

УДК 656.13.08

Г. М. Кухаренок, д-р техн. наук, проф., Д. В. Капский, канд. техн. наук, доц.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ АВАРИЙНОСТИ НА КОНФЛИКТНЫХ ОБЪЕКТАХ

Рассмотрены аспекты повышения безопасности дорожного движения на основе прогнозирования и оценки аварийности по методу потенциальной опасности на конфликтных объектах (перекрестках и пешеходных переходах).

В Республике Беларусь ежегодно происходит свыше 100 000 аварий, в которых погибает около 1 700 человек и примерно 8 000 человек получают ранения. Суммарные потери от аварийности, включая социальную составляющую, достигают величины порядка 200 млн долл. США ежегодно. При этом с ростом уровня автомобилизации эти потери будут неуклонно возрастать. Повышение безопасности движения сдерживается отсутствием надежных методов прогнозирования аварийности. Существующие методы прогнозирования аварийности непригодны для практических работ по оптимизации решений в области организации дорожного движения на стадии их разработки или проектирования объектов. Необходимо резко повысить точность прогнозирования, чтобы любое решение по организации дорожного движения можно было объективно оценить и оптимизировать по критерию безопасности еще на стадии разработки или проектирования. Это позволит существенно снизить аварийность, особенно на конфликтных объектах — перекрестках и пешеходных переходах. Такая работа ведется в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ).

Существуют четыре основных метода прогнозирования аварийности — **статистический**, **конфликтных ситуаций**, **потенциальной опасности** [1, 2] и **экспертный** [3, 4]. Метод потенциальной опасности не требует ни реального объекта, ни статистики аварийности и дает прогноз по совокупности факторов, влияющих на аварийность, которые мож-

но либо измерить на реальном объекте, либо задать в любой комбинации при проектировании. Поэтому он применим для оптимизации решений как на реальном объекте, так и на стадии разработки или проектирования. Данный метод отличается невысокой точностью прогноза [1]. *Потенциальная опасность* — это невидимая, скрытая опасность, которая является некой сложной, закодированной функцией многих факторов и множества их комбинаций — интенсивности, скорости, регулирования, условия движения и т. д. Существуют три модификации метода потенциальной опасности — *метод линейных графиков*, *метод конфликтных точек* и *метод замедлений*. *Метод конфликтных точек* заключается в подсчете потенциальной опасности в каждой конфликтной точке с последующим суммированием в пределах перекрестка. Метод применим для прогнозирования аварийности на конфликтных объектах.

В работе приведены направления и результаты совершенствования метода, который позволяет оценить имеющиеся аварийные потери и тяжесть их последствий на основе более детального подхода к процессу конфликтного взаимодействия потоков на различных конфликтных объектах улично-дорожной сети (пешеходных переходах и перекрестках).

Потенциальная опасность определяется для трех режимов конфликтного движения: нерегулируемого, когда светофорный объект работает в ре-

жиме желтого мигания; внутрифазного, когда конфликтное движение происходит внутри одной фазы светофорного цикла, например, при левом конфликтном повороте; межфазного, когда конфликтное движение происходит при смене фаз — транспортные средства предыдущего направления еще не ушли из конфликтной точки, а транспортные средства последующего направления уже пришли в эту точку, причем все они якобы идут на зеленый сигнал светофора. Затем потенциальная опасность конфликтных точек суммируется в пределах перекрестка и по этой сумме определяется вероятное число аварий для каждого режима. Уточнены некоторые *расчетные зависимости внутри групп факторов*, которые касаются, в основном, межфазного режима движения и являются следствием логического анализа связей между отдельными факторами внутри псевдонезависимых групп факторов. В структурную формулу введен *коэффициент времени*, характеризующий продолжительность работы объекта в каждом из трех режимов движения.

Введено понятие *конфликтной зоны*, которая представляет собой группу компактно расположенных и взаимодействующих между собой конфликтных точек, границы которых пересекаются. Конфликтные зоны различны для каждого режима движения и могут быть образованы как отдельной конфликтной точкой, границы которой определяются размерами конфликтующих участников, так и компактной группой конфликтных точек, а в отдельных случаях (на небольших объектах) — всеми конфликтными точками, входящими в перекресток. На конфликтном объекте всегда имеются пространственные точки на проезжей части, на которые одновременно претендуют несколько конфликтующих участников движения — так называемые *конфликтные точки*. Различают конфликтные точки слияния, пересечения и отклонения [1, 3]. На графиках конфликтные точки изображаются в виде безразмерных точек пересечения

осей траекторий движения конфликтующих участников. На самом же деле «конфликтная точка» имеет свои границы и занимает некоторую площадь на проезжей части, определяемую размерами конфликтующих транспортных средств и отклонением траектории их движения от идеальной (по центру занимаемой полосы). Размеры расчетных конфликтующих транспортных средств определяются исходя из размеров приведенного автомобиля с расчетными габаритами с учетом динамического коэффициента приведения транспортного потока. В результате, с учетом отклонения траектории движения конфликтующих участников от идеальной, расчетный конфликтующий автомобиль имеет соответствующие размеры. Границы конфликтной точки пересечения определяются размерами расчетного конфликтующего автомобиля, расположенного в произвольном направлении так, что геометрический центр его площади проекции совпадает с конфликтной точкой. На рис. 1 показана схема образования конфликтных точек, их границы и занимаемая ими площадь на проезжей части.

При компактном расположении конфликтных точек они каким-то образом взаимодействуют между собой. В результате этого взаимодействия на перекрестке образуется несколько относительно самостоятельных очагов опасности. Установлено, что единичным, неделимым очагом опасности на перекрестке является не конфликтная точка, а конфликтная зона, состоящая из *компактно расположенных и взаимодействующих между собой* конфликтных точек. Необходимо рассматривать конфликтные зоны для каждого режима конфликтного движения. На перекрестке с двухфазным циклом регулирования таких режимов три: нерегулируемый, внутрифазный и межфазный. Поскольку все три режима конфликтного движения существенно отличаются друг от друга

по числу конфликтных точек, количеству и характеристикам конфликтных зон, продолжительности существования, скорости движения, транспортной нагрузке и т.д. предлагается, определять потенциальную опасность и осуществлять перевод ее в число аварий отдельно для каждого режима конфликтного движения. Установлено, что в некоторых случаях конфликтные зоны образованы двумя-тремя конфликтными точками, а в отдельных случаях — одной конфликтной точкой. В то же время, на небольших по площади перекрестках в нерегулируемом режиме конфликтная зона может включать все конфликтные точки, принадлежащие данному перекрестку. Отличительным признаком конфликтной зоны является компактное расположение конфликтных точек и их *взаимодействие* между собой. Характер этого взаимодействия до конца не ясен, но можно предположить, что он лежит в области психофизиологии человека (водителя). Различают три вида опасности: объективная, субъективная и результирующая (или реальная). Объективная опасность заключается в несоответствии условий движения режимам движения, как правило, скорости или направления. Субъективная опасность за-

ключается в восприятии водителем объективной опасности и ее субъективной оценке. Поскольку оценка водителем опасности, какой бы субъективной она ни была, есть реальное, вполне объективное действие, результатом которого последует принятие и реализация решения, то оказалось, что субъективная оценка объективной опасности сильнейшим образом влияет на результирующую, реальную опасность. Если субъективная опасность несколько выше объективной (незначительная переоценка опасности), то будет иметь место некоторый запас безопасности и вероятность аварии очень невелика. Если субъективная опасность меньше объективной (недооценка опасности), то вероятность аварии велика. Заметим, что большие различия между субъективной и объективной опасностью в любую сторону неприемлемы, поскольку они приводят либо к явной недооценке опасности и наверняка к аварии, либо к такой перестраховке, которая не может быть принята другими участниками и провоцирует их на опасные нарушения.

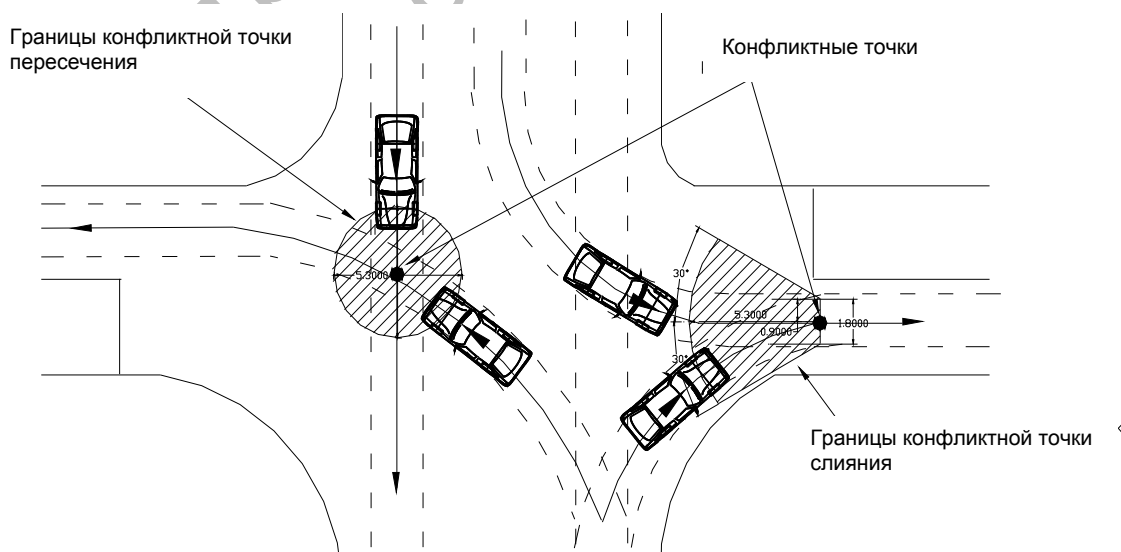


Рис. 1. Границы конфликтной точки

Очевидно, что в конфликтной зоне второстепенный конфликтующий участник безостановочно преодолевает несколько последовательно расположенных конфликтных точек, из которых одна, самая «тяжелая» (опасная) является для него «главной». Опасность в этой «главной» конфликтной точке является для него именно той объективной опасностью, которую он субъективно оценивает, на которую он психологически настраивается и по которой он соизмеряет свои действия. Поэтому более «легкие» конфликтные точки, встречающиеся до или после «главной» конфликтной точки, преодолеваются им элементарно, с запасом. В результате значимость (весомость) «легких» конфликтных точек в пределах конфликтной зоны снижается, а весомость «тяжелых» конфликтных точек из-за возможной недооценки опасности — наоборот, возрастает. В этой связи можно допустить, что чем больше в конфликтной зоне конфликтных точек, тем меньше весомость каждой конфликтной точки. Если же водитель преодолевает несколько совершенно независимых конфликтных зон или отдельных конфликтных точек, то в каждой из них он должен оценивать наибольшую опасность и принимать соответствующие решения. Это обстоятельство должно соответствующим образом отображаться при суммировании потенциальной опасности конфликтных точек в пределах конфликтной зоны. Предлагается *ранжировать конфликтные зоны* в пределах перекрестка по формуле (1), поскольку малые конфликтные зоны также преодолеваются водителем значительно легче:

$$P_{oz}^* = P_{oz} \cdot e^{-\beta} \leq P_{oz}, \quad \beta = \frac{P_o^m - P_o}{P_o^m (S - 5K_{nn})},$$

$$0 \leq \beta \leq 1, \quad (1)$$

где P_{oz}^* — расчетное значение потенциальной опасности в исследуемой (второстепенной) конфликтной зоне; P_{oz} — начальное значение потенциальной опасно-

сти в исследуемой конфликтной зоне; P_o^m — максимальное значение потенциальной опасности в конфликтной точке «главной» конфликтной зоны; P_o — максимальное значение потенциальной опасности в конфликтной точке исследуемой конфликтной зоны; S — расстояние между ближайшими конфликтными точками исследуемой и «главной» конфликтной зон.

Проведены специальные исследования, доказавшие сам факт существования порога чувствительности потенциальной опасности, ниже которого она не вызывает аварий и поэтому не суммируется, и определены расчетные значения порога чувствительности для каждого режима движения. Это особенно важно для прогнозирования аварийности на слабонагруженных перекрестках, что нашло свое подтверждение при контрольном прогнозировании аварийности. Поскольку при определении потенциальной опасности участвуют факторы, которые влияют и на вероятность возникновения аварий, и на тяжесть последствий (например, скорость), то очевидно, что одинаковая потенциальная опасность может вызвать либо большее число аварий с «легкими» последствиями, либо меньшее число аварий с «тяжелыми» последствиями. Предложено ранжировать коэффициенты структурной формулы определения потенциальной опасности, что позволяет компенсировать те неточности, которые заложены в принятых зависимостях определения каждого коэффициента структурной формулы, представляющего отдельную группу факторов. Кроме того, такое ранжирование позволяет адаптировать расчетную модель для прогнозирования аварийности в других регионах, отличающихся климатическими, экономическими и иными характеристиками.

На рис. 2...4 представлены зависимости приведенной аварийности от

результатирующего фактора, влияющего на вероятность совершения аварий и тяжесть их последствий. Как видно, применение предложенного усовершенствованного метода позволило повысить точ-

ность прогнозирования для всех трех режимов конфликтного движения, которая приемлема для практических работ по организации дорожного движения.

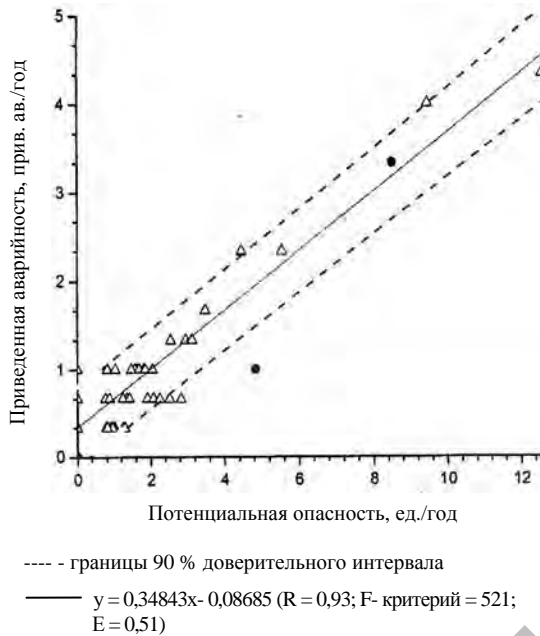


Рис. 2. Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности внутрифазного режима

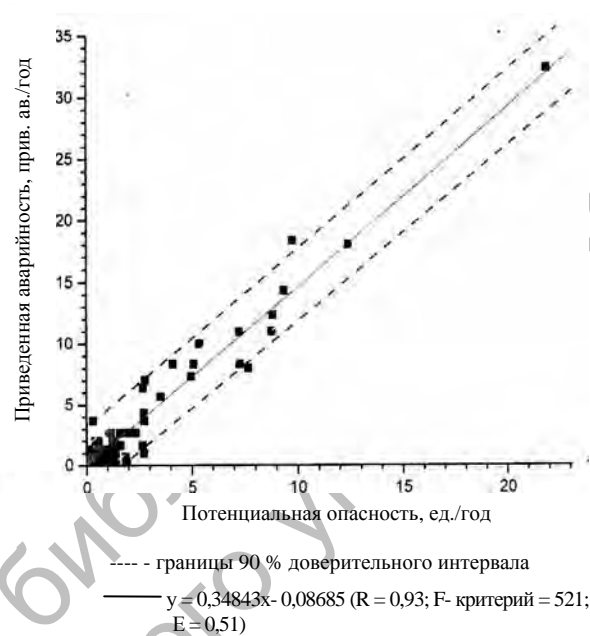


Рис. 3. Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности межфазного режима

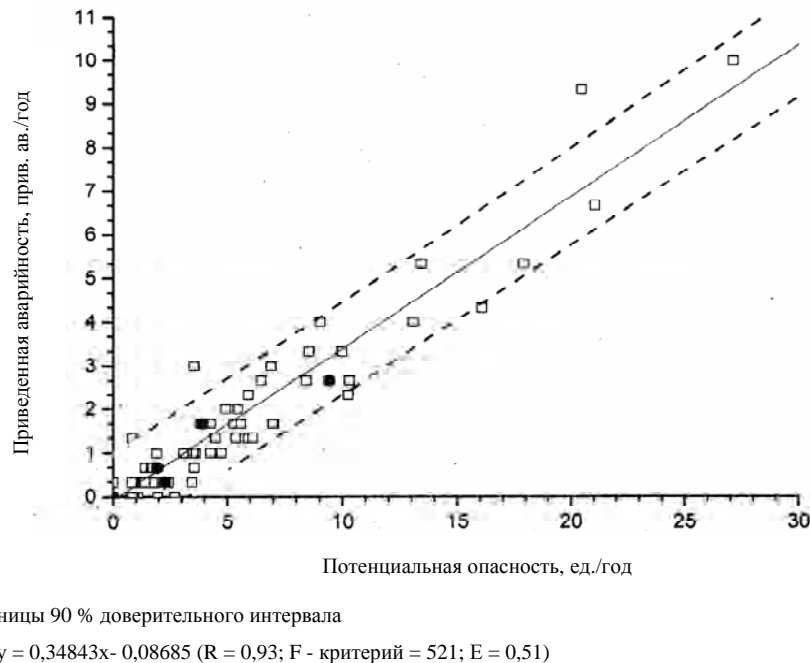


Рис. 4. Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности нерегулируемого режима

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Врубель, Ю. А. Организация дорожного движения / Ю. А. Врубель. – Минск : Фонд Безопасности МВД Республики Беларусь, 1996. – 326 с.
2. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения : учеб. пособие для вузов / И. И. Леонович [и др.] ; под общ. ред. И. И. Леоновича. – Минск : Выш. шк., 1988. – 348 с.
3. Taber, J. T. Multi-objective optimization of intersection and roadway access design / J. T. Taber // Principal Investigator. Utah Transportation Center. – Utah : State University, 1998. – P. 8-12.
4. Comparison of conceptual graphs for modeling knowledge of multiple experts : rapport de recherché / Institut national de recherche en informatique et en automatique; R. Dieng. – 1997. – 88 p. – № 3161.
5. Elvik, R. Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects / R. Elvik. // Accident Analysis & Prevention. – Vol. 33. – P. 327-336.

Белорусский национальный технический университет
Материал поступил 12.03.2006

G. M. Kuharenok, D. V. Kapsky
Increase of safety of road traffic on the basis of the estimation of breakdown susceptibility on disputed objects
Belarusian National Technical University

Aspects of increase of safety of road traffic are considered on the basis of forecasting and an estimation of breakdown susceptibility on a method of potential danger on disputed objects (crossroads and pedestrian crossings).

УДК 625.8

А. Н. Максименко, канд. техн. наук, доц., Д. Ю. Макацария, Б. М. Моргалик, В. В. Кутузов

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В статье рассмотрены вопросы диагностирования сборочных единиц систем и машины в целом с учетом процесса их старения.

Эффективность использования строительных и дорожных машин (СДМ) в значительной степени зависит от исключения отказов их на строительных площадках и сокращения продолжительности простоев в технических обслуживаниях (ТО) и ремонтах.

При планировании технической эксплуатации важно не только определить количество ТО и ремонтов с учетом процесса старения и диагностирования машины, но и точно запланировать постановку их для выполнения профилактических или восстановительных работ. При этом роль диагностирования при ор-

ганизации поддержания и восстановления работоспособности СДМ меняется в зависимости от состояния нормативной и технической базы, а также использования информационных технологий и наличия технических средств определения контролируемых параметров.

Системный подход к управлению технической эксплуатацией парка машин предусматривает четыре подсистемы (рис. 1).

Первая подсистема имеет место при отсутствии нормативной и технической базы по диагностированию, ко-