

УДК 656.13:625.7

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Л.С. Абрамова, доц., к.т.н., В.В. Ширин, доц., к.т.н., Г.Г. Птица, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Приведены результаты анализа методов определения показателей безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах, которые позволили сформировать их классификацию. Выявлены преимущества и ограничения рассмотренных методов. Выделен метод, который является основой нормативной документации Украины.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, конфликтная ситуация, дорожные условия, режим движения.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Л.С. Абрамова, доц., к.т.н., В.В. Ширін, доц., к.т.н., Г.Г. Птиця, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Наведено результати аналізу методів визначення показників безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах, які дозволили сформувати їх класифікацію. Виявлено переваги та обмеження розглянутих методів. Виділено метод, який є основою нормативної документації України.

Ключові слова: безпека дорожнього руху, конфліктна ситуація, дорожні умови, режим руху.

ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING ROAD SAFETY

L. Abramova, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), V. Shirin, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
G. Ptitsa, P. G., Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. Results of the analysis methods for determining the road safety indexes on the roads, which allowed to form their classification are carried out. The advantages and limitations of the methods considered are revealed. The method that is the basis of regulatory documents of Ukraine is specified.

Key words: road safety, conflict situation, road conditions, driving mode.

Введение

ДТП наносят экономике Украины значительный ущерб. По данным ВОЗ и Всемирного банка, потери экономики Украины от ДТП достигают 5 млрд долл США, что составляет 3,6 % ВВП страны. Основная доля ущерба приходится на затраты, связанные с гибелью или ранением людей в результате ДТП. В целом за 24 года независимости вследствие ДТП на дорогах Украины погибло более 150 тыс. человек и 1 млн получили тяжелые телесные повреждения, 500 тыс. остались инвалидами. Решение проблемы обеспечения

безопасности дорожного движения (БДД) относится сегодня к наиболее приоритетным задачам развития страны.

Анализ публикаций

В настоящее время приняты и действуют ряд документов, которые направлены на повышение БДД: «Державна цільова програма підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2016 року» [1], Проект «Національний план дій у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху на період до 2020 року» [2], «Стратегія підвищення рівня безпе-

ки дорожного руху в Україні на період до 2015 року» [3], «Транспортна стратегія України на період до 2020 року» [4]. Одной из основных задач действующих нормативных документов является повышение надежности системы управления БДД [5], которая включает в себя различные этапы функционирования: оценку и анализ состояния БДД; разработку мероприятий по повышению БДД и реализацию мероприятий по повышению БДД.

Цель и постановка задачи

В условиях ограниченности материальных ресурсов проблему повышения уровня БДД и повышения надежности системы управления БДД необходимо решать, в первую очередь, путем усовершенствования существующих и разработки новых методов определения и анализа аварийности на автомобильных дорогах [6], что даст возможность выявлять негативные факторы, влияющие на БДД, и обоснованно разрабатывать управляющие воздействия для предотвращения ДТП и их

последствий. Вопросу исследования и анализа известных методов посвящена статья.

Анализ методов определения БДД

Для оценки БДД применяются методы, основанные на определении показателей, которые характеризуют защищенность участников движения. Условно все существующие методы можно разделить на группы (рис. 1).

К первой относятся статистические методы, основанные на обработке данных о ДТП. Ко второй – методы, в которых оценочными параметрами являются условия и режимы движения автомобилей. К третьей – методы, основанные на анализе конфликтных ситуаций. К четвертой – методы, основу которых составляет оценка поведения водителя. К пятой – методы, основанные на комплексном подходе к оценке безопасности движения [7]. Анализ и особенности применения рассматриваемых методов приведены в табл. 1.



Рис. 1. Группы методов определения БДД

Таблица 1 Результаты анализа методов определения безопасности дорожного движения

Метод/Автор	Вид модели	Преимущества	Недостатки
Относительный коэффициент аварийности (на участке магистрали) [8]	$k_a = \frac{10^6 \sum n_{ДТП}}{(365N)}$	В отличие от абсолютных величин аварийности (количество ДТП, пострадавших, погибших), дают возможность определения сопоставимых данных при анализе безопасности дорожного движения (ДД) с учетом интенсивности ТП и/или длины участков дорог	Для получения достоверной оценки безопасности движения необходимо иметь статистические данные ДТП за 3-5 лет. Приведенные методы не отражают связь с конкретными условиями движения. Это затрудняет разработку мероприятий, направленных на устранение мест концентрации ДТП
Относительный коэффициент аварийности (на локальном участке) [8]	$k_a = \frac{\sum n_n \cdot 10^7}{365 \cdot N}$		
Коэффициент тяжести происшествия [8]	$k_T = \frac{\sum n_y}{\sum n_p}$		

Продолжение табл. 1

Метод/Автор	Вид модели	Преимущества	Недостатки
Опасность участка на УДС (Ф. Рейнгольд; для СССР – О. Дивочкин [9])	$V_0 = p_0 n_0 + p_1 n_1 + p_2 n_2 + p_3 n_3$	Определение наиболее опасных мест, путем учета тяжести отдельных ДТП	Не учитывает интенсивности движения и рассчитан на отдельный короткий участок дороги (пересечение, мост)
Метод конфликтных точек (предложен Рапортом Г. в 1955 г. [10])	Пятибалльная система оценки конфликтных точек $m = n_0 + 3n_C + 5n_{II}$	Основывается на определении точки отклонения, слияния и пересечения. Анализ точек позволяет сравнивать между собой различные варианты схем организации движения	Упрощенные оценки конфликтных точек дают возможность лишь приблизительно оценить сложность того или иного транспортного узла. Учитывается лишь траектория, по которой совершается маневр, а опасность конфликтной точки зависит от многих факторов, таких как интенсивность конфликтующих потоков, условия видимости для водителей, состояние покрытия проезжей части дороги. Не разработана количественная оценка конфликтных точек пересечения транспортных и пешеходных потоков
	Десятибалльная система оценки конфликтных точек	Дает возможность детально анализировать конфликтные точки на любом участке УДС, в частности, учитывать угол встречи при возможном конфликте и транспортных потоков	
Методика оценки численного показателя конфликтности (предложена Лобановым Е.М. [11])	$K_a = \frac{G \cdot 10^7 K_r}{(M + N) 25}$; $G = \sum_{i=1}^n g_i$; $g_i = K_i M_i N_i \frac{25}{K_r} 10^{-7}$.	Учитывает опасность конфликтной точки, которая зависит от интенсивности конфликтующих потоков, условий видимости для водителей, состояния покрытия ПЧ дороги и траектории маневра	Не разработана количественная оценка конфликтов пересечения транспортных и пешеходных потоков. Множество факторов, влияющих на безопасность движения в условных конфликтных точках, не позволяет сделать выводы о характере опасности на конкретном объекте УДС. Не позволяет обоснованно предлагать мероприятия по улучшению организации дорожного движения
Методика оценки численного показателя конфликтности (В. Шнабель, Д. Лозе [12])	$G_n = \sum_{i=1}^n K_o \cdot G_i$; $G_i = (K_o \cdot M_{\min}) / 10^4$.	Учитывает только минимальную интенсивность конфликтующих потоков и коэффициент опасности осуществления отдельного маневра	
Метод конфликтных ситуаций (научно-исследовательская лаборатория фирмы «Дженерал моторс» 1967 год [13])	$K_{kc} = 0,44 \cdot K_1 + 0,83 \cdot K_2 + K_3$, где K_1, K_2, K_3 – соответственно легкие, средние и критические конфликтные ситуации	Является продолжением метода конфликтных точек и применяется при разработке проектов реконструкции сложных участков дорог. Учитывает изменение скорости или траектории движения автомобиля, продольные и поперечные ускорения	Для применения метода КС необходимы данные о режимах движения автотранспортных средств, которые могут быть получены с помощью автомобилей-лабораторий. Ведется учет только количества теоретически возможных контактов вне зависимости от фактической интенсивности транспортных потоков и их распределения по проезжей части (по типу маневров). Не учитываются контакты и конфликты между транспортным и пешеходным потоками, тип и состояние покрытия проезжей части, наличие конфликтов в попутном направлении движения транспортных средств при слиянии направлений движения
Анализ отклонений от нормального поведения участников дорожного движения (Д. Клеберсберг [14])	Метод заключается в анализе сложного психологического взаимодействия водителя и условий движения	Проводится анализ поведения участника дорожного движения по 40 критериям качества вождения, которое является основной или косвенной причиной ДТП в 93 % случаев. Учитывает все возможные отклонения от «эталонного» (нормального) дорожного поведения участников движения	Дорожное поведение участников движения рассматривается как системная характеристика безопасности дорожного движения. Выставление балльной оценки обязательно отдельным участником. Параметры поведения водителей не могут рассматриваться в качестве критерия прогноза безопасности
Метод тестирования водителя (Гаврилов Э.В. [15])	Относительный сдвиг частоты сердечбиений $F = \frac{f - f_0}{f} \cdot 100$. Энергетическая стоимость (ккал/мин) движения водителя $E = 0,0075 \cdot (C - C_0) \cdot S$		Сложность при подборе водителей с учетом всех особенностей физического и морального состояния, темперамента человека, возрастного и полового признаков. Значительные трудности в организации опытных заездов с заданной скоростью 80 км/ч в условиях города

Окончание табл. 1

Метод/Автор	Вид модели	Преимущества	Недостатки
Квалиметрический метод (Сиденко В.М., Рыбальченко А.А. [16])	$K_{БД} = K_T + K_{ЭР} + K_{Э},$ где $K_T, K_{ЭР}, K_{Э}$ – соответственно технические, эргономические и экономические факторы	Учитывает большое число факторов, влияющих на безопасность движения. Факторы разделены на три группы: технические, эргономические и экономические. Показатель $K_{БД}$ является комплексным показателем условий безопасности дорожного движения и учитывает различные факторы системы ВАДС	Выделение пассивных и активных факторов, влияющих на безопасность движения, проведено методом экспертных оценок (количество экспертов 11). Полученные весовые характеристики различных факторов не отображают особенности движения транспортных потоков в условиях города и на дорогах вне населенных пунктов. Весовые коэффициенты факторов получены в результате опроса 11 экспертов еще в 70-х годах прошлого века
Комплексный подход (Полищук В.П. [17, 18])	Целевая функция повышения уровня БДД $F = D - S \rightarrow \min,$ где D – суммарные потери общества от произошедших ДТП; S – стоимость работ	Определение и управление уровнями БДД на сети АД осуществляется с учетом макро и микроэкономических показателей региона	Определение аварийности осуществляется, по показателям первой группы. Применяется при общем системном анализе дорожного движения в регионе
Определение аварийности на основе анализа энергетических показателей ДД (Дудников А.Н. [19])	$\begin{cases} K_{1_i}^n = q_m \cdot (V_{sr_i})^3, \\ K_{2_i}^n = 3 \cdot q_m \cdot V_{sr_i} \cdot j_i , \\ K_{3_i}^n = 3 \cdot q_m \cdot (V_{sr_i})^2 \cdot j_i . \end{cases}$ где $K_{1_i}^n, K_{2_i}^n, K_{3_i}^n$ – мгновенная, пространственная и временная энергетические характеристики движения	Учитывает режимы движения транспортных потоков	Определяет потенциальную тяжесть ДТП по характеристикам транспортного потока (величина кинетической энергии транспортного средства (Дж) или мощность движения транспортного потока (Дж/с)), что не позволяет детально выявить причины совершения ДТП
Коэффициент безопасности (Бабков В.Ф. [20, 21])	$K_{без} = \frac{V_{max}}{V_{вх}}$	Оценивает режим движения одиночных автомобилей, что характерно для УД на дорогах с малой интенсивностью или в межпиковые часы движения на более загруженных дорогах	Не учитываются ограничения скорости движения согласно Правилам дорожного движения и рассчитанные ограничения скорости на сложных участках дороги
Итоговый коэффициент аварийности (Бабков В.Ф. [6, 22])	$K_{ит} = \prod_{i=1}^n K_i;$ $K_i = \frac{n_{ДТП}^i}{n_{ДТП}^{эт}}$	Учитываются условия движения транспортных потоков. Применяется при прогнозировании аварийности. Имеет широкое практическое применение при оценке влияния условий движения на БДД для определения наиболее опасных участков автомобильных дорог. Является основой нормативной документации по определению БДД в Украине [8]	Частные коэффициенты аварийности не интерполируют, а выбирают ближайшие значения по таблицам. Коэффициенты аварийности не позволяют учитывать изменения параметров условий движения и методов организации движения. Для анализа необходимо получить произведение большого количества вероятностных показателей, что приводит к увеличению ошибки его определения. Выявление множества параметров УД (18 частных коэффициентов аварийности) требует временных и трудовых затрат. Специалисты дорожных организаций оценивают различные УД на инженерно-интуитивном уровне. Не учитывается взаимозависимость частных коэффициентов аварийности

Выводы

Определение уровня безопасности дорожного движения необходимо при исследованиях дорожного движения и дает возможность выявлять негативные факторы, влияющие на БДД, что позволяет обоснованно разрабатывать управляющие воздействия для предотвращения ДТП и их последствий.

Анализ известных методов определения аварийности дорожного движения показал, что для решения вопросов повышения безопасности из всех существующих методов выявления аварийно-опасных участков дорог приоритет имеют методы, которые учитывают влияние различных факторов на безопасность дорожного движения. Наиболее полным по числу анализируемых факторов и по статистической обеспеченности является метод итоговых коэффициентов аварийности, который является основой нормативно-правовой документации Украины, но имеет ряд ограничений для решения практических задач. Анализ практического применения данного метода позволил выявить особенности, связанные со сложностью и неоднозначностью определения значений параметров условий движения, что приводит к их оценке на субъективном инженерно-интуитивном уровне. Следовательно, необходимо провести дополнительные исследования с целью совершенствования данного метода.

Литература

1. Підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2016 року: Державна цільова програма від 25 березня 2013 р. №294: прийнята на засіданні Кабінету Міністрів України 25 березня 2013 р. // Офіційний вісник України. – 2013. – № 32. – С. 26 (Ст. 1130).
2. Десятилетия действий по обеспечению безопасности дорожного движения на 2011-2020 годы: резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 2 марта 2010 г. № 64/255: принята на 74-м пленарном заседании Генеральной Ассамблеи ООН. – A/RES/64/255, 2010. – 8 с.
3. Підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2015 року: стратегія від 25 травня 2011 р. № 480-р: прийнята на засіданні Кабінету Міністрів України 25 травня 2011 р. // Офіційний вісник України. – 2011. – № 42. – Ст. 1724.
4. Транспортна стратегія України на період до 2020 року від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р.: прийнята на засіданні Кабінету Міністрів України 20 жовтня 2010 р. // Офіційний вісник України. – 2010. – № 92 (Ч. 2). – Ст. 3280.
5. Про систему управління безпекою руху на автомобільному транспорті (на всіх рівнях – міністерство-підприємство) від 12 листопада 2003 р. № 877: типове положення: наказ Мін. транспорту України // Транспорт України – нормативне регулювання. -2003, 12, 31. – № 23-24. – 46 с.
6. Амбарцумян В.В. Безопасность дорожного движения: учебное пособие / В.В. Амбарцумян, В.Н. Бабанин, О.П. Гуджоян, А.В. Петридис; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1998. – 304 с.
7. Птица Г.Г. Классификация методов определения показателей безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах / Л.С. Абрамова, Г.Г. Птица // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы Международной научно-практической конф. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 25–27 апреля 2013 г. – Т. 2. – С. 8–16.
8. Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України: М 218-03450778-652:2008. – Введ. вперше 2008-01-01. – К.: ДерждорНДІ, 2008. – 43 с.
9. Клишковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учеб. для вузов. / Г.И. Клишковштейн, М.Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. – 248 с.
10. Rappoport H. A. Die Ausbildung plangeicher Knotenpunkte im Landstrassennetz / H.A. Rappoport // Strassen und Tiefbau. – 1955. – № 8. – P. 499–510.
11. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 310 с.
12. Werner Schnabel Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung. dritte volstaendig ueberarbeitete Auflage / Werner Schnabel, Dieter Lohse. DIN, Kirschaum, Beuth. Berlin, Wien, Zuerich, 2011. Band 1. – 619 p., Band 2. – 632 p.
13. Принципы и инструменты для повышения безопасности дорожного движения на до-

- рогах общего пользования. Международный опыт: сборник / учредитель Е.П. Хаапаниemi, Е. Сваткова: – Россия-Финляндия, Архангельск, 2008. – 270 с.
14. Клебельсберг Д. Транспортная психология / Д. Клебельсберг. – М.: Транспорт, 1989. – 368 с.
15. Гаврилов Э.В. Оценка безопасности движения по методу тестирования / Э.В. Гаврилов, С.М. Михович и др. // Комплексное развитие автомобильного транспорта крупных городов. – М.: Изд. СоюздорНИИ, 1986. – С. 178–179.
16. Сиденко В.М. Комплексный метод оценки безопасности дорожного движения / В.М. Сиденко, А.А. Рыбальченко // Автодорожник Украины: науч.-тех. сборник. – 1978. – №3. – С. 42–43.
17. Поліщук В.П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В.П. Поліщук // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції: збірник наукових праць. – Донецьк, 15–16 листопада 2012 р. – С. 226–229.
18. Поліщук В.П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, Т.В. Бондар // Вісник НТУ. – 2008. – №17, Ч. 2. – С. 88–99.
19. Дудніков О.М. Аналіз та підвищення безпеки дорожнього руху на основі енергетичних характеристик транспортного потоку: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / О.М. Дудніков. – К., 2003. – 23 с.
20. Дивочкин О.А. Оценка безопасности на автомобильных дорогах / О.А. Дивочкин, А.Р. Цыганов, В.В. Чванов // Обзорная информация ЦБНТИ. – 1988. – Вып. 5. – С. 60.
21. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.
22. Забышный А.С. Теоретические основы метода коэффициентов аварийности / А.С. Забышный // Автомобильные дороги: науч.-тех. журнал. – 1990. – № 9. – С. 14–15.

Рецензент: И.С. Наглюк, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 15 июня 2015 г.
