

УДК 656.13.08

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ ПО МЕТОДУ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ**Капский Д.В.***Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Приведена краткая оценка аварийности в стране и основные пути ее снижения, выполнен анализ существующего положения в области прогнозирования аварийности. Он показал, что существующие методы прогнозирования аварийности не пригодны для практических работ по оптимизации решений в области организации дорожного движения на стадии разработки или проектирования.

Существуют три основных метода прогнозирования аварийности — статистический, конфликтных ситуаций и потенциальной опасности. *Статистический метод* применим, в основном, для предварительной оценки эффективности тех или иных мероприятий, внедряемых на реальных объектах улично-дорожной сети.

Метод конфликтных ситуаций применяется, как правило, на вновь построенных или реконструированных объектах с целью своевременной корректировки решений по организации движения.

Метод потенциальной опасности не требует ни реального объекта, ни статистики аварийности, а дает прогноз по совокупности факторов, влияющих на аварийность, которые можно 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. К сожалению, на сегодняшний день этот метод отличается крайне невысокой точностью прогноза.

Потенциальная опасность — это невидимая, скрытая опасность, которая является некой сложной, закодированной функцией многих факторов и множества их комбинаций — интенсивность, скорость, регулирование, условия движения и т.д. Существуют три модификации метода потенциальной опасности — метод линейных графиков, метод конфликтных точек и метод замедлений. В БНТУ были разработаны методики прогнозирования аварийности на нерегулируемых и регулируемых перекрестках и пешеходных переходах. Одна из них — методика прогнозирования аварийности в конфликте транспорт-транспорт на регулируемых перекрестках — стала базовой для совершенствования метода потенциальной опасности.

Структурная формула для определения потенциальной опасности в конфликте транспорт-транспорт в базовой методике имеет вид произведения шести коэффициентов, каждый из которых представляет псевдонезависимую группу факторов, влияющих на аварийность, и определяется посредством зависимостей различного уровня сложности:

$$P_o = P_{он} \cdot K_v \cdot K_n \cdot K_y \cdot K_v \cdot K_\rho, \text{ усл.ед./год}, \quad (1)$$

Потенциальная опасность определяется для трех режимов конфликтного движения: нерегулируемого, внутрифазного, межфазного.

Совершенствование метода прогнозирования производилось при помощи специальной компьютерной программы поиска наилучших зависимостей между аварийностью и потенциальной опасностью по любой расчетной модели для любой исследуемой выборки, позволяющая варьировать различными параметрами и видом связей. В расчетную модель в заданном объеме и заданной последовательности вводились запланированные изменения и путем перебора вариантов определялась наилучшая зависимость между аварийностью и полученным значением потенциальной опасности. Проверка сходимости проводилась по стандартным критериям. Совершенствование производилось в следующей последовательности.

1. Были изменены некоторые расчетные зависимости для определения коэффициентов структурной формулы, т.е. зависимости внутри отдельных групп факторов.

2. В структурную формулу определения потенциальной опасности введен коэффициент времени, характеризующий продолжительность работы объекта в каждом из трех исследуемых режимов движения — нерегулируемом, внутрифазном и межфазном.

Поскольку в пределах конфликтной зоны конфликтные точки взаимодействуют между собой, то они ранжируются по величине потенциальной опасности — чем больше потенциальная опасность в данной конфликтной точке, тем ей придается большая значимость. Это связано с тем, что водители «настраиваются» на самую опасную, самую «тяжелую» конфликтную точку, а менее опасные конфликтные точки ими преодолеваются легко «с запасом». Более того, чем больше конфликтных точек в пределах конфликтной зоны, тем более собран водитель, что также в определенной степени снижает суммарную опасность. В результате суммирование потенциальной опасности конфликтных точек в пределах конфликтной зоны производится по следующей формуле:

$$P_{oz} = \left[\sum_{i=1}^N (P_{oi}^m) \right]^n, \quad (2)$$

где P_{oz} — потенциальная опасность в конфликтной зоне; P_{oi} — потенциальная опасность в конфликтной точке; N — количество конфликтных точек в конфликтной зоне; m и n — показатель степени.

3. Положение о взаимодействии конфликтных точек в пределах конфликтной зоны было перенесено на конфликтные зоны, связанные между собой траекториями движения второстепенных конфликтующих участников. Такие конфликтные зоны были ранжированы в пределах перекрестка по формуле:

$$P_{oz}^* = P_{oz} \cdot e^{-\beta} \leq P_{oi}, \quad (3)$$

$$\beta = \frac{P_o^m - P_o}{P_o^m (S - 5K_{nn})}, \quad (4)$$

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

4. Введено понятие «порог чувствительности потенциальной опасности» ниже которого потенциальная опасность не вызывает аварий в данной конфликтной точке. В результате, значения потенциальной опасности в конфликтных точках, которые находятся ниже порога чувствительности, не суммируются в пределах конфликтной зоны. Это особенно важно для прогнозирования аварийности на слабонагруженных перекрестках, что нашло свое подтверждение при контрольном прогнозировании на перекрестке улиц Дзержинского и Брикеля в г. Гродно.

5. Введено ранжирование коэффициентов структурной формулы определения потенциальной опасности, в результате чего она приобрела следующий вид:

$$P_o = P_{oi}^a \cdot K_{ov}^a \cdot K_{ov}^a \cdot K_{ov}^a \cdot K_{ov}^a \cdot K_{ov}^a \cdot K_{ov}^a \cdot K_{ov}^a; \quad (5)$$

Установлены значения показателей степени для каждого режима, которые находятся в пределах 0,9–1,2. Это ранжирование в определенной степени позволяет компенсировать те неточности, которые заложены в принятых

зависимостях определения каждого коэффициента структурной формулы, представляющего отдельную группу факторов. Кроме того, такое ранжирование позволит легко и быстро «настраивать» расчетную модель для прогнозирования аварийности в других регионах, отличающихся от Беларуси климатическими, экономическими, этническими и иными характеристиками.

6. Известно, что аварии сильно различаются по тяжести последствий и, следовательно, по величине полной (с учетом социальной составляющей) стоимости, поэтому от прогноза требуется не только количество аварий, но и тяжесть их последствий. Тяжесть последствий аварий в исследуемом конфликте сильно зависит от скорости, массы, возможности предпринятия уклончивых действий и т.д. Все эти факторы учитываются при расчете потенциальной опасности, поэтому на выходе прогноза должно быть не просто число аварий, а число приведенных по потенциальной опасности аварий. В результате этих исследований установлены значения коэффициента приведения аварий с ранением к авариям с материальным ущербом для каждого режима движения. Таким образом, по данному методу прогнозируется не просто число аварий, а приведенное по потенциальной опасности число аварий с материальным ущербом, что, в принципе, позволяет прогнозировать аварийные потери. При этом, для нерегулируемого режима одна авария с ранением примерно равноценна 3 авариям с материальным ущербом, для внутрифазного режима — 2 авариям, а для межфазного режима — 4 авариям.

Для оценки представительности исследуемой выборки объектов она была увеличена на 4 перекрестка. По последней расчетной модели были найдены наилучшие зависимости между аварийностью и потенциальной опасностью. Оказалось, что зависимости практически идентичны, а точность повысилась незначительно. Видно, что каждый этап сопровождался улучшением всех оценочных критериев, а окончательная точность прогноза стала приемлемой для практической оптимизации решений по организации дорожного движения.

Для оценки адекватности усовершенствованного метода было проведено контрольное прогнозирование аварийности для трех перекрестков, расположенных в г.г. Минске, Гродно и Гомеле. По согласованию с ГАИ были собраны исходные данные, выполнено прогнозирование и результаты были направлены в соответствующие ГАИ с просьбой предоставить информацию по аварийности на этих перекрестках. После получения такой информации были определены ошибки прогноза, которые не превысили 40 %.

Затем эти три перекрестка были добавлены в увеличенную выборку, которая в результате составила 43 перекрестка, 2771 конфликтную точку и 1025 аварий и стала окончательной (конечной). Следует отметить, что зависимости и точность прогноза остались, практически, неизменными.

Разработана методика прогнозирования аварийности по методу потенциальной опасности в конфликте транспорт–транспорт на регулируемых перекрестках с двухфазным светофорным циклом, позволяющая внедрить в практику организации дорожного движения усовершенствованный метод прогнозирования и повысить безопасность движения на регулируемых перекрестках до 10 %. Рассмотрены требования к исходным данным, приведены алгоритм и пример расчета вероятной аварийности. Методика изложена таким образом, что позволяет пользователю самостоятельно выполнить прогнозирование аварийности. Создана компьютерная программа, которая позволяет резко ускорить и облегчить получение исходных данных и выполнение расчетов и делает прогнозирование аварийности реально возможным в любой заинтересованной организации. Результаты работы внедрены в УГАИ ГУВД Мингорисполкома и используются в Следственном комитете МВД РБ, ГАИ Гомельоблисполкома. Экономический эффект в результате внедрения исследований составил 18,7 млн. руб., ожидаемый экономический эффект составляет около 1,3 млрд.руб.

Результаты исследований могут дать быстрый и значимый эффект снижения аварийных потерь общества в дорожном движении.

УДК 656

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ В МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Навой Д.В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В настоящее время в состав программно-алгоритмического обеспечения действующей в г. Минске АСУД входят следующие группы технологических алгоритмов: 1. Локальные 2. Основные 3. Вспомогательные 4. Специальные 5. Сервисные...

Локальные алгоритмы управления обеспечивают управление движением транспорта на изолированных перекрестках и реализуются аппаратурно. Основные алгоритмы обеспечивают координированное управление дорожным движением в регулируемом районе. Вспомогательные алгоритмы управления обеспечивают увеличение эффективности АСУД. В состав вспомогательных алгоритмов входят: