

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНОСТИ ПО МЕТОДУ КОНФЛИКТНЫХ ЗОН В КОНФЛИКТЕ «ТРАНЗИТНЫЙ ТРАНСПОРТ – ПЕШЕХОД» НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ НА РЕГУЛИРУЕМОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ

*Канд. техн. наук, доц. КАПСКИЙ Д. В.<sup>1)</sup>, докт. техн. наук, проф. ПЕГИН П. А.<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет,  
<sup>2)</sup>Тихоокеанский государственный университет (Россия)

E-mail: d.kapsky@gmail.com

Аварийность является самой значимой издержкой дорожного движения. Поэтому любые мероприятия по организации дорожного движения должны быть оценены по критерию минимизации аварийных потерь. Для создания способа определения аварийных потерь необходимо разработать методики стоимостной оценки аварий различной тяжести последствий и прогнозирования аварий (экономическая оценка) и тяжести их последствий (количественная оценка опасности). Выполнены исследования, которые позволяют разработать соответствующие модели прогнозирования аварийности еще на стадии принятия решений по организации дорожного движения для конфликта «транспорт – пешеход». Взаимодействие пешеходных и транзитных транспортных потоков характеризуется высокой степенью опасности. Для того чтобы снизить число аварий и тяжесть их последствий в рассматриваемом конфликте, необходимо еще на стадии проектирования объекта и разработки мероприятия оценить предлагаемые решения, т. е. спрогнозировать аварийность.

Приведены исследования специфики взаимодействия транспортных и пешеходных потоков, а также анализ формирования пространственных конфликтных точек и создания конфликтных зон в исследуемом конфликте между транспортными средствами и пешеходами на регулируемых пешеходных переходах, расположенных в зоне перекрестков. Создана методика прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон для различных режимов движения на перекрестках. Установлены зависимости приведенной (по тяжести последствий) аварийности от потенциальной опасности конфликтов в различных режимах движения и для разных условий конфликтного взаимодействия.

**Ключевые слова:** конфликт «транзитный транспорт – пешеход», потенциальная опасность, прогнозирование аварийности, конфликтные зоны.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

## ACCIDENT PREDICTION METHODOLOGY USING CONFLICT ZONE METHOD FOR “TRANSIT TRANSPORT – PEDESTRIAN” CONFLICT SITUATION AND MODELS OF TRAFFIC FLOWS AT CONTROLLED INTERSECTION

*KAPSKY D. V.<sup>1)</sup>, PEGIN P. A.<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup> Belarusian National Technical University,  
<sup>2)</sup> Pacific National University, Russian Federation (Russia)

Accidents are considered as the most significant cost of road traffic. Therefore any measures for road traffic management should be evaluated according to a minimization criterion of accident losses. In order to develop a method for evaluation of the accident losses it is necessary to prepare a methodology for cost estimate of road accidents of various severity with due account of their consequences and prediction (economic assessment) and severity level of their consequences (quantitative risk assessment). The research has been carried with the purpose to devise appropriate models for accident prediction at a decision-making stage while organizing road traffic in respect of the “transport – pedestrian” conflict. An interaction of pedestrian and transit road traffic flows is characterized by rather high risk level. In order to reduce number of road accidents and severity of their consequences in the observed conflict, it is necessary to evaluate proposed solutions, in other words to predict accidents at the stage of object designing and development of measures.

The paper presents its observations on specificity of road traffic and pedestrian flow interactions and analysis of spatial conflict point formation and conflict zone creation in the studied conflict between transport facilities and pedestrians at controlled pedestrian crossings which are located in the area of intersections. Methodology has been developed for accident prediction in accordance with the conflict zone method for various traffic modes at intersections. Dependences of the represented road traffic accidents (according to consequence severity) on potential danger of conflicts have been determined for various traffic modes and various conditions of conflict interaction.

**Keywords:** “transit transport – pedestrian” conflict, potential danger, accident prediction, conflict zones.

Fig. 3. Tab. 1. Ref.: 10 tiles.

Известно, что самым опасным на перекрестках является конфликт с транспортными потоками прямого (транзитного) направления, что объясняется их высокой скоростью [1, 2]. На долю таких конфликтов приходится около 90 % всех аварий с пешеходами на регулируемых перекрестках. Конфликты «левоповоротный транспорт – пешеход» и «правоповоротный транспорт – пешеход» примерно одинаковы – на их долю выпадает около 5 и 6 % соответственно [1, 3–5]. В конфликтах с транспортом прямого направления почти две трети аварий совершаются с участием пешеходов, еще не дошедших до середины проезжей части. Основная причина такого распределения – дефицит времени на реагирование у водителя, поскольку пешеход оказывается в опасной зоне сразу после выхода на проезжую часть. В качестве сопутствующей причины примерно 20–25 % конфликтов пешеходов с транспортом прямого направления следует отметить недостаточную длительность переходного интервала светофорного регулирования, не обеспечивающую возможность всем пешеходам освободить проезжую часть до начала движения конфликтующего транспортного потока [2, 4, 6, 7]. Поэтому необходимо превентивно разрабатывать мероприятия по снижению аварийности в данном опасном виде конфликта.

Для исследуемого конфликта пространственная конфликтная точка, так же как и в конфликте «поворотный транспорт – пешеход», расположена посередине полосы движения на пешеходном переходе, а ее границы – это полосы и пешеходный переход (рис. 1). Таким образом, на пешеходном переходе число конфликтных точек равно количеству полос движения на входе в перекресток, и если имеется транзитный выход, – на выходе из него. Для каждого перехода аварийность рассчитывается отдельно для входа в перекресток и выхода из него, а результаты суммируются. Исследуемая выборка при разработке моделей прогнозирования аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» на 100 перекрестках составила 277 аварий, из которых в регулируемом режиме совершено 18 аварий с материальным ущербом, 151 авария с ранением и пять аварий со смертельным исходом. При этом в нерегулируемом режиме совершено четыре аварии с материаль-

ным ущербом, 96 с ранением и три с погибшими. Исследуемый конфликт имеет некоторые особенности, связанные со спецификой взаимодействия транзитных транспортных и пешеходных потоков в межфазном и нерегулируемом режимах.

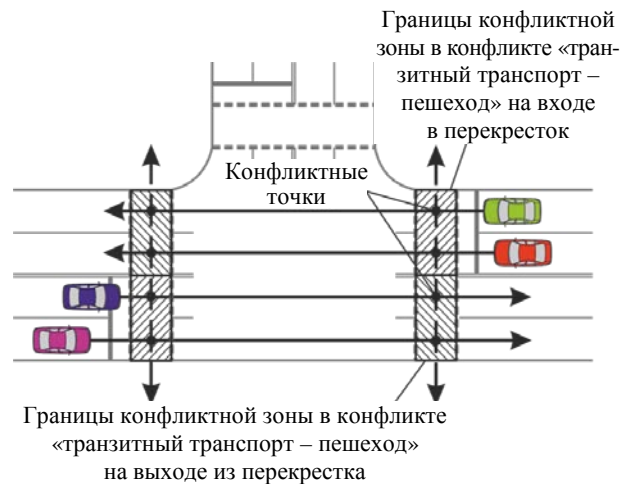


Рис. 1. Конфликтные точки и конфликтная зона

Структурная формула в модели прогнозирования аварийности в регулируемом (межфазном) режиме для расчета потенциальной опасности конфликтной точки имеет следующий вид:

$$P_o = K_{он}^{1,12} K_v^{1,1} K_b^{1,1} K_p^{0,94} K_n^{1,14} K_y^{1,08} K_r, \quad (1)$$

где  $K_{он}$  – коэффициент начальной вероятности конфликта, характеризующей вероятность одновременного появления двух конфликтующих участников в конфликтной зоне (ограниченной эллипсом, полуоси которого равны расстоянию, преодолеваемому конфликтующими участниками за 1 с), ед.;  $K_b$  – коэффициент вида конфликта, характеризующий габаритные особенности, которые присущи данным конфликтующим участникам;  $K_v$  – коэффициент скоростей, характеризующий влияние скоростей движения конфликтующих участников на вероятность возникновения конфликтной ситуации и перерастания ее в коллизию;  $K_p$  – коэффициент плотности, характеризующий влияние интенсивности и плотности транспортного потока на вероятность возникновения конфликтной ситуации и перерастания ее в коллизию;  $K_n$  – коэффициент нарушений, характеризующий вероятность возникновения конфликтной ситуации и перерастания ее в коллизию при грубых

нарушениях Правил дорожного движения;  $K_y$  – коэффициент условий, в которых происходит конфликтное движение;  $K_t$  – коэффициент времени, характеризующий продолжительность работы объекта под расчетной транспортно-пешеходной нагрузкой.

Коэффициент начальной вероятности конфликта  $K_{он}$  с учетом количества рядов пешеходов определяется по формуле

$$K_{он} = \frac{q_2^* \cdot 2n_{p1}}{t_{пр} \cdot C}, \quad (2)$$

где  $q_2^*$  – расчетная интенсивность движения транспортного потока, авт./с;  $t_{пр}$  – переходной интервал для транспорта, с;  $n_{p1}$  – число рядов пешеходов первого направления в цикле;  $C$  – длительность цикла светофорного регулирования, с.

Следует отметить, что рассматриваемые конфликты имеют место и при переходе от транспортной фазы к пешеходной, и при переходе от пешеходной фазы к транспортной. Поэтому потенциальная опасность конфликтной точки для двух переходных режимов суммируется. Коэффициент вида конфликта  $K_v$  определяется как произведение  $K_{v1}$  и  $K_{v2}$ . Коэффициент  $K_v$  зависит от габаритов, скорости движения и угла взаимодействия конфликтующих участников, под которыми в конфликте «транспорт – транспорт» понимаются движущиеся транспортные средства, т. е. системы «человек – машина». Этот коэффициент также зависит от возможности конфликтующих участников предпринять уклончивые действия для избежания коллизии, которая зависит от угла взаимодействия (или от взаимной видимости, или вида конфликта). Так, если конфликтующие участники движутся по одной траектории навстречу друг другу, то они прекрасно видят ситуацию и, если есть время, оба могут предпринять уклончивые действия для избежания столкновения. Если же они движутся по одной траектории, но попутно, и первый стоит в очереди, например перед стоп-линией светофора, а второй приближается к нему сзади, то первый участник ничего не может предпринять – он является пассивным, и все зависит только от второго конфликтующего участника, а опасность увеличивается, и коэффициент  $K_v$  растет. При этом рассматриваются средние бе-

лорусские водители, поскольку исследовали реальные транспортные потоки в городах нашей страны.

В то же время предприятие уклончивых действий – это физическая возможность системы «человек – машина» избежать столкновения или иной коллизии, а не мастерство конкретного водителя. В модели, чтобы избежать приближенных расчетов, все транспортные средства по своим габаритам и динамическим характеристикам классифицированы на восемь групп, каждая из которых имела свой динамический коэффициент приведения. В расчетах учитывали конкретный состав транспортного потока, который имеет место на конкретном объекте с конкретной траекторией данного конкретного вида конфликта в данном конкретном режиме движения.

Расчеты выполняли по [1], при этом в формулах вместо  $q_2$  брали значение расчетной (на полосе движения) интенсивности движения транзитного транспортного потока  $q_2^*$ . При расчете коэффициентов  $K_v$ ,  $K_p$ ,  $K_n$ ,  $K_b$ ,  $K_y$  и  $K_t$  использовали скорость движения транзитного транспортного потока  $v_2$  и иные его параметры [1].

Коэффициент боковой видимости  $K_{y31}$  определяли по формуле [6]

$$K_{y31} = \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{3v_p}{S_{61}} + \frac{8}{S_{62}} \right)^2 \geq 1, \quad (3)$$

где  $v_p$  – разрешенная скорость движения транспортных средств, м/с;  $S_{61}$  – главная (транспортная) сторона в треугольнике боковой видимости в конфликте «транзитный транспорт – пешеход», м ( $S_{61} \leq 3v_p$ );  $S_{62}$  – второстепенная (пешеходная) сторона в треугольнике боковой видимости в конфликте «транзитный транспорт – пешеход», м ( $S_{62} \leq 8$  м).

Коэффициент  $K_{y37}$ , учитывающий способ реализации переходного интервала для пешеходов ( $0,7 \leq K_{y37} \leq 1,0$ ), выбирается в зависимости от способа реализации и достаточности переходного интервала для пешеходов. Коэффициент времени  $K_t$  определяется по формуле

$$K_t = 10^{-3} \Phi_{пр} t_{прт} / C, \quad (4)$$

где  $t_{прт}$  – переходной интервал для транспортного потока, с;  $\Phi_{пр}$  – годовой фонд времени ра-

боты регулируемого перекрестка под расчетной нагрузкой в этом режиме.

Далее определяли потенциальную опасность конфликтной зоны. Аварийность зависит не только от числа и типа конфликтных точек, но и от расстояния между ними, при этом можно говорить о наличии на каждом конфликтном объекте опасных зон. Г. Раппопорт [8] утверждает, что при «тесном» расположении конфликтных точек, т. е. ближе 15 м друг от друга, в случае, если между ними нет разделительной полосы, опасность в два раза меньше, чем при ином, «рассредоточенном», их расположении. При «тесном» расположении конфликтные точки образуют некую опасную зону, при проезде которой водитель более собран и внимателен. Таким образом, при компактном расположении конфликтных точек они каким-то образом взаимодействуют между собой. Характер взаимодействия конфликтных точек до конца не ясен, но можно предположить, что он лежит в области психофизиологии человека (водителя, пешехода). Поэтому расположение конфликтных точек на объекте является значимым фактором и учитывается в модели прогнозирования аварийности путем формирования конфликтных зон. Конфликтная зона – это неразрывная группа компактно расположенных и взаимодействующих между собой пространственных конфликтных точек, границы которых соприкасаются или пересекаются.

Определение конфликтных зон можно проводить по специальной программе [9, 10] либо графически на масштабном плане объекта, где нанесены траектории движения всех конфликтующих потоков и в местах их пересечения (слияния, отклонения) показано расположение геометрических конфликтных точек. Затем для каждой геометрической конфликтной точки наносят границы пространственных конфликтных точек (рис. 1).

Необходимо отметить, что в конфликтной зоне второстепенный конфликтующий участник преодолевает несколько последовательно расположенных конфликтных точек, из которых одна, самая «тяжелая» (опасная) – для него «главная». Опасность в этой «главной» конфликтной точке является именно той опасностью, на которую участник психологически настраивается и по которой он соизмеряет свои

действия. Поэтому более «легкие» конфликтные точки, встречающиеся до или после «главной» конфликтной точки, преодолеваются им значительно легче, с запасом. В результате значимость (весомость) «легких» конфликтных точек в пределах конфликтной зоны несколько снижается, а «тяжелых» (из-за возможной недооценки опасности), наоборот, возрастает. Если же водитель преодолевает несколько совершенно независимых конфликтных точек, не входящих в конфликтную зону, то в каждой из них он должен оценивать наибольшую опасность и принимать соответствующие решения. Это обстоятельство отображается при суммировании потенциальной опасности конфликтных точек в пределах конфликтной зоны.

По аналогии с конфликтными точками принято считать, что конфликтные зоны взаимодействуют между собой. Взаимозависимость внутри конфликтной зоны связана с оценкой конфликтующим участником (водителем или пешеходом) наибольшей опасности и его настроенностью на ее преодоление. Но после прохождения конфликтной зоны эта настроенность исчезает не мгновенно, а постепенно, в течение 1,0–1,5 с, что вполне согласуется с упоминаемым Г. Раппопортом [8] расстоянием 15 м между конфликтными точками. Поэтому в модели определения потенциальной опасности объекта несколько уменьшается значимость «небольших» конфликтных зон, расположенных на траектории движения второстепенных транспортных потоков, проходящих через «главные», «тяжелые» конфликтные зоны. В связи с этим потенциальная опасность второстепенных («небольших») конфликтных зон в случае, если они связаны между собой общими траекториями движения второстепенных транспортных потоков, уменьшается. В результате учитывается не номинальная  $P_{oz}$ , а так называемая расчетная опасность  $P_{oz}^*$  второстепенных конфликтных зон. Таким образом, потенциальная опасность конфликтной зоны определяется по формуле

$$P_{oz} = \left[ \sum_{k=1}^K (P_o - P_{o0})_k^{0,75} \right]^{0,9}, \quad (5)$$

где  $P_{o0}$  – порог чувствительности для регулируемого режима ( $P_{o0} = 0,82$  ед.).

Следует пояснить понятие «порог чувствительности». Известно, что некоторые конфликтные объекты работают безаварийно в течение длительного времени. Детальный очаговый анализ аварийности на объектах показал, что в значительной части конфликтных точек аварии также отсутствуют. Это говорит о том, что потенциальная опасность, не превышающая некоторого критического (порогового) значения, не вызывает очаговой аварийности. Порог чувствительности – это минимальная величина потенциальной опасности в конфликтной точке, которая с доверительной вероятностью 0,5 не вызывает аварий в количестве 0,333 ав./год и более. Физический смысл этого явления заключается в том, что система ВАДС (водитель – автомобиль – дорога – среда движения) способна самостоятельно разрешать конфликты малой опасности. При этом постоянное совершенствование конструкции автомобилей в области активной и пассивной безопасности, рост профессионального уровня водителей, подготовка пешеходов к участию в дорожном движении и другие факторы привели к тому, что минимальный уровень опасности, который разрешается автоматически в системе ВАДС, или так называемый порог чувствительности потенциальной опасности со временем постепенно повышается. В разработанных моделях потенциальная опасность конфликтных точек, которая меньше порога чувствительности, не суммируется при определении потенциальной опасности конфликтных зон. В процессе исследований установлены значения порога чувствительности для всех видов конфликта.

Определим вероятное число аварий:

- приведенных

$$P'_a = 0,014P_{oz}^2 - 0,058P_{oz} - 0,004; \quad (6)$$

- не приведенных

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{пао}^\Sigma} = 0,229P'_a, \quad (7)$$

где  $K_{пао}^\Sigma$  – суммарный динамический коэффициент приведения аварий в нерегулируемом режиме конфликта «транзитный транспорт – пешеход» (табл. 1).

С учетом табл. 1 вероятное число аварий со смертельным исходом

$$P_a^c = 0,0282P_a. \quad (8)$$

Вероятное число аварий

$$P_a^p = 0,7746P_a. \quad (9)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных)

$$P_a^m = 0,1972P_a. \quad (10)$$

Таблица 1

Доля аварий  $\delta_a$  и динамические коэффициенты приведения  $K_{пао}$  в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» на регулируемых перекрестках

Авария	Режим движения			
	нерегулируемый		регулируемый	
	$K_{пао}$	$\delta_a$	$K_{пао}$	$\delta_a$
Со смертельным исходом ( $K^c, \delta^c$ )	8,0	0,0292	10,500	0,0282
С ранениями ( $K^p, \delta^p$ )	4,0	0,9320	5,000	0,7746
С материальным ущербом ( $K^m, \delta^m$ )	1,0	0,0388	1,000	0,1972
Суммарно ( $K^\Sigma$ )	4,0	1,0000	4,366	1,0000

Зависимость аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» регулируемого режима от потенциальной опасности показана на рис. 2. Видно, что зависимость аварийности от потенциальной опасности статистически значима и имеет высокую точность прогноза ( $E = 0,49$ ).

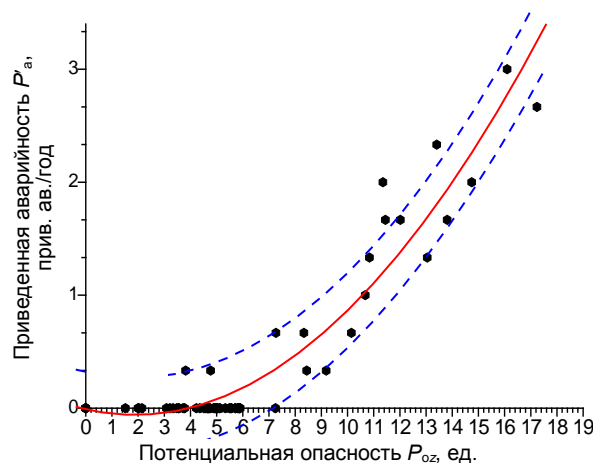


Рис. 2. Зависимость приведенной аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности регулируемого режима:

— —  $P'_a = - 0,004 - 0,058P_{oz} + 0,014 P_{oz}^2$   
 ( $R = 0,9$ ;  $F$ -критерий = 450,1;  $E = 0,49$ );  
 - - - - границы 90%-го доверительного интервала

**Модель прогнозирования аварийности нерегулируемого режима.** Структурная формула для расчета потенциальной опасности конфликтной точки имеет следующий вид:

$$P_{\text{о}}^{\text{нр}} = K_{\text{он}}^{0,98} K_v^{1,16} K_B^{1,04} K_p^{0,96} K_H^{1,2} K_Y^{1,1} K_t. \quad (11)$$

При определении потенциальной опасности конфликтных точек коэффициенты  $K_{\text{он}}$ ,  $K_v$ ,  $K_p$ ,  $K_H$ ,  $K_B$ ,  $K_Y$  и  $K_t$  определяются аналогично [1] (нерегулируемый режим).

Потенциальная опасность конфликтной зоны определяется по формуле

$$P_{\text{оз}} = \left[ \sum_1^K (P_{\text{o}} - P_{\text{o0}})_k^{0,7} \right]^{0,8}, \quad (12)$$

где  $P_{\text{o0}}$  – порог чувствительности для нерегулируемого режима ( $P_{\text{o0}} = 0,63$  ед.).

Вероятное число приведенных аварий вычисляли следующим образом

$$P'_a = 0,267P_{\text{оз}} - 0,364. \quad (13)$$

Вероятное число неприведенных аварий  $P_a$  с учетом данных табл. 1 определяли по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\text{пао}}^{\Sigma}} = 0,25P'_a. \quad (14)$$

Вероятное число аварий со смертельным исходом

$$P_a^c = 0,0292P_a. \quad (15)$$

Вероятное число аварий с ранением

$$P_a^p = 0,9320P_a. \quad (16)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных)

$$P_a^m = 0,0388P_a. \quad (17)$$

Зависимость аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» нерегулируемого режима от потенциальной опасности показана на рис. 3. Видно, что зависимость является статистически значимой и имеет высокую точность прогноза.

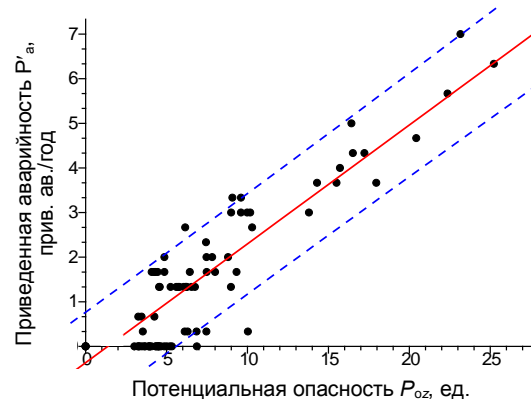


Рис. 3. Зависимость приведенной аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности нерегулируемого режима:

— —  $P'_a = 0,267P_{\text{оз}} - 0,364$

( $R = 0,83$ ;  $F$ -критерий = 466,7;  $E = 0,53$ );

- - - границы 90 % доверительного интервала

## ВЫВОД

На основании проведенных экспериментальных и аналитических исследований для регулируемых перекрестков разработана методика прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон, включающая модели прогнозирования аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» и соответствующие зависимости аварийности от потенциальной опасности конфликтов, учитывающие специфику и опасность конфликтного взаимодействия, что позволяет получить точный прогноз аварийности на стадиях выбора решений, проектирования, реконструкции или функционирования объекта. Исходя из результатов работы представляется целесообразным продолжить исследования по данной тематике. В частности, возможно совершенствование метода «конфликтных зон» внутри групп факторов с помощью разработанных компьютерных программ, а также метода прогнозирования аварийности за счет большей детализации видов конфликтов и введения в расчетную модель фактора скорости и конфликтных зон.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении / Д. В. Капский. – Минск: БНТУ, 2008. – 243 с.

2. **Пегин, П. А.** Повышение средней скорости движения транспортных средств на опасных участках дороги / П. А. Пегин // Вестник Тихоокеан. гос. ун-та. – 2011. – № 1 (20). – С. 135–142.

3. **Коржова, А. В.** Анализ аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» в зоне пешеходного перехода / А. В. Коржова, Д. В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике: материалы Седьмой междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. – Минск: БНТУ, 2009. – Т. 2. – С. 268–269.

4. **Кот, Е. Н.** Оценка аварийности в конфликте «поворотный транспорт – пешеход» на регулируемых перекрестках / Е. Н. Кот, Д. В. Капский // Вестник БНТУ. – 2005. – № 4. – С. 39–41.

5. **Пегин, П. А.** Повышение транспортной безопасности: обеспечение видимости дорожных знаков в сложных погодных-климатических условиях / П. А. Пегин, С. В. Борзыкин. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 159 с.

6. **Врубель, Ю. А.** Организация дорожного движения: в 2 ч. / Ю. А. Врубель. – Минск: Белорус. фонд безопасности дорож. дв-я, 1996. – Ч. 1. – 328 с.

7. **Капский, Д. В.** Учет «человеческого фактора» в модели определения потенциальной опасности при прогнозировании аварийности по методу «конфликтных зон» / Д. В. Капский // Вестник Тихоокеан. гос. ун-та. – 2012. – № 2 (25). – С. 123–126.

8. **Rappoport, H. A.** Die Ausbildung Plangeicher Knotenpunkte im Landstrassennetz / H. A. Rappoport // Strassen und Tiefbau. – 1955. – No 8. – P. 499–510.

9. **Crossroad:** свидетельство о регистрации компьютерной программы № 141: C20100015 / Д. В. Капский; дата публ. 04.03.2010.

10. **Врубель, Ю. А.** Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск: БНТУ, 2006. – 240 с.

2. **Pegin, P. A.** (2011) Increase of Vehicle Average Speed at Road Danger Areas. *Vestnik Tihookeanskogo Gosudarstvennogo Universiteta* [Bulletin of Pacific National University], 1 (20), 135–142 (in Russian).

3. **Korzhova, A. V., & Kapsky, D. V.** (2009) Analysis of Accidents for “Transit Transport – Pedestrian” Conflict Situation in the Zone of Pedestrian Crossing. *Nauka – Obrazovaniiu, Proizvodstvu, Ekonomike. Materialy Deviatoi Mezhdunarodnoi Nauchno-Tekhnicheskoi Konferentsii* [Science for Education, Industry and Economics. Proceedings Sed'moj of the 7<sup>th</sup> International Scientific-Research Conference. Vol. 2]. Minsk, BNTU, 268–269 (in Russian).

4. **Kot, E. N. & Kapsky, D. V.** (2005) Accident Assessment For “Turning Transport – Pedestrian” Conflict at Controlled Intersections. *Vestnik BNTU* [Bulletin of the Belarusian National Technical University], 4, 39–41 (in Russian).

5. **Pegin, P. A., & Borzykin, S. V.** (2013) *Improvement of Transport Safety: Provision Road Sign Visibility Under Severe Weather and Climate Events*. Khabarovsk: Publishing House of Pacific State University. 159 p. (in Russian).

6. **Vrubel, Yu. A.** (1996) *Organization of Road Traffic. Part. 1*. Minsk: Belarusian Fund of Road Traffic Safety. 328 p. (in Russian).

7. **Kapsky, D. V.** (2012) Account of Human Factor in the Model for Determination of Potential Danger While Forecasting Accidents in Accordance with the “Conflict Zone” Method. *Vestnik Tihookeanskogo Gosudarstvennogo Universiteta* [Bulletin of Pacific National University], 2 (25), 123–126 (in Russian).

8. **Rappoport, H. A.** (1955) Die Ausbildung Plangeicher Knotenpunkte im Landstrassennetz. *Strassen und Tiefbau* [Roads and Civil Works], 8, 499–510 (German).

9. **Kapsky, D. V.** (2010) Crossroad. Certificate on Registration of Computer Program No 141; C20100015. (in Russian).

10. **Vrubel, Yu. A., Kapsky, D. V., & Kot, E. N.** (2006) *Determination of Losses in Road Traffic*. Minsk: BNTU. 240 p. (in Russian).

#### REFERENCES

1. **Kapsky, D. V.** (2008) *Accident Forecast in Road Traffic*. Minsk: BNTU. 243 p. (in Russian).

Поступила 18.11.2014