

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНОСТИ НА КОНФЛИКТНЫХ ОБЪЕКТАХ

Капский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Возникновение аварий зависит от многих факторов, которые в той или иной степени влияют на тяжесть последствий и сам процесс протекания конфликтного взаимодействия. Исследование вопросов перехода от нормального движения к аварии при изменении дорожных условий и характеристик движения – предмет теории катастроф. В данной статье рассматривается попытка приложить вышеупомянутую теорию к процессу развития нормальной дорожно-транспортной ситуации в конфликтную, которая впоследствии перетекает в аварию, через интерпретацию потенциальной опасности конфликта. При этом применены самые простые подходы (элементарные катастрофы), которые позволяют оценивать значения основных параметров дорожного движения. Предложенный подход позволил учесть взаимное влияние конфликтных точек при совместном размещении, что существенно повысило адекватность прогнозирования.

Аварийность – одна из самых тяжелых и трагических потерь в дорожном движении. Если другие потери, например, экономические или экологические, равномерно распределяются среди всех членов общества, то аварийные потери концентрируются на отдельных участниках движения. Именно эти участники и их близкие принимают на себя основную тяжесть аварийных потерь, и если на чью-то долю выпадает несчастье, то эти люди, как правило, остаются один на один со своими проблемами без существенной помощи общества.

В Республике Беларусь ежегодно происходит свыше 100 000 аварий, в которых погибает около 1 700 человек и примерно 10 000 человек получают ранения [1]. По данным Белорусского бюро по транспортному страхованию [2] в 2005 году было совершено только по договорам внутреннего страхования 54 955 страховых случаев (необходимо отметить, что количество аварий гораздо больше: ряд аварий признаются нестраховыми случаями и в данную статистику соответственно не включаются, а часть участников аварий не обращаются в органы ГАИ и предпочитают «разбираться на месте»). Суммарные потери от аварийности, включая социальную составляющую, ежегодно достигают 200 млн. долларов, что составляет около 1,5 % от валового национального продукта (в развитых странах Европы эти потери оцениваются цифрой 2÷2,5% [3]). При этом с ростом уровня автомобилизации эти потери будут неуклонно возрастать.

Очень интересными, например, являются вопросы, связанные с самим определением аварии – почему одни страны официально считают авариями даже относительно небольшие столкновения, а другие – только аварии, в которых серьезно пострадали люди? Причины аварийности каждый год изучаются, анализируются, делаются выводы, на аварии все происходит и происходит. Чрезвычайно интересны зависимости аварийности от различных факторов, которые можно объединить в 5 групп: человек, дорога, транспортное средство, организация движения, стихия. Важным является прогнозирование аварийности. Ведь именно борьба за снижение аварийных потерь в значительной мере сдерживается отсутствием

надежных методов прогнозирования аварийности. Существующие на сегодняшний день методы отличаются субъективизмом и невысокой точностью. Они объясняются тем, что на аварийность влияет большое число различных факторов и множество их комбинаций. Из-за ненадежности прогноза в практической деятельности по организации дорожного движения принимаемые решения либо вообще не оцениваются по аварийности, либо оцениваются очень субъективно, что малополезно. 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.

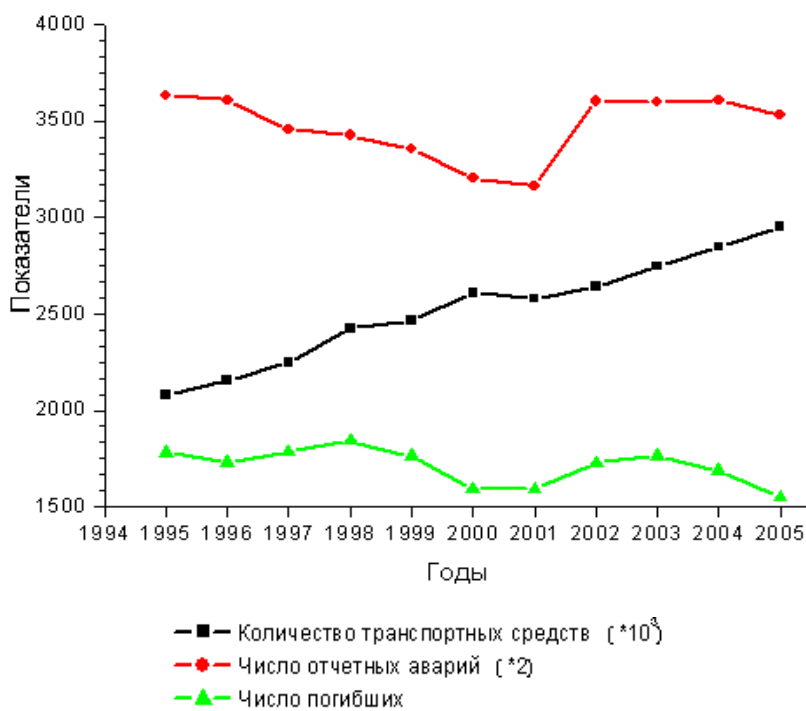


Рисунок 1 – Динамика учетной аварийности и количества транспортных средств [1]

Возникновение аварий может рассматриваться как скачкообразный переход от нормального процесса движения (устойчивого состояния) к аварии (тоже устойчивому состоянию) через возникновение конфликтной ситуации (фаза неустойчивости, когда водитель принимает неверное решение, изменяются параметры движения, его направление и т. д. и т. п.). Обобщающим признаком таких дорожно-транспортных ситуаций является то, что непрерывные изменения значений факторов, воздействующих на систему соответствующего уровня, могут вызвать скачкообразные изменения выходных параметров и, следовательно, переход системы из одного состояния в другое. Исследование таких подходов составляет предмет такого научного направления как теория катастроф. Именно эта теория объясняет некоторым образом значимость экспериментально наблюдаемых форм неустойчивости в зависимости от числа параметров. Под «катастрофой» понимается внезапное изменение качественного состояния системы, что в дорожном движении можно применить и к понятию «авария» или «дорожно-

транспортное происшествие». При организации движения мы решаем ряд важных задач, важнейшей или стратегической из которых является задача *движения с достаточно высокой скоростью при обеспечении безопасности движения*, причем в процессе решения поставленной задачи происходит постоянная смена тактических задач – торможение и разгон, равноускоренное или ускоренное движение, изменение траектории движения – т.е. прогнозируется качественный переход от одного состояния к другому и определяются характеристики и условия дорожного движения. Исследование таких проблем и составляет предмет теории катастроф.

Интерпретация параметров состояния и управления является, практически, идентичной для всех моделей и произведена с учетом следующих соображений. Каждая дорожно-транспортная ситуация соответствует определенному состоянию системы «водитель-автомобиль-дорога-среда», и изменение состояния в зависимости от сложности ситуации может происходить монотонно или скачкообразно. Следовательно, ситуация должна распознаваться по величине параметра состояния X – **потенциальной опасности** того или иного конфликта, который обладает свойством плавного или скачкообразного изменения. Смена дорожно-транспортной ситуации в процессе движения достигается изменением мгновенной скорости по расстоянию между конфликтными траекториями (возможно, к дистанции – при исследовании попутных столкновений) между автомобилями в транспортном потоке определенной интенсивности. Поэтому параметры управления катастрофой можно интерпретировать как показатели, характеризующие мгновенную скорость, интенсивность движения и т.д. Причем, для описания движения на перекрестке (как физической системы) принималось общее семейство потенциальных функций $P_0(x,c)$, зависящих от n переменных состояния или параметров порядка $x \in R^n$ и k управляющих параметров $C \in c_i, i=1,k$. Предположим далее, что состояние физической системы описывается значением x , минимизирующим потенциальную функцию, по крайней мере, локально. Тогда изучение такой системы сводится к изучению равновесия и локальной устойчивости потенциальной функции $P_0(x,c)$:

$$\frac{\partial P_0}{\partial x_i} = 0 \text{ – равновесие,}$$

$$\frac{\partial^2 P_0}{\partial x_i \partial x_j} > 0 \text{ – локальная устойчивость,}$$
(1)

и критических значений на ветвях устойчивого равновесия.

При моделировании наиболее важным является стремление системы в любых условиях занять положение с минимальным значением потенциальной энергии для данного сочетания параметров управления и состояния (т. е. минимум потенциальной опасности при нулевой аварийности). В случае возникновения опасной дорожно-транспортной ситуации происходит изменение значения P . Темп этого изменения и величина P , к которой стремиться потенциальная энергия (опасность), определяются степенью сложности ситуации. Для опасных ситуаций, закончившихся дорожно-транспортными происшествиями, или при выходе из них значение параметра состояния изменяется скачкообразно.

На основе вышеизложенных соображений вероятное число аварий на исследуемом объекте, например, при исследовании межфазных конфликтов с учетом деления объекта на конфликтные элементарные зоны – конфликтные точки, затем на конфликтные зоны и неделимые конфликтные зоны – перекресток, определялось по следующей схеме:



Поскольку межфазные конфликты обычно совершаются под углом, близким к 90^0 , то для оценки аварийности данного вида на перекрестках проводилась свертка потенциальной опасности с использованием степени 0,5, которая наиболее достоверно описывает процесс взаимодействия потоков транспорта.

Строились уравнения регрессии. Определялась статистика, характеризующая тесноту связи между факторами и зависимой переменной – коэффициентом множественной корреляции. Значимость факторов оценивалась по критерию Стьюдента. Доверительный уровень значимости γ принимался равным 0.01-0.1 (чем меньше, тем выше требования к достоверности модели). Для проверки гипотезы существенности коэффициента множественной корреляции и согласованности уравнения регрессии с экспериментами данными использовалась статистика критерия Фишера. Обработка результатов эксперимента проводилась с помощью метода наименьших квадратов посредством прикладных компьютерных математических пакетов.

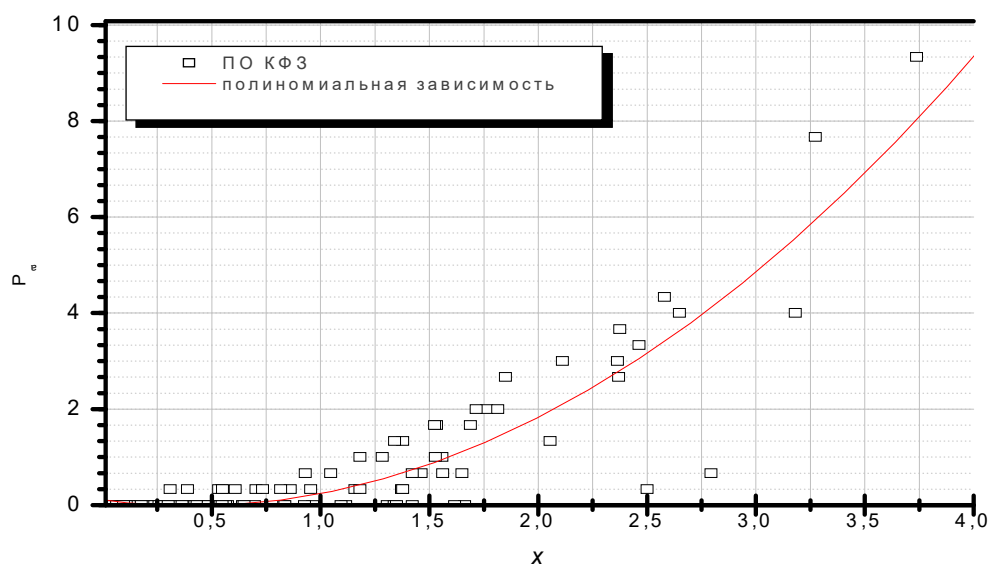


Рисунок 1 – Зависимость аварийности от параметра потенциальной опасности конфликтных зон

На рисунке 1 показаны примеры полученных адекватных регрессионных моделей (экспериментальные данные согласуются с полученными уравнениями регрессии – рассчитанные статистики критерия Фишера больше табличного значения ($F > F_{t \min} = 3,84$)).

Выводы

Проведенные исследования позволили установить статистически значимые зависимости между уровнем аварийности и комплексным параметром – потенциальной опасностью. Предлагаемый метод позволяет оценивать уровень аварийности как на стадии разработки и принятия проектных решений, так и при оценке существующих вариантов организации дорожного движения. Наиболее статистически значимые зависимости аварийности от параметра потенциальной опасности получены для конфликтных зон и перекрестков.

Использование разработанного метода позволит повысить адекватность результатов прогнозирования с малыми трудовыми затратами и будет способствовать уменьшению аварийности в дорожном движении, а также тяжести аварийных последствий в области безопасности дорожного движения.

Литература

1. Аналитический сборник по аварийности. – Мн.: Полиграфический Центр МВД РБ, 2005. – 80 с.
2. Основные показатели работы по проведению обязательного страхования гражданского ответственности владельцев транспортных средств в Республике Беларусь за 2005 год. Аналитический сборник. // Под общ. ред. Кучерина П.М. – Мн.: ББТС, 2006 – 89 с.
3. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма: резюме / ред. Марк Педен: Всемирная организация здравоохранения, ВОЗ, 2004. – 54 с.
4. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения /Мн.: Фонд безопасности дорожного движения МВД Республики Беларусь, 1996. – 326 с.