеходные переходы направлены на устранение конфликта транспорта и пешехода путем разделения их в пространстве. Регулируемые пешеходные переходы разделяют транспорт и пешеходов во времени. Нерегулируемые пешеходные переходы

направлены в большей мере на предупреждении водителя о месте возможного конфликта с пешеходом, для того чтобы снизить скорость движения в опасной зоне.

С точки зрения конфликта транспорта и пешехода – нерегулируемые пешеходные переходы являются наиболее опасными, поэтому их применяют на участках с низкой интенсивностью движения транспорта и пешеходов.

Несмотря на то, что нерегулируемые пешеходные переходы используют в основном на участках с низкой интенсивностью движения, “плотное взаимодействие” пешехода и транспорта может приводить к большому количеству дорожно-транспортных происшествий. И как указано выше, при наезде на пешехода при скорости 45 км/ч количество погибших может составить половину от числа пострадавших.

В этой связи на нерегулируемых пешеходных переходах необходимо создавать условия для максимального снижения скорости движения транспорта. Чем ниже скорость транспорта на переходе, тем меньше вероятность получить ранения или погибнуть пешеходу.

Для оценки скорости движения транспорта на нерегулируемых пешеходных переходах, в городе Екатеринбурге были проведены соответствующие исследования. В качестве объектов исследования, были выбраны два нерегулируемых пешеходных перехода. На одном из переходов была установлена искусственная неровность, на втором переходе неровность отсутствовала. Оба перехода были размещены на участках с односторонним движением и имели две полосы.

Целью исследования было определить скорость движения транспорта непосредственно на самом переходе и за 12 метров до места размещения перехода.

Исследование скорости движения транспорта на участке за 12 метров до пешеходного перехода показали, что искусственная неровность заставляет водителей заранее снизить скорость движения еще до подъезда к переходу. Как видно из рисунка 1 в месте, где была установлена неровность, скорость транспортных средств в 40% случаев составляла 10–15 км/ч. При этом на участке без искусственной неровности, водители двигались почти на 10 км/ч выше, поэтому 30–35 % всех транспортных средств имели скорость в пределах 20–25 км/ч.

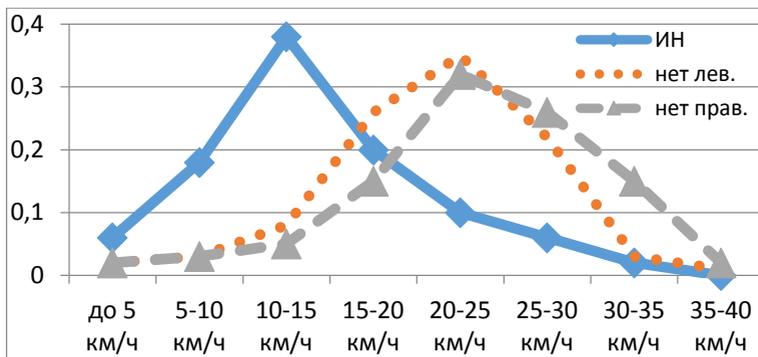


Рисунок 1 – Распределение скорости движения транспорта на участке за 12 метров до нерегулируемого пешеходного перехода

Еще одним немаловажным фактором является доля автомобилей двигающихся со скоростью 30 км/ч и выше. На участке с искусственной неровностью, таких автомобилей было выявлено всего 2 %. Участок без искусственной неровности в этом отношении выглядит гораздо хуже и количество автомобилей двигающихся со скоростью более 30 км/ч здесь составляет 15–17 % от общей интенсивности потока.

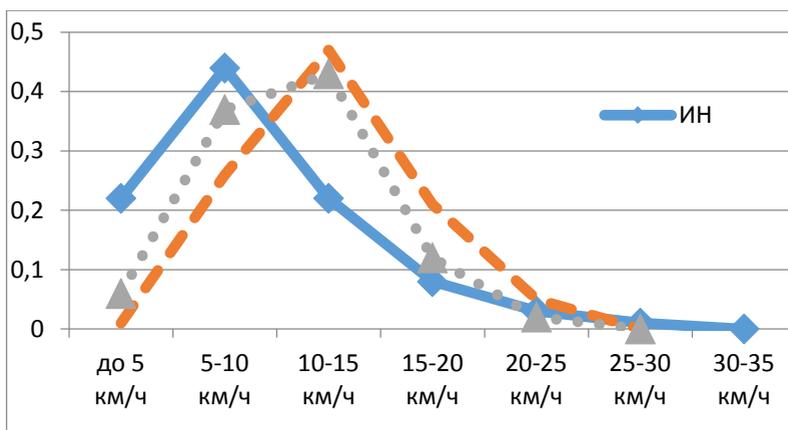


Рисунок 2 – Распределение скорости движения транспорта на нерегулируемом пешеходном переходе

Вышеуказанные цифры говорят о том, что искусственная неровность изначально создает предпосылки по снижению скорости движения автомобилей. Водители изначально стараются ехать с более низкой скоростью, что позволяет им гораздо быстрее обнаружить пешехода при его подходе к переходу. Кроме того, более низкая скорость непосредственно на подъезде к переходу в значительной мере снижает остановочный путь автомобиля, тем самым делая данный тип перехода более безопасным.

Исследование скорости движения непосредственно на самом переходе, так же показали преимущество искусственной неровности. Как видно из рисунка 2,66 % автомобилей проезжают пешеходный переход с искусственной неровностью со скоростью 10 и менее км/ч.

Несколько иные цифры получены на переходе без искусственной неровности. Здесь большая часть автомобилей проезжали проезжую часть на скорости 10–15 км/ч. При этом доля автомобилей, имеющих скорость менее 10 км/ч составила всего 35 %.

Необходимо отметить, что автомобили разного типа имеют различную массу и могут оказывать различное воздействие при наезде на пешехода. Более тяжелые по массе автобусы и грузовики при одной и той же скорости, могут привести к более тяжелым травмам, нежели легковые автомобили. В этой связи при проведении исследований были отдельно учтены четыре типа транспортных средств: автобусы, грузовые автомобили, внедорожники и легковые автомобили. Для того чтобы сравнить скорость движения данных типов автомобилей до перехода и непосредственно на переходе, полученные данные занесли в таблицу 1.

Как видно из таблицы 1, пешеходные переходы с искусственной неровностью имели меньшую скорость движения, как на самом переходе, так и за 12 метров до него. При этом разница между скоростью движения на пешеходном переходе и на подходах к нему, составила всего 5 км/ч для автобусов и грузовых автомобилей, а также 6 км/ч для легковых автомобилей и внедорожников.

Несколько иная ситуация выявлена на пешеходных переходах без искусственной неровности. Грузовым автомобилям и автобусам приходилось снижать скорость движения на 10–12 км/ч, а внедорожникам и легковым автомобилям на 9–13 км/ч.

Таблица 1 – Изменение средней скорости движения транспорта на нерегулируемом пешеходном переходе и за 12 метров до нее.

Тип транспортного средства	Переход с искусственной неровностью	Переход с искусственной неровности левая полоса	Переход с искусственной неровности правая полоса
Автобус	12/7 км/ч	20/6 км/ч	21/11 км/ч
Грузовой автомобиль	13/8 км/ч	22/10 км/ч	23/13 км/ч
Внедорожник	17/11 км/ч	23/13 км/ч	25/12 км/ч
Легковой автомобиль	15/9 км/ч	21/12 км/ч	24/11 км/ч

Примечание: В числителе указана скорость за 12 метров до перехода, в знаменателе на пешеходном переходе.

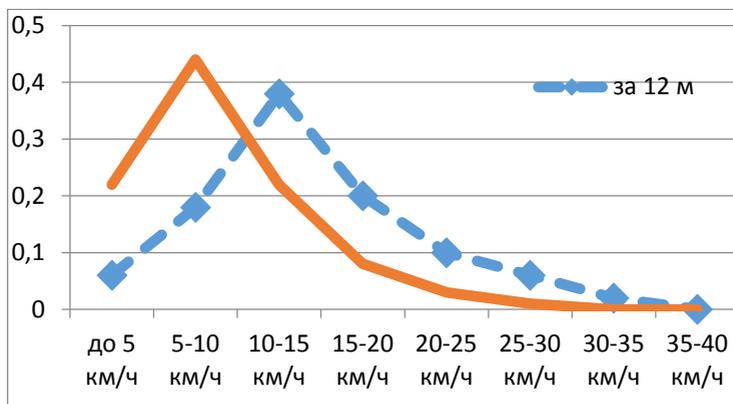


Рисунок 3 – Распределение скорости движения транспорта на участке за 12 метров до нерегулируемого пешеходного перехода с искусственной неровностью и на самом переходе

Данные таблицы 1 говорят о том, что водители в зоне пешеходного перехода с искусственной неровностью двигались в большей мере в режиме наката или с постоянной скоростью, не применяя режима торможения. На пешеходных переходах без искусственных неровностей водители в большей мере использовали режим торможения, что является менее контролируемым режимом движения, который ко всему прочему изнашивает тормозную систему (в большей мере тормозные колодки и диски).

В подтверждении данных таблицы 1, на рисунке 3 были совмещены две кривые распределения вероятности движения транспорта

с различными скоростями, непосредственно на пешеходном переходе и на расстоянии 12 метров от него.

Из рисунка 3 видно, что та группа автомобилей, которая двигалась до пешеходного перехода со скоростью 5 и менее км/ч, продолжила движения через пешеходный переход с той же скоростью. Остальные автомобили плавно снизили скорость движения на 5–6 км/ч. Из кривых, представленных на рисунке 3 так же видно, что наибольшая доля автомобилей (44 %) приходится на группу, которая двигалась через пешеходный переход со скоростью 5–10 км/ч. При этом, на подходах к пешеходному переходу, наибольшая доля автомобилей (38 %) приходится на группу автомобилей двигающихся со скоростью 10–15 км/ч. Кроме того видно, что по мере роста скорости движения, доля автомобилей в каждом диапазоне распределения резко снижается.

Рассмотрим более подробно распределение скорости движения транспорта на нерегулируемых пешеходных переходах без искусственных неровностей. Кривые распределения скорости по данному переходу представлены на рисунке 4. Как видно из рисунка, кривые распределения скорости движения транспорта характеризуются “нормальной” плотностью распределения. Из рисунка также видно, что практически все автомобили за исключением тех, кто двигался со скоростью менее 10 км/ч, по мере приближения к перекрёсту снижают свою скорость на 10–12 км/ч.

Приведенные выше распределения скорости движения интересны при сравнении реальных данных вероятности гибели пешеходов на разной скорости автомобиля при наезде. Кривая вероятности гибели пешехода при различной скорости наезда транспорта [1], широко используется в современной литературе для объяснения проблем в организации и безопасности движения пешеходов. Мы также проведем сравнение данной кривой с числами, полученными нами при проведении экспериментальных исследований. Для этого совместим распределение скоростей движения транспорта через нерегулируемый пешеходный переход с кривой вероятности гибели пешехода (см. рисунок 5).

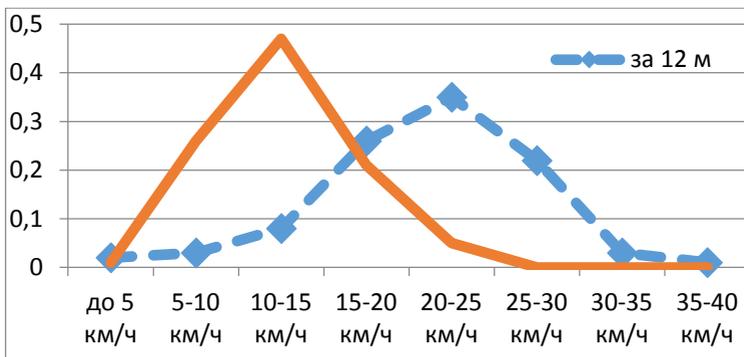


Рисунок 4 – Распределение скорости движения транспорта на участке за 12 метров до нерегулируемого пешеходного перехода без искусственной неровности и на самом переходе

На рисунке 5 представлены четыре кривые: кривая вероятности гибели пешехода при различной скорости наезда на него автомобиля, распределение скоростей движения транспорта при проезде нерегулируемого пешеходного перехода с искусственной неровностью, а также две кривые для левого и правого ряда нерегулируемого пешеходного перехода без искусственной неровности. Рисунок 5 четко показывает ситуацию, когда пешеход выбежит на проезжую часть так, что водитель не заметит его и не нажмет на тормоз. В такой ситуации можно спрогнозировать вероятность гибели пешехода на пешеходных переходах различного типа.

Как видно из рисунка, вероятность гибели пешехода при столкновении с автомобилем на скорости 10 км/ч составляет 2 %. При этом на пешеходных переходах с искусственной неровностью, около 66 % автомобилей движутся с данной скоростью. На пешеходном переходе без искусственной неровности со скоростью 10 км/ч движется 43 % автомобилей по правой полосе и 27 % по левой полосе. Если сложить произведения вероятности гибели пешехода при  $i$ -ой скорости движения на долю автомобилей, движущихся с данной скоростью, то можно получить общую вероятность гибели пешехода на пешеходных переходах разного типа (см. формулу 1).

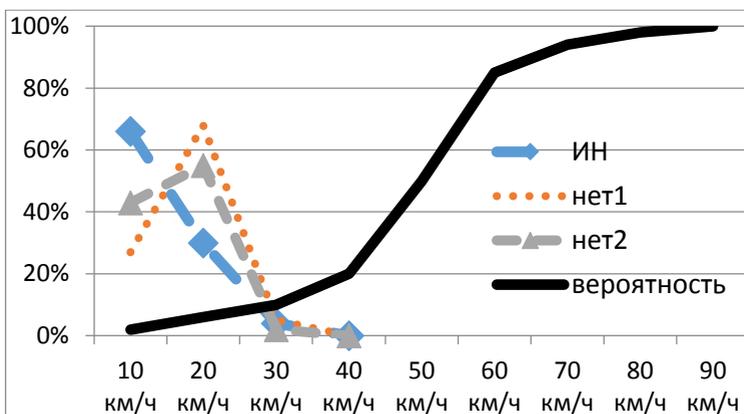


Рисунок 5 – Распределение скорости движения транспорта на переходе, при сравнении их с вероятностью гибели пешехода

$$p(\tau) = \sum p(i) * \sigma(i), \quad (1)$$

где  $p(\tau)$  – общая вероятность гибели пешехода;

$p(i)$  – вероятность гибели пешехода при наезде автомобиля с  $i$ -ой скоростью движения;

$\sigma(i)$  – доля автомобилей, проезжающих через пешеходный переход с  $i$ -ой скоростью.

Расчет по формуле 1 показал, что вероятность гибели пешехода на не регулируемом пешеходном переходе составляет 3,5 %, а на 5 %. Это означает, что нерегулируемые пешеходные переходы с искусственной неровностью на 40 % безопаснее, чем переходы без искусственной неровности. То есть при прочих равных условиях, использование искусственных неровностей может почти в 1,5 раза больше спасти жизней пешеходов, а также снизить количество раненых.

К вышесказанному необходимо отметить опыт Германии в организации движения пешеходов. Общая статистика показывает, что в Германии на 100 тысяч жителей в год погибает в 3 раза меньше людей, чем в России. Особенно кропотливо в Германии они относятся к пешеходам, как наиболее уязвимым участникам движения. Это означает, что нерегулируемые пешеходные переходы применяются только на двух полосных улицах и дорогах с низкой интенсивностью

движения. Если проезжая часть имеет 4 полосы для движения транспорта или улица имеет две полосы, но организовано одностороннее движение, в обязательном порядке на пешеходном переходе должен быть установлен пешеходный переход.

В практике организации пешеходного движения в городах России не являются редкими случаи, когда на 4-х или 8-ми полосных улицах организуют нерегулируемые пешеходные переходы. Безопасность движения пешеходов на таких переходах стремится к нулю, и требует скорейшего решения данной проблемы.

Объяснение данному фактору дают исследования, проведенные в Иркутске [2]. Как видно из рисунка 6, на нерегулируемых пешеходных переходах возможны случаи, когда скорость автомобиля на переходе составляет в среднем 50 км/ч. На рисунке 6а показана скорость движения автомобилей в зоне пешеходного перехода, при условии, что на самом переходе нет пешеходов. Это означает, что водители полностью игнорируют знаки пешеходного перехода и не уступают пешеходам переходящим проезжую часть. Вероятность попасть под колеса автомобиля на таком переходе достаточно высокая.

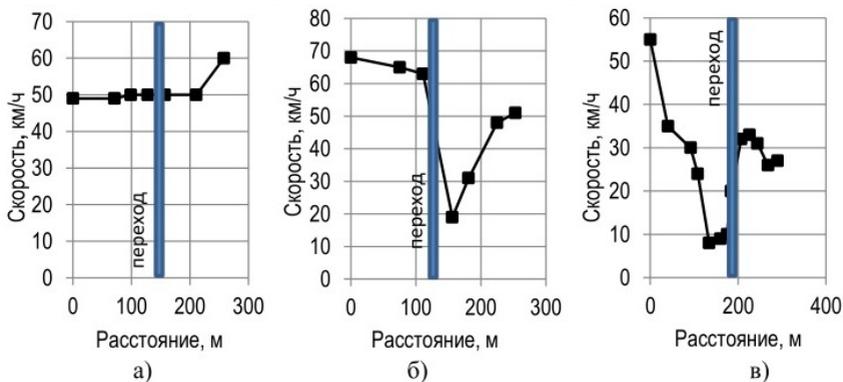


Рисунок 6 – Распределение скорости движения транспорта в зоне влияния нерегулируемого пешеходного перехода по результатам исследований [2]

При этом Иркутские исследования описывают случай, когда на переходе водитель обнаруживает пешехода. Как видно из рисунка 6б, средняя скорость перед переходом резко снижается с 60 до

20 км/ч. То есть водители явно используют резкой торможение, при этом проезжая переход с недопустимой скоростью.

Стоит отметить, что снизить скорость движения перед пешеходным переходом таких водителей может только очередь из автомобилей, образовавшихся на переходе, случай показан на рисунке 6в. То есть для того чтобы водитель снизил скорость до 10 км/ч а необходимо только препятствие в виде автомобиля.

Иркутские исследования говорят о том, что ситуация с организацией пешеходного движения в разных городах России может отличаться коренным образом. Если в одних городах водители в большей мере дисциплинированы и уступают пешеходам при их движении через нерегулируемый переход, то в других городах необходимы жесткие меры по установке искусственных неровностей на нерегулируемых пешеходных переходах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторы статьи рекомендуют внести соответствующие изменения в нормативную литературу. В первую очередь необходимо запретить организацию нерегулируемых пешеходных переходов на улицах и дорогах с 4-ми и более полосами движения. На улицах и дорогах магистрального движения с двумя полосами устанавливать нерегулируемые пешеходные переходы только с обустройством искусственных неровностей. На улицах с односторонним движением и двумя полосами движения, при низкой интенсивности движения необходимы дополнительные мероприятия по снижению скорости движения транспорта в случае устройства нерегулируемого пешеходного перехода. На улицах одностороннего движения с 3-мя полосами движения не допускать организации нерегулируемых пешеходных переходов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. [https://www.who.int/roadsafety/projects/manuals/speed\\_manual/speedmanual.pdf](https://www.who.int/roadsafety/projects/manuals/speed_manual/speedmanual.pdf).

2. Чикалин Е.В. Повышение эффективности организации дорожного движения в зонах нерегулируемых пешеходных переходов. - Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Иркутск. : ИрГТУ. – 2013. – 20 с.

Представлено 20.05.2020