МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра общетехнических и специальных дисциплин

Д. В. КАПСКИЙ, С. В. СКИРКОВСКИЙ

АВАРИЙНОСТЬ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ

Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию в области транспорта и транспортной деятельности для обучающихся по специальности 1-44 01 01 «Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте» в качестве учебно-методического пособия по учебной дисциплине «Обеспечение безопасности дорожного движения и перевозок»

Гомель 2024

УДК 656.13.08(075.8)
ББК 39.808
К20

Р е ц е н з е н т ы: профессор кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), д-р техн. наук, профессор *Н. А. Филиппова*;
кафедра изысканий и проектирования железных и автомобильных дорог Дальневосточного государственного университета путей сообщения (проректор по научной работе – д-р техн. наук, профессор *И. Н. Пугачев*; заведующий кафедрой – канд. техн. наук, доцент *А. И. Богданов*)

Капский, Д. В.

К20 Аварийность в дорожном движении : учеб.-метод. пособие / Д. В. Капский, С. В. Скирковский ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2024. – 155 с.
ISBN 978-985-891-156-0

Раскрыта сущность аварийных издержек в дорожном движении. Изложены методы анализа аварийности и зависимость аварийности от различных факторов. Приведены методы прогнозирования аварийности.

Предназначено для студентов транспортных специальностей.

УДК 656.13.08(075.8)
ББК 39.808

ISBN 978-985-891-156-0

© Капский Д. В., Скирковский С. В., 2024
© Оформление. БелГУТ, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4
1 Общие положения 5
1.1 Водитель 5
1.2 Среда движения 26
1.2.1 Материальная составляющая среды движения 27
1.2.2 Организационно-управленческая составляющая среды движения 29
1.3 Конфликты и коллизии 33
1.4 Аварии 38
1.5 Оценка опасности 47
1.6 Минимизация тяжести последствий аварий 55
1.7 Аварийные потери 60
2 Зависимость аварийности от различных факторов 67
2.1 Зависимость аварийности от дорожных условий 67
2.2 Зависимость аварийности от транспортной нагрузки и других факторов 74
2.3 Аварийность на типовых объектах 82
3 Методы анализа аварийности 100
3.1 Статистический анализ 101
3.1.1 Количественный анализ 101
3.1.2 Причинный анализ 106
3.2 Инженерный анализ 108
3.2.1 Топографический анализ 108
3.2.2 Очаговый анализ 109
3.2.3 Экспертиза отдельной аварии 115
4 Прогнозирование аварийности 120
4.1 Статистический метод 121
4.2 Экспертный метод 130
4.3 Методы линейных графиков коэффициентов аварийности и безопасности 132
4.3.1 Метод линейных графиков коэффициентов аварийности 132
4.3.2 Метод линейных графиков коэффициентов безопасности 136
4.4 Метод конфликтных точек 138
4.5 Метод конфликтных ситуаций 142
4.6 Метод потенциальной опасности 148
Список литературы 155

ВВЕДЕНИЕ

Аварийность – одна из самых тяжелых и трагических издержек дорожного движения. Если экономические и экологические издержки почти равномерно распределяются между всеми членами общества, то аварийные концентрируются на отдельных участниках движения. И если на чью-то долю выпадает несчастье, то эти люди, как правило, остаются один на один без существенной помощи общества. Страховое возмещение в этих случаях на постсоветском пространстве настолько мизерно – стоимость жизни сопоставима со стоимостью автомобиля малого класса, что говорить о реальной компенсации не приходится.

Именно поэтому для участников движения аварийные издержки и связанные с ними потери являются в тысячу раз важнее других видов издержек, скажем, экономических или экологических. И забота о своей (и других) безопасности должна быть главным побуждением любого участника движения, поскольку в большинстве аварий значительная доля вины лежит на самих участниках, так или иначе принявших неверное решение. В то же время забота о повышении безопасности дорожного движения должна быть делом государственной важности и государство должно принимать возможные меры по обеспечению безопасности дорожного движения.

Аварийность в дорожном движении имеет большие масштабы. Ежегодно в мире происходит около 100 млн аварий, в которых погибает свыше 1 млн человек и около 20 млн получают ранения, а суммарные аварийные потери, по оценкам, превышают 500 млрд дол. В Республике Беларусь ежегодно происходит около 100 тысяч аварий, в которых погибает около 600 человек и около 5000 человек получают ранения, а суммарные аварийные потери оцениваются суммой порядка 400 млн дол.

Повышение безопасности дорожного движения в Республике Беларусь является делом государственной важности и им должны заниматься грамотные и опытные специалисты. Данное учебно-методическое пособие имеет целью передачу студентам знаний, умений и навыков в области безопасности дорожного движения.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Водитель

Дорожное движение, в котором непосредственно участвуют человек, автомобиль и дорога, происходит в сформировавшейся среде. В процессе взаимодействия они образуют динамическую систему, которая у разных авторов может иметь различное название, например ВАДС (водитель –автомобиль – дорога – среда), ЧАДОС (человек – автомобиль – дорога –окружающая среда) и т. п. Система состоит из отдельных элементов – водитель, автомобиль, дорога, среда – и подсистем, например, водитель – автомобиль, автомобиль – дорога и др. Успешное функционирование этой системы зависит от работы всех ее элементов и подсистем и, как представляется, в первую очередь от человека.

Программой подготовки специалистов по организации дорожного движения предусмотрено довольно детальное изучение двух элементов динамической системы ВАДС – автомобилей и автомобильных дорог. В то же время изучению двух оставшихся элементов – водителей и окружающей среды – уделяется несколько меньшее внимание. Поэтому принято решение по возможности восполнить этот пробел и дать краткие характеристики этих элементов.

Представляется, что наиболее типичным и ответственным представителем «человека» в дорожном движении является водитель. Кратко рассмотрим некоторые его характеристики. Поведение человека в дорожном движении (дорожное поведение) при решении конкретных задач зависит от его возможностей и мотивации. Возможности, в основном, определяются психофизиологией человека, а мотивация – социально-психологическими факторами.

Водитель в системе ВАДС. На рисунке 1.1 показана одна из упрощенных схем системы ВАДС, где рассматривается временной срез процесса управления автомобилем.

В данный конкретный момент дорога и стихия оказывают определенное физическое воздействие на управляемый автомобиль, что показано на схеме слева жирными стрелками. Одновременно на органы чувств водителя поступает огромное множество информационных сигналов (тонкие линии слева на схеме) от управляемого автомобиля, дороги и окружающей среды, в которую условно входят другие участники движения, технические средства регулирования и стихия, или погодно-климатические условия. Этот поток информации, достигнув человека, проходит через его информационные фильтры, в которых значительная часть информации отсеивается. Например, за одну секунду к органам чувств поступает около 10^{11} (ста миллиардов) бит информации, органам чувств передается уже только около 10^{6} (одного миллиона) бит, а осознается всего лишь около 16 бит.

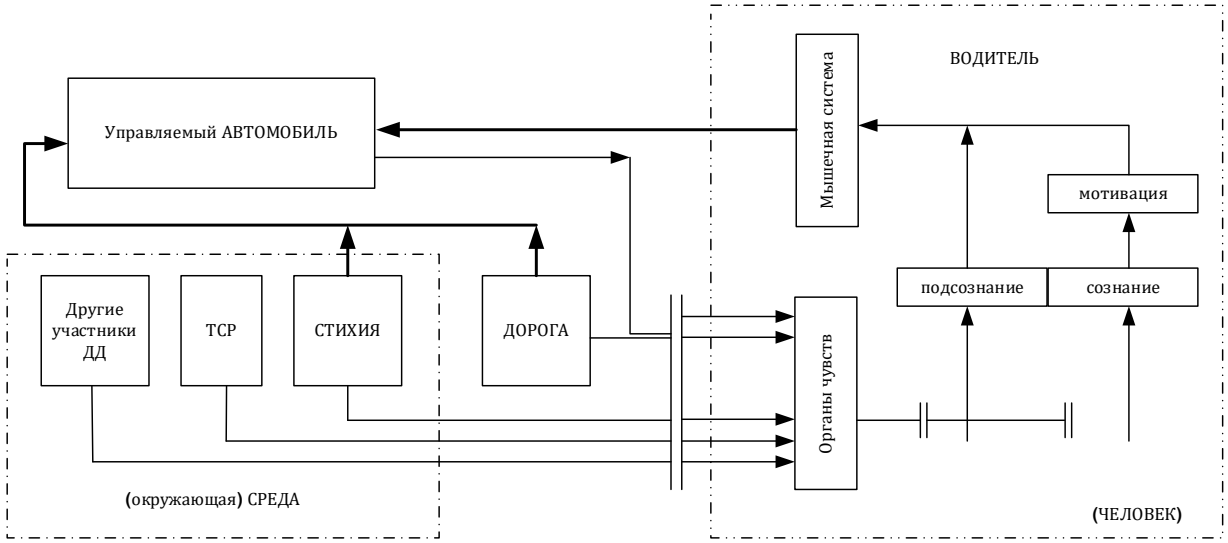


Рисунок 1.1 – Схема системы ВАДС:
Ф – информационные фильтры; цифры (10^{11}, 10^{6} и 16) – число бит передаваемой информации за 1 с
(1 бит соответствует абсолютной величине информации, достаточной для ответа на альтернативный вопрос ДА или НЕТ при условии выбора между двумя равновероятными возможностями).

Часть информации от органов чувств поступает в мозг, где на уровне подсознания вырабатываются простейшие команды в виде условных рефлексов или автоматизмов. Только малая часть информации осознается и перерабатывается в сознательные команды. При этом в процессе выработки этих команд, кроме памяти, накопленного опыта и других, участвует и чисто индивидуальный фактор – мотивация. Выработанные команды передаются в мышечную систему, где преобразуются в управляющие воздействия – изменение или неизменение положения рулевого колеса, рычагов, педалей и других органов управления. Эти управляющие воздействия направлены на то, чтобы автомобиль приобрел или сохранил требуемые, по мнению водителя, положение и скорость. В последующий момент времени ситуация повторяется, и так продолжается непрерывно.

Однако самым большим недостатком в системе выработки и реализации команд является, пожалуй, неудовлетворительное быстродействие. Оказалось, что цикл восприятия и переработки информации, выработки команд и преобразования их в управляющие воздействия требует очень много времени. Настолько много, что когда информация о данной ситуации вернется на автомобиль в виде управляющего воздействия, эта ситуация может настолько измениться, что потребуется уже совсем другое воздействие. Иными словами, управляющие воздействия приходят с некоторым запаздыванием, величина которого может оказаться неприемлемо большой. Особенно при больших относительных скоростях, когда ситуации меняются быстрее, чем поступают управляющие воздействия, реагирующие на предыдущие ситуации.

Такое положение само по себе очень опасно. Но оно усугубляется еще и тем, что в условиях нехватки (дефицита) времени человек начинает ошибаться намного чаще. Установлено, что в условиях дефицита времени обычный человек делает примерно одну ошибку на 100 действий. Чем больше дефицит времени, тем чаще и грубее ошибки. Дело доходит до того, что в отдельных, особо опасных ситуациях у некоторых водителей, и не только водителей, наступает шок (паралич), который на время приводит к полному отказу системы управления.

Среди источников информации важнейшую роль для водителя играет зрительная, на которую приходится свыше 90 % всего объема. Слуховая информация дает представление о работе двигателя, скорости движения, шероховатости покрытия и т. д. Кинетическая (инерционная) информация позволяет ощущать ускорения, замедления, повороты автомобиля. Тактильная (посредством кожи) информация, совместно с вестибулярной и кинетической и, независимо от них, позволяет ощущать скользкость дороги, подъемы, спуски, заносы, аквапланирование.

Зрение водителя. В фиксированном положении глаза площадь наиболее острого зрения заключена в конусе с углом 30°. Однако зрение вполне чувствительно внутри конуса 5–6° и вполне удовлетворительно в пределах конуса 20°. Так как поле зрения водителя ограничено, то при движении ему необходимо переводить свой взгляд, чтобы различать важные для него зоны. Чтобы добиться ясной видимости при движении, глазу необходимо делать до шести различных видов перемещений, каждое из которых требует определенного времени. Во-первых, необходимо зафиксировать нужный объект, на что уходит 0,1–0,3 с, в среднем, 0,17 с. Во-вторых, глаз перемещается с одной точки фиксации на другую, что требует 0,15–0,33 с. В-третьих, глаз должен следовать за движущимся объектом. В-четвертых, оба глаза необходимо свести для бинокулярного зрения, что требует 0,3–0,5 с. В-пятых, глаз должен двигаться таким образом, чтобы компенсировать движение головы. В-шестых, глаз может непроизвольно перемещаться в ответ на звук, свет или другие раздражители.

Водителю приходится затрачивать значительное время, чтобы постоянно следить за меняющейся обстановкой. Например, чтобы перевести на мгновение взгляд с правой стороны дороги на левую и тут же вернуться назад, или глянуть в зеркало заднего вида, либо на щиток приборов, требуется около 1 с: сдвиг влево – 0,15–0,33 с; фиксация слева – 0,10–0,30 с, сдвиг вправо – 0,15–0,33 с, фиксация справа – 0,10–0,30 с. Итого в пределах от 0,50 до 1,26 с.

Водитель, делающий левый поворот, обнаружив в главном (встречном) транспортном потоке приемлемый интервал для совершения маневра, обязательно должен осмотреть место, куда он поворачивает, на что затрачивает от 1 до 2 с. При пересечении главной дороги в нерегулируемом режиме время визуального поиска находится в пределах 1,1–2,6 с. При перестроении водителю требуется 0,8–1,6 с для бокового осмотра и 0,8–1,0 с для заднего осмотра (через зеркало заднего вида).

Заметим, что эти величины охватывают только время обозрения, не включая времени реакции. При движении в условиях искусственного освещения время обозрения увеличивается. Установлено, что с ростом скорости на 40 км/ч время обозрения увеличивается примерно в два раза.

Дополнительно к основному обозрению водитель способен воспринимать обстановку вне конуса ясной видимости, в поле периферийного зрения. Полный центральный угол периферийного зрения находится в пределах 120–160° и с увеличением скорости сокращается от 100° при движении со скоростью 32 км/ч, до 40° при движении со скоростью 96 км/ч, при этом зона обозрения несколько сужается и заметно удлиняется (рисунок 1.2). Заметим, что предметы, находящиеся вне конуса острого зрения, видны без ясных деталей или цвета и любое необычное движение или яркий предмет вызывает непроизвольное перемещение глаз.

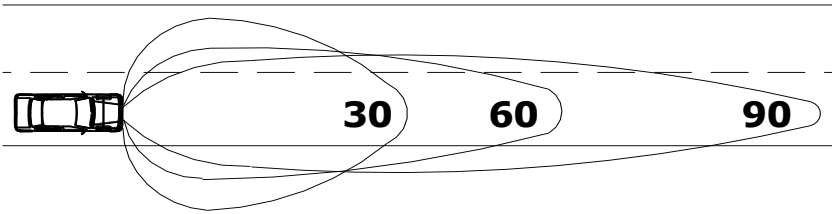


Рисунок 1.2 – Схема деформации зоны обозрения
при изменении скорости

Дорожные знаки, особенно в городе, воспринимаются периферийным зрением и для их прочтения необходим перенос взгляда, что требует времени и отвлечения внимания. Для осмысления установленных вместе двух знаков необходимо 1,05–2,0 с, а для осмысления трех и более знаков – значительно больше времени. Вместе с тем дорожная разметка почти всегда находится в поле центрального зрения и требует гораздо меньше времени для распознания и осмысления.

При изменении силы и яркости света глаз приспосабливается (адаптируется) к новой обстановке путем изменения размеров зрачка и перестройки работы сетчатки. Оказалось, что приспособление к яркому свету (световая адаптация) происходит за время от 3 с до 1 минуты, а темновая адаптация – от 9 с до 10 минут. Первые секунды водитель вообще ничего не видит, последующие секунды или даже минуты видит мало и неотчетливо. Такая ситуация чрезвычайно опасна и в нормальном дорожном движении недопустима – всякий переход от яркого освещения к темноте или наоборот должен производится постепенно, в течение времени, соизмеримого со временем адаптации.

Необходимо напомнить, что глаза водителя легкового автомобиля находятся на небольшой высоте, примерно 120 см, и с этой высоты дорожно-транспортная ситуация просматривается довольно плохо. Следует также напомнить, что не все цвета воспринимаются одинаково. Наиболее далеко и четко воспринимается желтый цвет, затем зеленый, затем красный и голубой. Хуже всех воспринимаются темно-красный и фиолетовый цвета. Многие люди в разной степени страдают дальтонизмом – болезнью, при которой цвета либо плохо различаются, либо, что очень редко, не различаются совсем. В подобных случаях оценка ситуации производится по яркости источника света или по его расположению.

Реакция (в рассматриваемом контексте) – это ответные действия водителя на какой-либо раздражитель или стимул. Реакция состоит из восприятия информации, ее осознания, выработки команды (принятия решения), преобразования команды в двигательное воздействие и выполнения этого

воздействия. Как видно, реакция включает три компонента – чувственный, мыслительный и моторный – и именно они определяют качество и время реакции. Ясно, что постоянное или временное расстройство здоровья водителя, касающееся этих компонентов, – болезнь, лекарства, алкоголь, утомление, возбуждение, апатия – однозначно ухудшает реакцию.

Различают реакции простые и сложные. Простой реакцией называется ответное действие заранее известным способом на заранее известный раздражитель, например, нажатие на педаль тормоза при включении лампочки. При сложной реакции требуется выбор одного из нескольких ответов на заранее неизвестный раздражитель. Очевидно, что в простых реакциях мыслительная деятельность незначительна, поэтому время реакции существенно меньше, а ошибки маловероятны.

Время реакции является важной характеристикой водителя. Минимальное время простой реакции невелико – от 0,15 до 0,3 с. При этом реакция на световой раздражитель несколько медленнее, чем на звуковой – соответственно, 0,20 и 0,15 с. Время сложной реакции находится в пределах от 0,5 до 3 с, при этом, чем слабее и неожиданнее раздражитель и чем сложнее ответ, тем больше время реакции. В таблице 1.1 приведены расчетные (нормативные) значения времени реакции водителя в некоторых типовых ситуациях, которые используются, в частности, при проведении экспертизы аварий.

Таблица 1.1 **– Расчетные значения времени реакции водителя [1]**

Тип дорожно-транспортной ситуации	Типовой пример	$t_р$, с
Очень опасная	Выход пешехода из-за укрытия непосредственно вслед за другим пешеходом. Начало движения ребенка, находившегося в поле зрения водителя. Выезд транспортного средства, имеющего приоритет	0,6
Опасная	Выход пешехода на проезжую часть в разрешенном месте. Движение пешехода к общественному транспорту. Возникновение препятствия, о котором водитель был предупрежден, например, дорожным знаком. Выезд транспортного средства из занимаемой полосы из-за видимых обстоятельств. Изменение траектории движения обгоняемого транспортного средства	0,8
Малоопасная	Выход пешехода на проезжую часть из группы находившихся на тротуаре людей или из остановившегося транспортного средства. Выезд транспортного средства, не имевшего приоритета. Поворот транспортного средства без подачи сигнала	1,0

Окончание таблицы 1.1

Тип дорожно-транспортной ситуации	Типовой пример	$t_р$, с
Потенциально опасная	Выход пешехода на проезжую часть там, где переход не разрешен. Выход пешехода на проезжую часть при запрещающем сигнале. Выезд транспортного средства при запрещающем сигнале. Изменение направления движения транспортного средства при отсутствии признаков маневрирования. Резкое торможение впереди идущего транспортного средства без включения стоп-сигналов	1,2
Нормальная	Появление пешехода или транспортного средства вне населенного пункта из-за укрытия. Умеренное торможение впереди идущего транспортного средства без включения стоп-сигналов. Объекты на проезжей части (люди, животные, грузы) в непредусмотренных местах	1,4
Неопасная	Внезапный отказ фар, переключение сигнала с желтого на красный	0,6
	Внезапное открытие капота, ослепление светом фар встречного транспортного средства	0,8
	Внезапный отказ или неэффективность органов управления (тормозов, рулевого механизма и т. д.)	1,2
Примечание – Если объект малозаметен (свет фар встречных транспортных средств, неконтрастная окраска, недостаточное освещение и т. д.), то время реакции водителя следует увеличить на 0,6 с.		

Приведем еще некоторые цифры, связанные с реакцией участников движения. Например, время переноса ноги водителя с педали газа на педаль тормоза равно приблизительно 0,25 с. Время переноса ноги пешехода с бортового камня на проезжую часть при переходе улицы равно приблизительно 0,5 с. Полное время, необходимое пешеходу для остановки после движения спокойным шагом ($v \approx 1{,}3$ м/с) с момента обнаружения опасности, составляет около 1,4 с. Время реакции водителя на включение стоп-сигнала впереди идущим транспортным средством равно приблизительно 0,6 с.

Мотивация – это процесс побуждения человека к совершению тех или иных действий и поступков, часто требующих анализа и оценки альтернатив, выбора и принятия решений. Как только водитель включается в дорожное движение, он обычно руководствуется мотивами экономии времени и расстояния, а также удобства и безопасности. Принимая то или иное решение, водитель учитывает, кроме прочего, свои требования к производительности (скорость и время движения), экономике (расход топлива, износ резины), к физическому и психологическому комфорту и, конечно, к безопасности. На принятие решения оказывает влияние характер водителя, его склонности, привычки, состояние, самооценка, отношение к окружающим и многое другое.

Мотив безопасности, как представляется, однозначно должен быть главным в поведении водителя и пешехода. Столь же однозначным должно быть их убеждение в том, что никто не обеспечит им безопасность, если этого не сделают они сами. В то же время действующая сегодня система управления и пропаганды приводит к прямо противоположным результатам. Во-первых, не надо самому так сильно заботиться о своей безопасности, потому что это уже сделали управленцы, поставив повсеместно запреты, ограничения и т. д. Во-вторых, зная перестраховочный и нередко провокационный характер многих ограничений, водитель воспринимает их не как помощь, а как насилие. В-третьих, в силу ряда объективных и субъективных причин, водители часто склонны недооценивать опасность, особенно при движении на средних, привычных скоростях. Водитель настолько привыкает к скорости, что изменившиеся в худшую сторону условия движения не сразу вызывают потребность снижения скорости. Даже незначительное снижение привычной скорости, тем более без убедительной причины, кажется водителю непропорционально большим и он испытывает дискомфорт, внутреннее сопротивление.

Надзор также оказывает влияние на мотив безопасности. Каждое ограничение режима движения должно обязательно контролироваться. Установлено, что если выявляются мене 50 % случаев нарушения режима, то у большинства водителей начинает преобладать мотив безнаказанности и вседозволенности. Недостаточный надзор за соблюдением режима движения может быть гораздо опаснее и вреднее, чем отсутствие какого-либо ограничения вообще.

Но повторимся, как бы плохо к нам не относились управленцы, забота о своей безопасности должна быть главным мотивом каждого участника движения. Представляется, что в подавляющем большинстве аварий значительная доля вины лежит на участниках, так или иначе принявших неверное решение. Водители чаще всего ошибаются при выборе скорости, при выборе интервалов в процессе маневрирования и при оценке намерений конфликтующего участника. Пешеходы чаще всего ошибаются при выборе места перехода проезжей части и в оценке интервала до приближающегося транспорта. Почти во всех случаях имеет место или неправильная оценка ситуации, или переоценка своих возможностей.

Различают *объективную* опасность, которая проявляется в несоответствии условий движения принимаемым решениям или режимам движения, как правило, скорости. Существует также *субъективная* опасность, которая заключается в субъективной оценке (а оценка всегда субъективна) объективной опасности. *Реальная, фактическая* или *результирующая* опасность зависит и от объективной, и от субъективной опасности и, главным образом, от соотношения этих опасностей. Если субъективная опасность несколько выше объективной, то в реальной ситуации будет иметь место некоторый запас безопасности, и вероятность аварии весьма невелика. Если обе опасности примерно равны, то запаса безопасности практически нет, и вероятность аварий

возрастает. Если же субъективная опасность ниже объективной (недооценка опасности), то движение происходит с большим риском и вероятность аварии чрезвычайно велика. Заметим, что *большие отличия* между объективной и субъективной опасностью в *любую сторону* неприемлемы, поскольку они либо наверняка приводят к аварии, либо к такой перестраховке, которая не может быть принята другими участниками движения и провоцирует их на грубые нарушения или очень опасное маневрирование.

Прежде чем принять какое-либо решение, каждый участник оценивает его (заметим, весьма субъективно) с двух основных позиций – опасности и производительности. С одной стороны, он кладет на чашу весов опасность, риск, а с другой стороны – производительность, выигрыш. Чем меньше риск и больше выигрыш, тем чаще он принимает этот риск. У каждого человека есть своя, так называемая кривая риска, показанная на рисунке 1.3, где по оси абсцисс отложена величина риска *R*, а по оси ординат – вероятность принятия этого риска *P*(*R*). Кривая *1* – это осторожный человек, кривая *2* – рисковый человек. Ясно, что кривая риска большинства людей лежит между условными кривыми *1* и *2*.

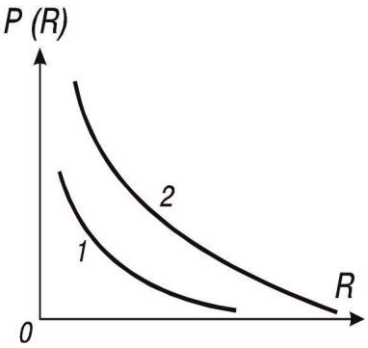


Рисунок 1.3 – Распределение приемлемого риска:
1 – острожный человек
2 – рисковый человек

Конечно, рисковые люди совершают много аварий. Как ни странно, но и очень осторожные люди тоже часто попадают в аварию, потому что их сверхосторожное поведение провоцирует других на рискованные решения. Но не эти люди делают погоду в дорожном движении, потому что их очень мало – основную массу аварий совершают обычные люди, составляющие огромное большинство, не рисковые и не перестраховщики. Они в силу ряда причин (обучение, заимствованный опыт, незнание своих истинных возможностей, стадный эффект – делаю как все) недооценивают опасность и принимают повышенный риск, что часто приводит к аварии. Можно сказать, что это не столько их вина, сколько их беда.

Самооценка водителей характерна тем, что подавляющее большинство из них – около 99 % – считают, что у других водительские способности ниже среднего уровня и только 1 % допускают это в отношении себя. Признаки «превосходства» чаще проявляются среди водителей до 35 лет и среди обладателей дорогих и спортивных машин. Ясно, что переоценивая свои возможности, водители часто допускают ошибки в принятии решений, что нередко заканчивается аварией. К сожалению, сегодня никто не может объективно и доверительно сказать водителю, где и в чем у него сильные стороны, а где и

в чем – слабые, как и в каких ситуациях следовало бы себя вести и т. д. Думается, что если бы была разработана и реализована простая и объективная система оценки возможностей водителя и его машины с последующими тактичными рекомендациями, то она нашла бы очень много сторонников и принесла бы значительную пользу. Особенно среди водителей личных автомобилей, которые составляют явное большинство и которые полностью предоставлены сами себе.

Характер водителя, как правило, проявляется одинаково в дорожном движении и вне его. Однако часто в дорожном движении, особенно в условиях высоких скоростей, повышенного риска и т. п., у водителя могут проявляться такие черты характера, которые в обычной жизни, казалось бы, ему не присущи. Например, внешне спокойный и осторожный человек вдруг становится агрессивным и рисковым, или, наоборот. Иногда внешне несобранный человек, оказавшись за рулем, проявляет великолепную память, прекрасное предвидение и хорошую моторику. Однако такие ситуации скорее исключение из правил, чем правило. Следует отметить, что принятие решения у одних водителей больше зависит от дорожно-транспортной ситуации, а у других – от личностных особенностей, от характера. Очевидно, если человек конфликтный, агрессивный, самолюбивый, то принимаемые решения в большей мере зависят от личности.

Качество водителя. Водителем может стать каждый человек средних способностей с практически удовлетворительным здоровьем. Среди этих людей только 2–3 % являются непригодными к управлению автомобилем и почти столько же обладают повышенными способностями. Очевидно, что качество водителя, от которого зависит очень многое, также колеблется в широких пределах.

Под качеством водителя понимают свойство безошибочно управлять транспортным средством. Оно определяется пригодностью, подготовленностью и надежностью. ***Пригодность*** определяется, в основном, состоянием здоровья и такими психофизиологическими свойствами, как объем внимания, способность к его распределению и переключению, эмоциональная устойчивость, скорость и качество реакций, пропускная способность зрительного анализатора, способность к прогнозированию, координация движений, склонность к риску и т. д. Пока не найдено объективных и достоверных оценочных критериев и не установлено однозначных зависимостей пригодности водителя от многих психофизиологических свойств. Поэтому в литературе можно встретить различающиеся, порой взаимоисключающие суждения, которые здесь не приводятся. Тем не менее, многие ученые сходятся во мнении, что, например, чем выше эмоциональная устойчивость, скорость *сложных* реакций, способность к прогнозированию и т. д., тем выше пригодность к вождению. Однако это всего лишь общие утверждения, которые пока не имеют достоверного количественного подтверждения.

Подготовленность определяется такими свойствами, как обучение и самообучение, профессиональный опыт, выработка автоматизмов, умение прогнозировать ситуацию, приспособленность к воздействию внешних факторов, отношение к участникам дорожного движения и их безопасности. ***Надежность*** водителя определяется безотказностью, восстанавливаемостью, сохраняемостью и профессиональной долговечностью. Безотказность – это свойство сохранять работоспособность в пределах установленного времени (до 10 часов). Восстанавливаемость – свойство восстанавливать работоспособность после кратких перерывов деятельности, например, кратковременный отдых или сон. Сохраняемость – свойство сохранять работоспособность после длительных перерывов, например, болезни или зимнего времени у многих владельцев индивидуального транспорта. Профессиональная долговечность – свойство сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, например, по возрасту, состоянию здоровья или иным причинам.

Здоровье. Большинство водителей не может похвастаться отменным здоровьем, что объясняется спецификой водительского труда. Проведенные обследования показали, что около 75 % водителей жалуются на свое здоровье. Особое внимание обращается на состояние нервной системы – почти каждый профессиональный водитель имеет психофизиологические заболевания. Это объясняется тем, что профессия водителя относится к числу «острых», предъявляющих высокие требования к эмоциональному состоянию. Установлено, например, что в процессе движения выброс адреналиноподобных веществ в кровь увеличивается от 40 до 100 % в сравнении с дорабочим периодом.

У каждого четвертого водителя, независимо от возраста, обнаружены патологические изменения позвоночника в шейном, грудном и поясничном отделах. У каждого десятого – хронический бронхит. Почти половина водителей имеет недостатки зрения, особенно в части аккомодации (настройки на данный объект) и адаптации (приспособления к изменению силы света). Для водителей также характерен повышенный травматизм, а инвалидность, причем в работоспособном возрасте, выше, чем у представителей других профессий.

Не вызывает сомнения тот факт, что здоровье водителя напрямую влияет на качество функционирования системы ВАДС, в первую очередь на безопасность движения. Поэтому надлежащее здоровье водителю нужно не только с общечеловеческих, но и с чисто профессиональных позиций.

Утомление. Слова «*утомление*» и «*усталость*» часто употребляют как синонимы, хотя на самом деле это не так. «*Утомление*» – это объективное физиологическое состояние организма, наступающее вследствие продолжительной напряженной деятельности и проявляющееся в снижении возможностей человека. «*Усталость*» – это субъективное *чувство утомления*. Возможны ситуации, когда организм уже объективно *утомлен*, его возможности заметно уменьшились, но человек субъективно еще не чувствует этого утомления, он еще не «*устал*» и продолжает работать в прежнем режиме. Это

чрезвычайно опасная ситуация, особенно для человека-оператора, в том числе водителя автомобиля. Чтобы как-то помочь водителю обнаружить утомление на как можно более ранней стадии, приведем некоторые характерные признаки утомления.

Раннее утомление характеризуется чувством тяжести век и ощущением «песка» в глазах, учащением мигания. Возникает сухость слизистых оболочек, веки как бы слипаются, губы пересыхают, начинает беспокоить чувство жажды. Затем появляется шум или звон в ушах, тяжесть в затылке, голове и руках. Все это вызывает общую слабость, водитель становится равнодушен к окружающему. Ухудшается острота зрения, дорожная обстановка различается плохо, как в тумане. Появляется ощущение тяжести и боли в плечевом поясе и спине, начинает болеть голова. Появление зевоты свидетельствует о приближении опасной сонливости. Иногда появляется субъективное ощущение неуправляемости автомобиля – его, вроде бы, заносит или он, вроде бы, скользит. Чтобы прервать нарастание сонливости, следует немедленно предпринять необходимые профилактические меры, например, медленный и глубокий вздох с последующим быстрым и энергичным выдохом либо проветривание салона, кратковременную остановку с энергичной разминкой и т. д.

Основным признаком *позднего* утомления является стойкая сонливость, вздрагивание тела, кивки головой (клевки), появление зрительных и слуховых галлюцинаций. Временами у водителя возникают нереальные картины дорожной обстановки, вначале очень кратковременные, затем все более продолжительные. Появляется возможность переключения водителя на управление автомобилем по нереальной дорожной обстановке.

Последняя стадия утомления характеризуется зигзагообразным движением из-за появления коротких приступов сна с открытыми глазами, при этом пробуждение может вызвать испуг с резким учащенным сердцебиением. Затем наступает настоящий сон с неизбежными трагическими последствиями.

Сон за рулем может быть вызван не только утомлением, но и недостатком информации при медленном движении по скоростной дороге, равномерным чередованием столбов и световых сигналов при большой скорости, а также монотонным покачиванием перед глазами различных талисманов, которые так любят отдельные водители.

Следует отметить, что кроме продолжительного непрерывного движения утомление может быть вызвано недосыпанием перед поездкой, ухудшением здоровья, обильным застольем, неудобной позой, шумом или загазованностью в салоне (кабине), высокой загрузкой, движением, метеоусловиями, ожиданием отказа машины из-за ее плохого состояния, плохим освещением, отрицательными эмоциями, физической перегрузкой, возможно, биоритмами и т. д. В принципе, непрерывное движение более двух часов подряд очень опасно даже для абсолютно здоровых и опытных водителей и 5–10 минутная остановка с энергичной разминкой несоизмеримо выгоднее, чем любые

последствия отказа в системе ВАДС. При появлении сонливости категорически, безо всяких отговорок, нужна остановка с последующей разминкой либо кратковременным (20–30 мин) отдыхом, включая сон.

Водитель и биоритмы. Человек – частица природы и в физиологическом отношении он подвержен влиянию этой природы. Жизнь на Земле характеризуется цикличностью, связанной с взаимодействием Солнца и планет, поэтому множество функций в нашем организме также имеют определенную цикличность, большей частью, суточную. Широко известно, что одни люди – «*жаворонки*», которые лучше функционируют первую половину дня, иногда с самого утра, а во второй половине дня они выглядят вялыми, уставшими, делают много ошибок. Другие люди – «*совы*», наоборот, лучше себя чувствуют во второй половине дня, часто до глубокой ночи, зато утром они с трудом просыпаются и очень тяжело «врабатываются». Поскольку и тем и другим приходится водить машину в любое время суток, то каждый должен учитывать свои физиологические склонности при выборе тактики поездки и стиля вождения.

Однако для водителя имеют значения не только суточные циклы. Всем хорошо знакомы «*удачные*» дни, когда все получается легко и непринужденно, и «*неудачные*», «*тяжелые*» дни, когда даже самые простые вещи могут получаться неважно. Как представляется, такие дни либо связаны с состоянием Солнца или взаимным расположением планет, либо с особенностями наших внутренних биологических циклов. Здесь существует несколько теорий, одна из которых – *теория расчетных биоритмов* – довольно популярна из-за своей простоты. Суть ее заключается в том, что на жизнедеятельность каждого человека влияют три независимых цикла: *физический* продолжительностью 23 дня; э*моциональный* – 28 дней и *интеллектуальный* – 33 дня, все с точкой отсчета от дня рождения. *Первая половина* каждого цикла (фаза) является *благоприятной* для человека, *вторая* – *неблагоприятной*. Очевидно, если у человека совпадают положительные фазы, он чувствует себя лучше, если отрицательные – он чувствует себя хуже. Определенную опасность представляет день перехода от одной фазы к другой, так называемый «*нулевой*», или «*критический*» день. Особую опасность представляют дни, когда одновременно происходит смена двух или даже трех циклов – так называемые двойные или тройные критические дни. Очевидно, что вождение автомобиля в такие дни связано с повышенным или даже с высоким риском.

Разумеется, надежного подтверждения этой (и других подобных) теории пока нет, хотя ее сторонники приводят различные «доказательства». Мы считаем, что в таком деле обе крайности – абсолютная вера и полное отрицание – нежелательны и любому водителю не помешает знать свои критические дни, особенно двойные и тройные, благо сегодня это элементарно доступно.

Если же водитель их не знает или не хочет знать, но по каким-либо причинам сегодня чувствует себя как-то не так – будьте осторожны, возможно это и есть тот нехороший, *критический* день!

Ошибки водителя. В процессе вождения автомобиля водитель допускает ошибки, связанные с условиями движения, квалификацией, функциональным состоянием и мотивацией. Эти ошибки можно разделить на неумышленные и умышленные. Неумышленные ошибки связаны с неправильной оценкой дорожно-транспортной ситуации, принятием неправильного решения или неправильным исполнением правильного решения. Умышленные ошибки связаны с мотивацией водителя, когда решение принимается не столько по создавшейся дорожно-транспортной ситуации, сколько по имеющимся социально-психологическим установкам водителя. Не все ошибки приводят к конфликтным ситуациям и коллизиям, но все конфликтные ситуации и коллизии связаны с ошибками, как правило, водителей. В таблице 1.2 [1], приведена частота восприятия дорожных знаков водителями при проезде 16-километрового участка по городским улицам. Как видно, рассчитывать на полное восприятие водителями всех дорожных знаков было бы ошибочным. Это подтверждается данными таблицы 1.3 из той же работы, в которой приведены основные факторы, повлиявшие на аварии, которые произошли по вине водителей. Как видно из таблицы, очень важное значение имеет опыт водителя и его поведение на дороге.

Таблица 1.2 – **Частота восприятия дорожных знаков водителями при проезде 16-километрового участка улицы [1]**

Знаки, указатели и другая информация	Восприятие, %
Светофор	98,6
Обгон запрещен	94,4
Преимущество встречного движения	90,7
Пешеходный переход (знак)	86,1
Переход типа «зебра» и знак	85,5
«Дети»	72,9
Сужение дороги	72,2
Предписанное движение только прямо	63,2
Дорога с односторонним движением	54,8
Школа, больница и т. п.	50,0
Сплошная белая линия разметки	37,5

Таблица 1.3 – **Основные факторы, повлиявшие на аварии, произошедшие по вине водителей [1]**

Фактор	Количество аварий, %
Отвлечение внимания	36,4
Недооценка опасности	30,2

Боязливость в манерах поведения и опасные привычки	25,3
Ошибочный прогноз поведения других участников дорожного движения	17,9
Неправильная оценка обстановки	12,3
Недооценка собственного ошибочного поведения	11,1
Непредсказуемое для окружающих собственное поведение	8,0
Осознанное противоправное поведение в условиях движения	3,7
Убежденность на основе неверных интерпретаций правил и состояния дорожного движения	3,1
Помехи восприятию или действиям	1,9
Примечание – Поскольку были выявлены, в среднем, 1,5 причины каждой аварии, то сумма процентных значений отличается от 100 %.	

Опыт. Опытный водитель, как правило, делает все быстрее, лучше и безопаснее. Он затрачивает меньше времени на обозрение дорожно-транспортной ситуации, поскольку в большинстве случаев в зоне обозрения видит не отдельные несвязанные объекты, а целостную картину. Поэтому он значительно реже переводит взгляд с объекта на объект, не теряя на это времени и не упуская важной информации. В результате опытный водитель располагает значительно большим временем для анализа ситуации и принятия правильного решения. Из общей дорожно-транспортной ситуации он быстрее выделяет наиболее важную на данный момент информацию и быстрее её перерабатывает, поскольку для него она, как правило, уже знакома. Он лучше прогнозирует обстановку, поскольку располагает бóльшим временем, а ситуации для него, как правило, типовые. Располагая достаточным временем и хорошим прогнозом, опытный водитель почти всегда чувствует себя комфортно и допускает возможный для себя минимум ошибок. Он интуитивно знает, что положительная информация усваивается быстрее (так как она проходит по несколько иным отделам мозга), поэтому, по возможности, старается не отвлекаться на негативную информацию. Наконец, в условиях дефицита времени или даже в критических ситуациях он легче и быстрее находит необходимые решения, а также быстрее выполняет соответствующие команды, поскольку большинство из них у него относятся к разряду автоматизмов.

Необходимо отметить, что даже опытные водители допускают довольно много ошибок из-за недооценки относительно малых скоростей после длительной езды на высоких скоростях. Водитель настолько привыкает к высокой скорости, что при ее уменьшении он теряет чувство опасности и принимает решения, соответствующие гораздо меньшей скорости, что чрезвычайно опасно. Когда, например, после продолжительного движения на скорости 120 км/ч водителей просили, не глядя на спидометр, снизить скорость до 60 км/ч, то почти все испытуемые останавливались на скорости не ниже 80 км/ч. Заметим, что и при аналогичном переходе с 60 на 120 км/ч

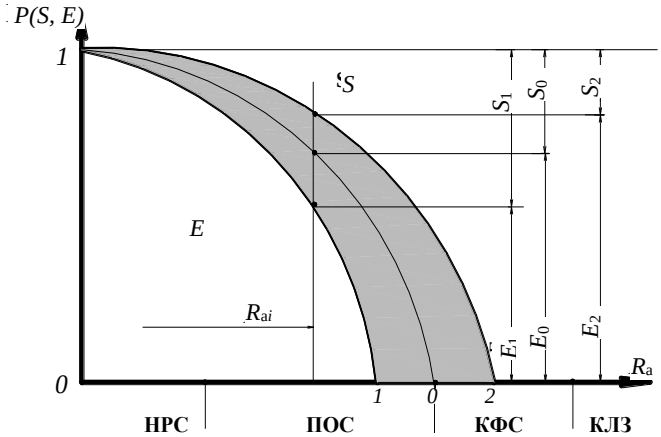
почти все водители останавливались на значительно меньшей (чем 120 км/ч) скорости, однако это не представляет никакой опасности.

Обучение. Современное обучение страдает рядом недостатков, главным из которых, как представляется, является тот факт, что учащихся не столько учат вождению, сколько натаскивают на сдачу экзаменов в ГАИ. Отсутствие объективных и достоверных оценочных критериев качества подготовки конкретного ученика, одинаковое время обучения для всех, столь отличающихся учеников, недостатки материально-технического и методического обеспечения и многое другое вносят свой негативный вклад в качество подготовки водителей. Очевидно, должны быть разработаны объективные и достоверные критерии качества подготовки водителей и общегосударственные эталоны, по достижении которых ученики могут допускаться к сдаче экзаменов, независимо от продолжительности обучения.

После завершения учебы и получения соответствующих документов, начинающие водители еще некоторое время должны находиться под патронажем специальных организаций (клубов, ассоциаций, союзов и т. д.), где бы они могли получать столь необходимую помощь в адаптации к реалиям дорожного движения, в повышении квалификации и защите своих интересов. В настоящее время ничего подобного нет. После не совсем качественной подготовки новоиспеченный водитель попадает в пекло дорожного движения, где он подвергается смертельному риску, постоянному преследованию и издевательствам, оставаясь забытым и совершенно беззащитным. Сегодня приобретение необходимого опыта и повышение квалификации производится самим начинающим водителем по методу проб и ошибок – и это в дорожном движении, с его повышенным риском и нередко смертельной опасностью! Это очень дорого обходится обществу и страшно дорого обходится начинающим водителям или их семьям. Так не должно быть! Подготовка водителей должна отвечать, как минимум, требованиям сегодняшнего, а не позавчерашнего дня. В это дело необходимо вкладывать деньги, привлекать науку, необходим государственный подход. Преступно экономить на подготовке водителей, пускать её на самотек.

Дорожное поведение в значительной мере определяет моральный климат на дорогах и оказывает влияние на все виды потерь, особенно аварийные и социальные. Обычно дорожное поведение данного конкретного водителя мало отличается от его поведения в других сферах жизни, однако имеются исключения. Это связано с тем, что отношения между участниками движения характеризуются кратковременностью, анонимностью, неравноправностью и безответственностью при мелких инцидентах. Сам процесс вождения у многих вызывает чувство эйфории, превосходства, всесилия, поэтому возможны ситуации, когда внешне спокойный и уравновешенный человек, сев за руль, становится безрассудным и агрессивным, либо наоборот и т. д.

Дорожное поведение в повседневной водительской практике характеризует стиль вождения и, думается, риск аварии, хотя на сегодняшний день нет убедительных доказательств жесткой связи между аварийностью и стилем вождения. Существует несколько классификаций стиля вождения, определяемых такими выражениями, как решительный, осторожный, уравновешенный, уверенный и т. д. Однако, поскольку сегодня нет единого общепринятого подхода к определению стилей вождения, то мы их приводить не будем. Укажем лишь, что существует не только *быстрый неосторожный* или *медленный осторожный* стиль вождения, но и *быстрый осторожный*, а также *медленный неосторожный*. Поэтому, оказывается, что вопреки широко распространенному мнению, медленный стиль вождения далеко не всегда является осторожным, а быстрый – неосторожным. Уже указывалось, что в процессе принятия решения водитель руководствуется двумя основными мотивами (рисунок 1.4) – эффективности (*E*) и безопасности (*S*). В условиях невысокого риска, скажем, в нормальных дорожно-транспортных ситуациях, водитель руководствуется, в основном, мотивом эффективности и дорожное поведение не оказывает решающего влияния на безопасность. если оно, конечно, само не является источником опасности. В условиях высокого риска, скажем в конфликтных ситуациях, водитель руководствуется исключительно мотивом безопасности при любом дорожном поведении. А вот в условиях повышенного риска, скажем в потенциально-опасных ситуациях, водитель обязан руководствоваться обоими мотивами, при этом чем больше риск, тем более весом мотив безопасности. Поскольку оценка водителем объективной опасности всегда является субъективной и у разных водителей она существенно различается, то при одинаковой объективной опасности водители могут руководствоваться разными мотивами. В результате для каждого уровня риска существует некий переходной интервал «*E*+*S*» (на рисунке 1.4 он заштрихован), в котором от водителей с определенной вероятностью можно ожидать различающегося поведения. Более осторожные водители, независимо от скорости движения, раньше передают приоритет от мотива *E* к мотиву *S*, менее осторожные – позже. Если в этом интервале обоими участниками конфликта решения принимаются исключительно по дорожной обстановке в условиях доброжелательности и предупредительности, то дорожно-транспортная ситуация наверняка разрешится бесконфликтно. Если же принятие решения в большей мере обусловлено неверными социально-психологическими установками в условиях недоброжелательности или агрессивности, то дорожно-транспортная ситуация с большой вероятностью перерастает в следующую, более опасную стадию с неясными последствиями. Таким, образом, перерастание данной дорожно-транспортной ситуации в боле опасную в решающей мере зависит от дорожного поведения участников конфликта, в первую очередь от водителей.



Заштрихована условная зона передачи приоритета от мотива *E* к мотиву *S*.
Средняя линия *0* – это условная объективная граница передачи приоритета;
линия *1* – это условная граница передачи приоритета у осторожного водителя,
линия *2* – у неосторожного, рискового водителя. На оси абсцисс условно показаны
дорожно-транспортные ситуации от нормальной (НРС) до коллизии (КЛЗ)

Рисунок 1.4 – Распределение мотивов эффективности (*E*) и безопасности (*S*) в зависимости от риска аварии (R_a)

В этом отношении важное значение имеет *конформность* поведения, т. е. принятие участниками движения разумных норм поведения, характерных для данного вида деятельности. Особенно если учитывать, что «деятельность» водителя постоянно связана с риском, порой смертельным, риском для себя и окружающих. Здесь поведение должно быть в первую очередь *разумным*. Правда, что такое «*разумное поведение*» применительно к водителю сегодня однозначно не установлено.

Многочисленные опросы самих водителей дают, примерно, такую характеристику «*положительному*» водителю: уверенное осторожное, умеренно быстрое вождение «с некоторым несоблюдением «непонятных» предписаний», но безусловное соблюдение мер безопасности и доброжелательное отношение к другим участникам движения. Для «*отрицательного*» водителя характерно неосторожное быстрое или сверхосторожное медленное неаккуратное движение с многочисленными ошибками и безразличным или агрессивным отношением к другим участникам движения. К «*отрицательным*» почему-то относят «водителей, наваливающихся грудью на рулевое колесо».

Конечно, эти характеристики получены европейскими и американскими исследователями в 80-е годы прошлого столетия и с тех пор прошло много времени. Более того, следует учитывать, что водители дают себе не самую объективную оценку. Так, например, 96 % опрошенных водителей оценивают стиль своего вождения как надежный, и только 1,5 % – как

неосмотрительный. А 99 % водителей, как уже упоминалось, считают, что *у других* водительские способности ниже среднего и только 1 % допускает это в отношении *себя*. Поэтому полученные характеристики нельзя считать эталонными, хотя они довольно симпатичны и в них, безусловно, есть рациональное зерно.

Женщина-водитель. Число женщин-водителей стремительно растет и это накладывает свой отпечаток на характер дорожного движения. Чем же отличаются женщины-водители от мужчин? Как представляется, они более дисциплинированные, аккуратные и осторожные, особенно при маневрировании. Они более пунктуально выполняют требования Правил дорожного движения, поэтому иногда выпадают из общего ритма движения. Они менее опытны и иногда принимают не самые лучшие решения. Поведение женщин в критические дни и при беременности может существенно отличаться от обычного, поскольку некоторые процессы в организме затормаживаются, что вызывает снижение скорости реакций, более быстрое утомление и рассеивание внимания, физический дискомфорт. Возникают определенные проблемы и в переходном возрасте, что связано с особенностями старения женского организма, поэтому в возрасте около 50 лет возможно появление ошибок, которых раньше не было. В целом, однако, женщины-водители относительно реже попадают в аварию, чем мужчины.

В обществе довольно часто обсуждается вопрос о том, какой водитель лучше – женщина или мужчина. Одни утверждают, что женщина-водитель лучше чем мужчина, так как она более исполнительная, дисциплинированная, аккуратная, интеллигентная. Другие утверждают, что женщина-водитель хуже мужчины, так как она менее опытная, менее выносливая, больше подвержена стрессу и т. д. Мы считаем, что женщины-водители не лучше и не хуже мужчин – они просто другие, и им пока заметно тяжелее. И вот почему. Профессия водителя изначально зарождалась как чисто мужская, даже, можно сказать, *мужицкая* – извозчик, ямщик, кучер… Со своей особой, *мужицкой* ментальностью – хамоватостью, нагловатостью, хитроватостью, неаккуратностью и в то же время – удалью, выносливостью, сообразительностью, тяжелым физическим трудом, постоянным риском и невзгодами. Многое из этой ментальности осталось и сегодня, хотя условия резко изменились. Тяжелый физический труд, за редким исключением, ушел навсегда. Не надо иметь кожаную куртку, сапоги и шлем с очками – водить машину можно в хорошем платье и в туфлях с высоким каблуком. И если говорить о профессии водителя, как о способе решения своих деловых, семейных или личных задач, т. е. как о водителе-непрофессионале, то такая профессия перестала быть чисто мужской и стала абсолютно доступной для женщин.

Пешеходы – самая многочисленная, неподготовленная и незащищенная группа участников движения. Они характеризуются огромным рассеиванием психофизиологических свойств, связанных с возрастом, ростом, состоянием

здоровья, интеллектом, образованием, уровнем знаний дорожного движения и т. д. Поэтому дорожное поведение пешеходов часто отличается кажущейся нелогичностью и непредсказуемостью, хотя на самом деле все довольно логично и предсказуемо. Логично с точки зрения конкретного пешехода, а предсказуемо в том смысле, что от пешехода всегда можно ожидать нелогичных действий.

Чтобы водитель мог понять логику пешехода, он должен знать некоторые его особенности. Например, пешеход имеет бóльшую свободу выбора направлений движения, которые не регламентируются юридически и не ограничены физически. Поэтому с места или в движении пешеход может резко двинуться в любом направлении – вперед, назад, вправо, влево, стать, пойти, побежать, прыгнуть. При этом побудительным мотивом может быть не только дорожно-транспортная ситуация, но и любое другое событие – появление в поле зрения знакомого, интересной картинки, неожиданный звук и т. д.

Поэтому всегда можно ожидать от пешехода нелогичных действий. Особенно, если этот пешеход – подросток, пожилой, нетрезвый или любой иной, попавший в сложную или быстроизменяющуюся ситуацию (например, детям достаточно выронить мячик, а мужчине – бутылку с напитком).

Еще одно слабое место у пешеходов – определение расстояния до приближающегося транспортного средства и его скорости. Известно, что человек определяет расстояние до объекта по величине силуэта этого объекта – чем меньше силуэт, тем больше расстояние, и наоборот. Оценив размеры силуэта исследуемого объекта, например, автомобиля, человек сравнивает эти размеры с некоторыми эталонами, хранящимися у него в памяти, и таким способом «оценивает» расстояние. Очевидно, что такая оценка расстояния носит приблизительный характер и ошибка весьма вероятна. Тем более, что на эту оценку влияет цвет машины – темные кажутся дальше, а яркие, наоборот, ближе; прозрачность воздуха, направление на солнце, время суток, состояние здоровья, опыт, утомление, состояние эталонов и т. д. Водителю здесь легче – он постоянно занимается этой работой, он здоров (проходит медкомиссию), трезв, опытен, имеет «исправные» эталоны… У пешехода, по понятным причинам, все намного хуже. Скажите, пожалуйста, какой опыт, какие эталоны могут быть у детей и подростков, которые даже машину сразу видят не целиком, а отдельными, наиболее ярко выделяющимися фрагментами, например, молдингами, фарами, колпаками колес, работающими дворникам? Или у пожилых людей, у которых эталоны уже стали стираться в памяти, а львиную долю внимания они уделяют тому, чтобы не поскользнуться или не упасть? А как быть вечером или ночью, когда силуэтов не видно совсем, а видно лишь скопление разнокалиберных огней – кто с яркими галогенными фарами дальнего света, кто с замызганными фарами на ближнем свете, а кто на подфарниках – о какой точности здесь может идти речь?

Но и это не все – необходимо определить скорость движущегося автомобиля, которая оценивается по быстроте изменения его силуэта. Если силуэт увеличивается быстро, значит скорость большая, если медленно – значит небольшая. Из памяти нужно извлечь уже другие эталоны – изменения величины силуэтов, сравнить их с исследуемым и только тогда можно оценить скорость. При этом влияние цвета машины, прозрачности воздуха, состояния памяти и т. п. здесь еще большее, чем при определении расстояния. Кроме того, необходимо учитывать, что при одинаковой скорости изменение величины силуэтов на малом удалении происходит значительно быстрее, чем на большом. В результате ошибка при определении скорости, так же как и при определении расстояния, более чем вероятна.

Таким образом, ошибка при одновременном определении расстояния до приближающегося автомобиля и его скорости более вероятна, чем её отсутствие. Иными словами, если нетренированный человек 10 раз определяет это расстояние и скорость, то более чем в половине случаев он гарантированно сделает значимую ошибку. Спрашивается, можно ли водителю в подобных ситуациях рассчитывать только на пешехода? Ответ, думается, однозначен. По уровню дорожной подготовки пешеход значительно уступает водителю, это надо принимать как данность и учитывать в процессе вождения.

И еще некоторые особенности. Низкая высота глаз у детей и подростков, отсутствие жизненного опыта, нецелостное восприятие дорожной обстановки, полное отсутствие прогнозирования ситуации, бóльшая роль звуковой информации создает у них существенно иную картину дорожно-транспортной ситуации, чем у водителей, особенно опытных. Отсюда возникает возможность иных, неожиданных и очень опасных поступков.

Пешеходы больше ориентируются на общую обстановку, чем на нормы Правил дорожного движения, больше подвержены внешнему влиянию, причем негативные примеры воспринимаются значительно чаще, чем позитивные. Бóльшая чем у водителей анонимность (у пешеходов нет регистрационного номера) зачастую является причиной безответственного, ошибочного или агрессивного поведения. *Пожилые* пешеходы испытывают затруднения в ориентации, для них характерны суженное внимание, недостаток информации, неуверенность и нерешительность, трудности во взаимопонимании с другими участниками движения. Они, как и дети, представляют группу особо повышенного риска, хотя, в отличие от детей, они в этом не признаются.

Велосипедисты – те же пешеходы, только передвигающиеся с большей скоростью. Сам процесс движения на велосипеде отвлекает часть внимания, поэтому от велосипедиста тоже можно ожидать резких, нелогичных действий. Поскольку у велосипедиста способность к предпринятию уклончивых действий существенно меньше, чем у пешехода (из-за большей скорости), то конфликтные ситуации с их участием чаще перерастают в коллизии. Также как и у пешеходов, с наступлением темного времени суток опасность

движения на велосипеде резко возрастает. Учитывая, что велосипедисты чаще движутся по проезжей части, они чаще попадают в аварии, причем с очень тяжелыми последствиями.

Примерно то же можно сказать о **возчиках**, среди которых много нетрезвых и людей, очень далеких от дорожного движения. Езда по «своим», знакомым дорогам делает возчиков чересчур уверенными при выполнении разнообразных маневров, а отсутствие сигнальных фонарей делает движение в темное время суток особо опасным.

Мотоциклисты, так же как и велосипедисты, сильно подвержены внешнему воздействию – ветер, дождь, ослепление, выхлопы (особенно дизельных грузовиков), пыль, песок, мелкие и не очень мелкие камни и т. п., что на высокой скорости представляет серьезную опасность. Невысокая устойчивость мотоцикла, особенно на скользком покрытии или при наличии продольных неровностей, а также другие факторы значительно усложняют движение на мотоцикле. Поэтому, несмотря на известные преимущества, мотоциклы все больше вытесняются с хороших дорог на местные. «Настоящих» мотоциклистов, профессионалов, которые отличаются высокой дисциплинированностью, хорошими навыками и большим опытом вождения, у нас становится все меньше и меньше. Все чаще встречаются ситуации, когда мотоциклом управляет молодежь, не имеющая водительских прав и надлежащего опыта. Столь же часто встречаются и мотоциклисты, садящиеся за руль в нетрезвом состоянии. Представляется, что именно такие «мотоциклисты» являются основной причиной аварийности и недружелюбного отношения других участников движения к мотоциклистам, что явно несправедливо по отношению к «профессионалам».

Мы рассмотрели лишь малую часть характеристик водителя (человека) и особенностей его дорожного поведения. Однако и из рассмотренного понятно, что человек – главная фигура в дорожном движении. Поэтому всё – дороги, транспортные средства, системы управления, нормативы, подготовка кадров и т. д. – должно делаться под человека, с учетом его возможностей и особенностей.

1.2 Среда движения

Дорожное движение осуществляется в сформировавшейся среде, сильно влияющей на его качество и отличающейся для каждого государства. Среда движения включает две основные составляющие – материальную и социальную. Материальная составляющая, или основа дорожного движения, – это природные и погодно-климатические условия, транспортные средства и дороги (улицы) с их обустройством и техническими средствами регулирования. Социальная составляющая – это формируемые в основном организацией дорожного движения отношения между государственными структурами и участниками движения, а так же отношения между самими участниками дорожного движения.

Рассмотрим составляющие существующей в Республике Беларусь среды движения, преимущественно с точки зрения их готовности к нормативному дорожному движению в условиях резко увеличившегося и продолжающего расти числа автомобилей.

1.2.1 Материальная составляющая среды движения

Природные и погодно-климатические условия. В Республике Беларусь преобладает равнинная местность, реже – мало холмистая. Много мостов через малые и средние реки и железнодорожных переездов. Плотность поселений – умеренная, доля городских, поселковых и сельских улиц в общей протяженности дорог составляет около 15 %.

Климат – умеренный. Средняя температура воздуха находится в пределах от –10 °С зимой до +17 °С летом. Среднегодовое число осадков составляет около 1200 мм, средняя высота снежного покрова – около 60 см, а его продолжительность – около 90 дней. Ветры преимущественно слабые и умеренные (до 20м/с), основное направление – с северо-запада. Осенью и весной местами бывают туманы, а в зимнее время – гололедица. В целом природные и погодно-климатические условия, с точки зрения дорожного движения, оцениваются как удовлетворительные.

Транспортные средства. За последние 20 лет количество транспортных средств в Республике Беларусь увеличилось почти в 4 раза и на 01.01.2023 г. составило около 3,8 млн ед. Средний возраст эксплуатируемых автомобилей – около 12 лет.

Имеются определенные проблемы с техническим состоянием автомобилей, укомплектованием действенными средствами пожаротушения, проведением технического осмотра и т. д. В целом готовность транспортных средств к дорожному движению оценивается как удовлетворительная.

Дороги. В Республике Беларусь протяженность автомобильных дорог общего пользования составляет около 86 тыс. км, в том числе республиканских – 16 тыс. км и местных – 71 тыс. км.

Существуют проблемы с конструктивной безопасностью и состоянием покрытия части дорог, особенно низших категорий. На республиканских дорогах имеется около 500 очагов аварийности общей протяженностью около 700 км, а на местных – около 180 очагов общей протяженностью около 260 км. Наблюдается отставание в плановой ликвидации очагов аварийности, в строительстве обходов городов и населенных пунктов, уличных и внеуличных стоянок, пешеходных переходов и велодорожек.

Существуют недостатки в зимнем содержании улиц и дорог, особенно в оперативности и применении высокопроизводительной техники. Ремонтные работы часто проводятся недостаточно быстро, а при их планировании и проведении практически не учитываются потери в дорожном движении из-за временного ухудшения условий движения. Тем не менее готовность

дорог к дорожному движению в настоящее время оценивается как удовлетворительная.

Технические средства регулирования. ***Дорожные знаки***. Существуют трудности с усвоением дорожных знаков из-за большого их количества (свыше 300) и сложной классификации. К проблемам можно отнести отсутствие одних знаков, например, «Координированное движение», «Предписываемая скорость», и избыток других знаков или неудачное использование цветового фона (например, номер дороги на красном фоне).

Дорожная разметка. Имеются проблемы, которые связаны с отсутствием разметки или ее быстрым изнашиванием. Практически не применяется разметка со световозвращением, что особенно важно в темное время суток. Имеется необходимость в разработке новых видов разметки, например, «Координированное движение».

Светофоры также нуждаются в совершенствовании. Во-первых, ламповые светофоры должны быть заменены светодиодными, обладающими лучшими характеристиками. Во-вторых, есть проблема в обозначении переходного интервала для пешеходов, решение которой с помощью зеленого мигающего сигнала не совсем удачно, поскольку этот сигнал имеет два различающихся значения:

– предстоящее (за 3 с) окончание горения зеленого сигнала;

– пешеходный переходной интервал.

Необходимо информировать водителей о запрещении движения в направлении поворотной стрелки дополнительной секции светофора. Имеется потребность в предупреждении (за 3 с) водителей о включении зеленого сигнала на дополнительной секции светофора, в более раннем предупреждении о смене красного сигнала светофора при координации. Необходимо использовать различные формы сигнала, в том числе проблесковый и перемигивающий, а все многообразие сигналов и их комбинаций следует выстроить в жесткую и логичную систему, понятную всем участникам движения. Следует отметить, что при имеющихся недостатках готовность технических средств регулирования к дорожному движению на данный момент оценивается как удовлетворительная.

Таким образом, материальная составляющая среды дорожного движения в Республике Беларусь оценивается в настоящее время как удовлетворительная.

1.2.2 Организационно-управленческая составляющая среды движения

Управление системой дорожного транспорта. В системе дорожного транспорта отсутствует четкая структура управления. Часть управленческих функций выполняет Министерство транспорта и коммуникаций, часть – МВД, часть – другие ведомства, исполнительные комитеты. Поэтому в

системе дорожного транспорта возникает много недостатков как внутри системы, так и при взаимодействии ее с другими системами.

Организация дорожного движения. ***Роль организации дорожного движения*** постоянно увеличивается по мере роста автомобилизации. Уже сегодня при достигнутом уровне насыщения автомобилями (около 300 автомобилей на 1000 жителей) недостатки в организации движения стали источником половины всех потерь в дорожном движении (в том числе в городах – до 85 %). Имеется ряд принципиальных недостатков, которые требуют немедленного устранения.

Несоответствие идеологии управления процессу современного дорожного движения привело к разбалансированию управления. Целью управления дорожным движением, по мнению правоохранительных органов, является безопасность участников движения, проявляющаяся только в количестве аварий с пострадавшими. Что же касается аварий без пострадавших, а их около 90 %, а также экономических, экологических, социальных аспектов, то они практически не учитываются в управлении. Следовательно, истинная цель управления – качество дорожного движения, куда, естественно, входит и безопасность, – не может быть достигнута принципиально. Постановка неверных целей, не соответствующих назначению и закономерностям дорожного движения, приводит к несбалансированному управлению, которое является основным источником потерь.

Отсутствие надлежащей методологии. Несоответствующая идеология и ряд других причин привели к тому, что в управлении дорожным движением на данный момент отсутствует современная технология. Во многих зарубежных странах для специалистов по организации движения имеется специальный норматив – «Руководство по регулированию дорожного движения», – которым они обязаны пользоваться в пределах всей страны. В Республике Беларусь имеются технические нормативы, однако нет методических нормативов – какие цели преследовать, каким способом их добиваться, как принимать оптимальные решения, какими методиками руководствоваться и др.

Несовершенная нормативная база. К недостаткам в нормативной иерархии можно отнести отсутствие, например, закона о дорожном транспорте, руководства по регулированию дорожного движения и т. д. Существующие нормативы часто ориентированы на неверные установки, нередко противоречат друг другу.

В настоящее время действует ***ограничительно-запретительная*** направленность управления, которая крайне неэффективна и вызывает неприятие у большинства участников дорожного движения. В ряде мест запрещающие знаки составляют треть всех дорожных знаков. Подавляющее большинство ограничений носит перестраховочный характер, в них нет необходимости и они с успехом могут быть демонтированы либо заменены предупреждением или рекомендацией.

Очень часто участники движения изначально рассматриваются как потенциальные правонарушители, что приводит к совершенно ненужной и очень

опасной конфронтации между участниками и работниками ГАИ. Это тупиковое направление организации движения, оно крайне негативно воздействует на ментальность участников, противоречит человеческой сущности и природе дорожного движения и от него нужно обязательно отходить.

Ментальность наших участников во многом формируется бесконечными перестраховочными, часто бессмысленными ограничениями, которые почти никогда не выполнялись и не выполняются, особенностями контроля за движением и другими недостатками управления. В конечном счете, у участников формируется стойкое негативное отношение к управлению движением, заниженное восприятие опасности и ложное представление об оптимальном дорожном поведении. Такая ментальность наших участников не национальная особенность, а результат многолетнего неоптимального управления движением и ее, безусловно, нужно постепенно менять, в первую очередь за счет изменения подходов к управлению и отношения к участникам движения.

Контроль в дорожном движении является важнейшей и неотъемлемой частью системы управления. Поскольку дорожное движение объединяет две области управления – технологическим процессом движения и деятельностью людей, то задачи контроля здесь сложные и специфические. Кроме выполнения главной задачи – контроля за режимом движения (и стоянки) – необходим еще контроль за соблюдением нормативов; состоянием участников движения, транспортных средств, документации, технических средств регулирования, дорожных условий; работой автоматизированной системы управления (АСУ) дорожным движением, маршрутного пассажирского транспорта и обслуживания дорожного движения и т. д.

Основные функции контроля в дорожном движении выполняет *государственный орган – ГАИ МВД Республики Беларусь*, некоторые функции – *ведомственные* контрольные службы. К сожалению, *общественный* контроль в дорожном движении сегодня практически отсутствует.

Основная функция *ГАИ* – контроль за режимом движения и стоянки. Сегодняшний контроль за движением недостаточно эффективен по двум основным причинам. Первая из них, *объективная* – это *специфика дорожного движения* – чрезвычайная массовость объектов, их распределение по всей улично-дорожной сети страны и фактическая непрерывность движения. Вторая, *субъективная* – несовершенная нормативная база процесса движения, ограничительно-запретительная направленность управления, отсутствие соответствующих технических средств и автоматизированных систем контроля и т. д.

Ведомственный контроль имеет типовой недостаток – он в большей мере направлен на защиту интересов ведомства и поэтому не всегда объективен.

Сегодня в дорожном движении абсолютно не используется один из самых эффективных видов контроля – *общественный*. Участники движения

заинтересованы в наведении порядка на улицах и дорогах, поэтому необходимо использовать этот огромный потенциал, как это делается во многих странах.

Правила дорожного движения. Правила являются нормативом прямого действия и предназначены в первую очередь для участников движения. Поэтому над ними необходимо постоянно работать с привлечением самых компетентных специалистов и широкой общественности. Как результат, Правила должны быть стабильными, безупречными по сущности, юридически выверенными.

Основными недостатками действующих Правил являются безадресность, громоздкость и отсутствие четкой системы изложения, что требует больше заучивания, чем осмысления.

В целом уровень организации дорожного движения в данный момент оценивается как недостаточный.

Подготовка кадров. ***Подготовка водителей*** характеризуется относительно невысоким качеством, большим количеством теоретических занятий и недостаточностью практического вождения. Присутствуют проблемы с оценкой уровня подготовки будущих водителей. Идет не столько обучение вождению, сколько натаскивание на сдачу экзаменов. Имеются определенные проблемы в подготовке и повышении квалификации преподавателей автошкол и инструкторов вождения. Эти проблемы связаны, в основном, с их недостаточной теоретической подготовкой и неверными представлениями о природе дорожного движения.

Таким образом, подготовка кадров для дорожного движения находится на грани между удовлетворительной и неудовлетворительной.

Обслуживание дорожного движения. Под термином «обслуживание дорожного движения» понимается «вспомогательная» деятельность, которая способствует успешному его функционированию. В эту деятельность входят мониторинг дорожного движения, страхование, специализированная медицинская и техническая помощь на месте аварии, оформление документов по авариям, экспертиза аварии, правовая и иная помощь участникам аварий, а также различные виды оперативного, технического, информационного, торгово-бытового и иных видов обслуживания участников движения непосредственно в дороге.

Мониторинг дорожного движения на постоянной основе в Республике Беларусь не проводится.

Страхование в дорожном движении Республики Беларусь развивается активно. Однако уровень страховых взносов и страхового возмещения, особенно в случаях гибели участников или ранений, повлекших инвалидность, явно недостаточный. Дифференциация страховых взносов недостаточна и не играет заметной роли в формировании мотивации участников движения. В мировой практике страховые компании являются одним из ведущих инициаторов и спонсоров научно-исследовательских, организационно-технических

и других мероприятий, цель которых – повышение безопасности дорожного движения, что выгодно и компаниям, и обществу.

Экспертиза аварий выполняется только в двух ведомствах – МВД и Министерстве юстиции. Сегодня независимая экспертиза, а также независимый контроль за качеством и объективностью отдельных экспертных заключений практически отсутствуют. Также не решены многие методические вопросы, например, момент возникновения опасности при движущемся (пересекающем траекторию движения) препятствии, определение понятия «вынуждает» и др. Имеются вопросы с назначением или не назначением экспертизы, которое в значительной мере зависит от мнения следователя (органа, ведущего процесс). Качество экспертизы часто страдает от неаккуратного оформления документов по авариям, недостатка исходных данных и т. д. Практически не проводятся научно-исследовательские и информационно-статистические работы по экспертной тематике, что влечет постепенное отставание от современных требований.

Минимизация тяжести последствий – это деятельность, направленная на снижение потерь от любых видов опасности, в первую очередь от аварийности. В настоящее время возникают трудности в информировании о месте аварии и предполагаемой тяжести последствий; оперативности и согласованности прибытия на место аварии служб МВД, МЧС и Министерства здравоохранения; оперативности, качестве и объективности оформления первичных документов и в расследовании аварий; готовности к оказанию первой медицинской (доврачебной) помощи пострадавшим в аварии со стороны населения, водителей, персонала служб МВД, МЧС и работников придорожного сервиса. Практически отсутствуют консалтинговые организации для оказания участникам аварий консультативной помощи юридического, автотехнического характера. Недостаточна дорожно-транспортная подготовка судей, сотрудников следствия и прокуратуры, ведущих дела по авариям. Отсутствуют структуры, призванные минимизировать экологическую, экономическую и социальную опасности (степень опасности этих видов меньше, чем аварийности, а масштабы потерь от них на порядок превосходят потери от аварийности).

Придорожный сервис также развивается по мере роста автомобилизации, однако не в полной мере. В частности, ассортимент предлагаемых услуг невелик, а цены довольно высокие и не всегда доступные рядовому (т. е. массовому) участнику движения. В последние годы получает все большее распространение неорганизованная торговля продуктами вдоль дорог, существенным недостатком которой, кроме антисанитарии, является повышенная опасность движения в таких местах. Необходимо отметить, что обслуживание дорожного движения в Республике Беларусь находится еще на стадии становления.

Таким образом, при удовлетворительной материальной составляющей социальная составляющая современной среды дорожного движения в Республике Беларусь в целом оценивается как неудовлетворительная.

1.3 Конфликты и коллизии

Конфликты занимают особое место в дорожном движении и их разрешение является одной из самых актуальных задач. Что же вкладывается в понятие «конфликт» в дорожном движении? Вообще, слово «конфликт» означает столкновение сил, сторон, мнений, какое-либо противоречие. При этом, само это понятие очень ёмко – от маленьких технических конфликтов до огромных международных, часто вооруженных. И в дорожном движении также имеют место самые разнообразные конфликты – технические (физические), экономические, социальные, экологические. Из этих конфликтов (КФ), которые все очень важны и требуют разрешения, здесь будут рассматриваться только физические, которые делятся на три основных типа: столкновения, или конфликт транспорт – транспорт (Т – Т), наезд на пешехода, или конфликт транспорт – пешеход (Т – П), и потеря управляемости, или конфликт транспорт – дорога (Т – Д).

Сущность первых двух конфликтов заключается в том, что два или более участника дорожного движения в силу сложившихся обстоятельств физически претендуют на одновременное занятие одной и той же пространственной точки на проезжей части (ПЧ). Сущность КФ Т – Д заключается в нарушении нормального процесса взаимодействия между этими элементами системы, что приводит к потере управляемости транспортным средством (ТС), например, к заносу, опрокидыванию, движению по несанкционированной траектории и т. д. Разумеется, в дорожном движении (ДД) можно наблюдать и другие виды КФ, например, П – Д, приводящие нередко к травмам или ранениям, но они здесь не рассматриваются.

Понятие «*конфликт*» имеет, в некоторой степени, потенциальный смысл, ожидаемое событие, техническую возможность. Если же эта возможность реализовалась физически, стала свершившимся фактом, то такое событие будем называть коллизией. Слово «*коллизия*» так же, как и «*конфликт*», имеет латинское происхождение и означает тоже столкновение сторон, сил или иное противоречие. Таким образом, если речь идет о возможном, потенциальном столкновении или ином противоречии, то будем употреблять термин «*конфликт*». Если же это противоречие или столкновение реализовалось физически, произошло, стало фактом, то будем употреблять термин «*коллизия*».

Существует понятие «дорожно-транспортная ситуация» (ДТС), широко применяемое в дорожном движении, под которым понимается некоторое характерное состояние процесса движения, ограниченного пространственными и временными пределами. Дорожно-транспортная ситуация определяется

взаимодействиями трех основных видов: Т – Т, Т – П и Т – Д, каждый из которых в данной конкретной ситуации может быть определяющим.

Дорожно-транспортные ситуации могут сильно отличаться друг от друга как по вероятности возникновения или реализации конфликтов, так и по степени тяжести последствий коллизий, т. е. уже реализованных конфликтов. Имеются различные классификации дорожно-транспортных ситуаций, которые, естественно, у разных авторов отличатся друг от друга. В данном пособии больше внимания уделяется взаимодействию Т – Т и Т – П, поэтому с этих позиций в основном и дается классификация дорожно-транспортных ситуаций, показанная на рисунке 1.5. Что же касается взаимодействия Т – Д, то будет дано лишь очень краткое описание известной системы ВАДС.

Причинами возникновения конфликта Т – Д могут быть:

– внезапный отказ важнейших узлов ТС: разрушение колеса, отказ рулевого управления, отказ тормозной системы и т. д.;

– резкое, скачкообразное ухудшение характеристик проезжей части – ровности и скользкости – без соответствующего предупреждения водителей;

– несоответствие режима движения ТС реальным дорожным условиям, как правило, превышение скорости;

– несоответствие темпа изменения скорости и траектории движения реальным дорожным условиям, как правило, резкое торможение и поворот руля, приводящие к заносу или опрокидыванию;

– несанкционированное внезапное появление на проезжей части препятствий для движения: массивные предметы, животные, открытые люки и т. д.

Как видим, возникновение конфликта Т – Д зависит от многих факторов и хорошо описывается известной системой ВАДС. Утверждается, что система работает хорошо только тогда, когда хорошо и безотказно работают все её подсистемы и элементы. В то же время отказ в работе хотя бы одного элемента или одной подсистемы неизбежно приводит к отказу всей системы, который проявляется, как правило, в виде конфликта Т – Д.

Можно заметить, однако, что система ВАДС практически не рассматривает взаимодействие между участниками движения, скромно относя это взаимодействие к элементу «окружающая среда», хотя это взаимодействие является первопричиной большинства конфликтов в дорожном движении, в том числе, и части конфликтов Т – Д. Поэтому система ВАДС больше применима к движению одиночных автомобилей, которые взаимодействуют с дорогой, друг с другом и с пешеходами. Именно поэтому, очевидно, система ВАДС пользуется большой популярностью, в основном, у представителей дорожных специальностей и при расследовании отдельной аварии.

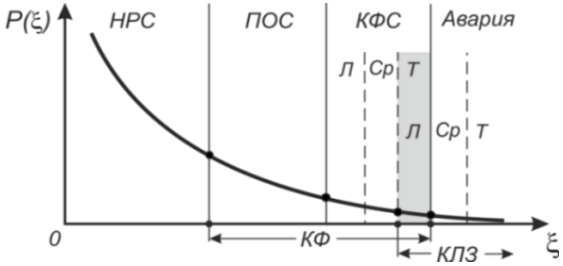


Рисунок 1.5 – Классификация дорожно-транспортных ситуаций:
ξ – опасность конфликтов или тяжесть последствий коллизий; $P(\xi)$ – вероятность вида конфликта; НРС – нормальная ситуация; ПОС – потенциально опасная ситуация; КФС – конфликтная ситуация; Л – легкая; Ср – средняя; Т – тяжелая; КФ – конфликт; КЛЗ – коллизия

Рассмотрим теперь ситуации, которые в решающей степени определяются взаимодействием между участниками движения. Это взаимодействие начинается тогда, когда их траектории пересекаются или совпадают и когда временной интервал между ними становится меньше некоторой критической величины. Установлено, что эта величина зависит от скорости: чем выше скорость – тем больше интервал. Так, на загородных дорогах взаимодействие начинается с интервала порядка 9 с, в городе – около 6 с, а при очень малых скоростях интервал, очевидно, будет еще меньшим. Если взаимодействующие участники не претендуют одновременно на одну и ту же территорию, то между ними не возникает никакого конфликта и такая дорожно-транспортная ситуация называется *нормальной* – НРС (см. рисунок 1.5).

НРС характеризует, в принципе, безманевровое или маломаневровое движение. Автомобили, движущиеся поодиночке или в потоке, практически не совершают маневров, за исключением, пожалуй, смены полосы движения. Однако этот маневр делается свободно, заранее подготовлен и не представляет сложности или опасности. НРС имеет место, преимущественно, при уровнях обслуживания А и, частично, В. Она может иметь место и при других уровнях обслуживания, но только в те периоды, когда поток движется равномерно и маневрирование практически отсутствует. Создание преимущественно таких ситуаций при высокой транспортной нагрузке является целью организации безманеврового безостановочного движения на магистральных улицах.

Если же взаимодействующие участники одновременно претендуют на одну и ту же ограниченную территорию (конфликтную точку – КФТ, или конфликтную зону – КФЗ), то между ними потенциально возникает конфликт. В этом случае участники будут квалифицироваться как конфликтующие (КФУ) и делиться на главные (КФУ1), имеющие приоритет, и второстепенные (КФУ2). В обычных условиях конфликт разрешается путем отказа второстепенного конфликтующего участника от претензий на одновременное с главным конфликтующим участником занятие конфликтной точки.

Для этого он предпринимает *служебные* уклончивые действия, заключающиеся в изменении скорости и (или) траектории движения. В понятие «служебные» вкладывается смысл заранее спланированного и хорошо подготовленного действия, при котором всегда имеется некоторый запас для усиления этого действия. В качестве иллюстрации можно привести общепринятый термин «служебное торможение», которое является частным случаем служебного уклончивого действия (изменение скорости). Служебное изменение траектории – это заранее подготовленный объезд, смена полосы, поворот и т. д. Дорожно-транспортная ситуация, в которой для избежания конфликта участники применяют служебные уклончивые действия, называется *потенциально опасной* (ПОС).

ПОС характеризует движение, в котором производится значительное количество маневров, однако они совершаются уверенно и «бесконфликтно». Такое движение имеет место на сложных участках дорожной сети при относительно невысокой нагрузке и хорошей организации движения. Чаще всего, оно имеет место при уровнях обслуживания В, С и, частично, Д.

Необходимо отметить, что ПОС очень чувствительна к организации и регулированию движения, к транспортное-пешеходной загрузке, к дорожным и погодно-климатическим условиям. Малейшее изменение этих и других факторов немедленно отражается на характере движения, вызывая, как правило, его ухудшение и возрастание количества конфликтных ситуаций. Эти обстоятельства используются для прогнозирования аварийности по методу потенциальной опасности.

Не все ПОС заканчиваются благополучно. В ряде случаев, по разным причинам, время для служебных действий второстепенного конфликтующего участника бывает упущено и тогда участникам, независимо от их приоритета, приходится применять уже *экстренные* уклончивые действия: резкое, предельное торможение, резкий поворот, а в случае с пешеходом – резкий отскок назад и т. д. Такие дорожно-транспортные ситуации, при которых для избежания коллизии участникам приходится применять экстренные уклончивые действия, называются *конфликтными* – КФС. По мнению некоторых исследователей, ПОС перерастают в КФС тогда, когда до момента начала коллизии остается менее 1 с.

Под конфликтной ситуацией понимается такая дорожно-транспортная ситуация, при которой в течение последующего времени (1 с и менее) произойдет столкновение, наезд или иная коллизия, если хотя бы один из участников не предпримет уклончивых действий. КФС характеризуют движение, в котором имеет место большое количество маневров, при этом многие маневры совершаются в условиях дефицита времени, с повышенным риском, «конфликтно». Такое движение имеет место на сложных участках УДС при плохой организации движения или при высокой загрузке. Характеризуется частыми и неожиданными сменами условий и режимов движения, неравномерностью скоростного режима, частыми конфликтами с

пешеходами. Такие ситуации характерны при уровнях обслуживания Д и Е, однако в случае плохой организации возможны и при более высоких уровнях обслуживания.

Поскольку КФС очень близко соседствуют с коллизиями, то их изучению уделяется много внимания. КФС делятся на три степени опасности:

– *легкие*: характеризуются опасным маневрированием и относительно умеренной вероятностью возникновения коллизии («очень опасно», до момента контакта остается примерно от 1 до 0,5 с);

– *средние*: характеризуются очень опасным маневрированием и относительно высокой вероятностью возникновения коллизии («чудом пронесло», до момента контакта остается примерно от 0,5 до 0,01 с);

– *тяжелые*: характеризуются чрезвычайно опасным маневрированием и очень высокой вероятностью возникновения коллизии или даже самим фактом совершения легкой коллизии, не приведшей, однако, к физическим повреждениям («чудом уцелел», «почти авария», до момента контакта остается примерно от 0,01 до 0 с).

КФС широко используются для прогнозирования аварийности. И хотя здесь имеется много трудностей, полученные результаты все же свидетельствуют о целесообразности применения этого метода прогнозирования.

К сожалению, не все конфликтные ситуации заканчиваются благополучно – иногда не удается предпринять необходимые уклончивые действия, и возникают *коллизии*, которые также делятся на легкие, средние и тяжелые. Легкие коллизии практически не вызывают существенных физических повреждений – легкое столкновение, съезд с дороги, наезд на пешехода или падение мотоциклиста без последствий и т. д. Заметим, что многие авторы легкие коллизии совмещают с тяжелыми конфликтными ситуациями. Средние коллизии уже сопровождаются существенным повреждением машин, грузов, дороги, обустройства, гибелью или ранением крупных животных, но пострадавших людей нет. Такие коллизии уже квалифицируются как *аварии*. Тяжелые коллизии связаны с ранением или гибелью людей.

Следует отметить, что четких границ между рассматриваемыми дорожно-транспортными ситуациями и их последствиями провести невозможно, так как переход от одного состояния к другому происходит довольно плавно и малозаметно. Поэтому имеются такие зоны ((см. рисунок 1.5) одна из них заштрихована), в которых дорожно-транспортную ситуацию трудно отнести к какой-либо категории, скажем это скорее конфликтная ситуация, чем коллизия и т. д. Данное обстоятельство необходимо учитывать при определении аварии.

К сожалению, не все КФС заканчиваются благополучно. В некоторых случаях КФУ уже не в состоянии предпринять необходимые уклончивые действия и происходит коллизия. Произошедшая КЛЗ может иметь различную тяжесть последствий – от фактического отсутствия каких-либо повреждений до ранения или гибели людей.

Если повреждения фактически отсутствуют, то КЛЗ квалифицируется как КФС тяжелой степени – например, падение без последствий мотоциклиста или пешехода, легкое столкновение автомобилей бамперами и т. д. Если же имеют место повреждения ТС, грузов, дороги и обустройства, гибель животных, ранение или гибель людей, то такие КЛЗ квалифицируются как аварии.

1.4 Аварии

В советской литературе для обозначения аварии в дорожном движении получил широкое распространение предложенный В. Лукьяновым [5] термин «дорожно-транспортное происшествие» (ДТП). Однако он не является ни совершенным, ни окончательным. Известен и широко применяется общепринятый термин «авария» – железнодорожная, морская, авиационная. В каждой из них также участвует соответствующий вид транспортного средства. Поскольку термин «дорога» означает, в основном, автомобильную дорогу, которой пользуются известные виды транспортных средств и пешеходы, то термин «дорожная авария», а в контексте дорожного движения – просто «авария» является вполне определенным и достаточным. В зарубежной литературе также применяется термин дорожная авария – road accident – и никаких упоминаний о ДТП не встречается. Поэтому в данном издании для обозначения понятия «авария в дорожном движении» и будет применяться термин *авария*.

Существует несколько определений понятия аварии. Например, в работе [1] дается такое: «ДТП (авария) – это событие, нарушающее процесс дорожного движения, которое возникает в результате потери возможности управлять транспортным средством и сопровождается гибелью, ранением людей, нанесением материального ущерба». Имеются и другие определения аварии. Все они практически сходятся на том, что авария – это нарушение нормального процесса дорожного движения, что в нем участвовало движущееся транспортное средство и что это нарушение привело к физическому повреждению машин, грузов, дорог, обустройства, крупных животных, людей.

Приведенное в действующих (2013 г.) Правилах дорожного движения определение аварии: «Дорожно-транспортное происшествие – происшествие, совершенное с участием хотя бы одного находившегося в движении механического транспортного средства, в результате которого причинен вред жизни или здоровью физического лица, его имуществу либо имуществу юридического лица», является не совсем корректным, поскольку в нем отсутствует основополагающее условие – *нарушение процесса дорожного движения*. Например, в движущемся автомобиле с выставленной в окно руки водителя или пассажира упали и разбились вдребезги страшно дорогие наручные часы, либо два пассажира на заднем сиденье повздорили и разбили друг другу лицо, либо пассажиру стало плохо, он упал и умер. Здесь есть все:

движущийся автомобиль, происшествие, вред имуществу, здоровью и даже жизни. Но аварии (ДТП) нет, потому что нет нарушения нормального процесса дорожного движения.

Оказалось, что определить «начало» аварии, ее левую границу на рисунке 1.5, довольно сложно. Во многих странах авариями принято считать коллизии, начиная, условно, с середины «легких», т. е. довольно существенные повреждения машин, грузов и т. д. При этом понятие «существенные повреждения» также четко не определено. В одних странах в это понятие включают более «мелкие» повреждения и граница аварий отодвинута несколько левее. В других странах отсчет аварий начинается с более серьезных повреждений, и граница проходит правее, ближе к «средним» коллизиям. Это связано с несколькими причинами. Во-первых, объективно очень трудно определить действительное «начало» аварии. Во-вторых, чем «мельче» аварии, тем больше их количество, а их оформление, учет и исследование требует значительно больших затрат, что многим не очень нравится. Как представляется, значительную роль в определении «авария» имеет форма компенсации за ущерб. В тех странах, где хорошо налажена система страхования и компенсация ущерба производится преимущественно через эту систему, учитываются более «мелкие» аварии. Очевидно, этот же фактор учитывается и при определении понятия «ранения» в аварии.

Что касается «конца» аварий (правая сторона на рисунке 1.5), то здесь практически все понятно – количество жертв может достигать нескольких десятков человек, особенно при авариях с автобусами. Обычно такие аварии, где трагические последствия очень значительны, называются катастрофами, в данном случае, автомобильными катастрофами. Следует также отметить, что отдельные аварии, связанные с перевозкой опасных грузов, могут сопровождаться очень большими экономическими или экологическими потерями, даже если в них не пострадали люди.

Известно, что чем «тяжелее» коллизия или «опаснее» дорожно-транспортная ситуация, тем меньше вероятность ее возникновения. Существуют определенные соотношения между «соседними» дорожно-транспортными ситуациями, часть из которых используется в прогнозировании аварийности. Например, установлено, что на 100000 конфликтных ситуаций приходится примерно от 2,5 до 10 аварий при невысоких (до 30 км/ч) скоростях движения, и от 10 до 50 аварий при высоких (более 30 км/ч) скоростях. Разумеется, в разных странах и у разных исследователей эти цифры несколько отличаются, но порядок цифр остается неизменным, а закономерность – относительно стабильной. Что касается аварий, то, например, в США на одну аварию со смертельным исходом в 1996 году приходилось в целом по стране около 600 аварий, из которых 80 с ранениями и 520 с материальным ущербом – 1:80:520. Для городов, где скорость существенно ниже, это соотношение существенно больше, а для загородных дорог – меньше. Необходимо

отметить, что в развитых странах наблюдается устойчивая тенденция уменьшения доли «тяжелых» аварий.

Для Республики Беларусь подобные соотношения на 2013 год были следующими: для страны в целом – 1:4,6:101; для крупных городов – 1:10,4:350; для Минска – 1:14,2:563; для загородных дорог – 1:2,6:16. Такие разительные отличия между американскими и белорусскими соотношениями объясняются многими факторами, среди которых можно выделить уровень автомобилизации и плотность движения, качество дорог, подвижного состава и медицинской помощи, качество организации движения и уже упоминавшаяся практика регистрации аварий, в первую очередь определение их «начала».

Физический ущерб определяет тяжесть последствий аварий, в соответствии с которой они традиционно делятся на три категории:

– легкие: при которых нанесен умеренный материальный ущерб, а люди не пострадали;

– средние: при которых имели место ранения людей или, как исключение, нанесение очень большого материального ущерба;

– тяжелые: при которых имела место гибель людей или, как исключение, многочисленные ранения или нанесение чрезвычайно большого материального ущерба.

Разумеется, внутри каждой категории может быть еще более детальная градация, однако это уже сугубо специальная, чаще всего, ведомственная классификация.

По своему характеру ущерб, нанесенный при аварии, делится на две основные составляющие – материальную (экономические потери) и духовную (социальные потери).

Экономические потери делятся на прямые и косвенные. Прямые потери – это затраты на оформление и расследование аварии, на лечение или похороны пострадавших, расходы на пенсии, пособия, а также потери от разрушения транспортных средств, порчи груза, разрушения дороги и обустройства. Косвенные потери – это народнохозяйственные потери вследствие временного, частичного или полного отключения членов общества из сферы производства; потери, связанные с нарушением процесса дорожного движения (транспортные затруднения) на месте аварии; судебные издержки и т. д.

Экологические потери, которые можно отнести к обеим составляющим и которые не так значительны, возникают из-за снижения скорости движения на месте аварий и возможного загрязнения почвы и водоемов в результате аварии.

Социальные потери включают так называемую «душевную боль» от гибели или увечий людей (близких и не только близких). Они включают потери от изменения нормальной психики людей, подвергшихся смертельному риску при аварии, либо людей, которые сами подвергли смертельному риску своих близких. Они также включают потери от изменения после аварии (всегда в худшую сторону) привычного уклада жизни целых семей. Наконец, они выражают

общественную боль из-за бессмысленной утраты своих граждан. Заметим, что аварии отбирают самую активную часть общества – средний возраст погибших составляет около 33 лет, при этом около 80 % – мужчины. Примерно такое же соотношение и в категории получивших увечья.

Социальные потери невозможно прямо выразить денежным эквивалентом. Однако цивилизация нашла гуманный и довольно точный способ опосредованного отображения этих потерь – страхование, которое является обязательным, и в то же время может быть сугубо индивидуальным по размеру, разумеется, в установленных рамках. В развитых странах страховые оценки аварий особенно с погибшими весьма высоки – до 3 млн долларов. К сожалению, у нас при страховании социальные потери практически не учитываются.

Правда, анализ некоторых нормативов (например, условий введения светофорного регулирования или строительства подземных пешеходных переходов) показывает, что в них заложена более высокая оценочная стоимость аварий. Это обстоятельство, а также анализ существующей практики применения ограничений, позволил установить ориентировочные пределы полной оценочной стоимости аварии. Она выражается с помощью так называемого социального коэффициента $K_{\text{са}}$, который показывает соотношение общественной значимости социальной и экономической составляющих аварии. Оказалось, что социальная составляющая для аварии с гибелью и ранением людей существенно выше, чем для аварии без пострадавших (см. подразд. 1.7).

Классификация аварий. Аварии классифицируются по нескольким признакам – по категориям и видам, по тяжести последствий, по количеству участников и даже по форме отчетности. Различные авторы и отдельные ведомства вводят свои классификации, в зависимости от поставленных целей и уровня компетентности.

Одна из таких классификаций, приведенная выше, самая нейтральная и самая распространённая, – легкие, средние и тяжелые аварии – основана на совокупной тяжести последствий. Наиболее популярная ее версия звучит так – аварии с материальным ущербом (м), с ранением (р) и с погибшими или, что тоже самое, со смертельным исходом (с). При этом аварии с ранением подразделяются на 3 подвида: ранение легкое – потеря трудоспособности до 7 дней; ранение тяжелое – потеря трудоспособности более 7 дней (как правило, до 30 дней); ранения, повлекшие инвалидность, – полная или частичная утрата трудоспособности.

Представляет интерес квалификация «погиб в аварии». В некоторых странах, например в Португалии, еще не очень давно это определение применялось тогда, когда участник погибает на месте аварии. В Испании, Японии, Чехии и Словакии – в течение суток; в Австрии и Греции – 3 дня; в Финляндии и Италии – 7 дней; в большинстве стран мира – 30 дней; в Мексике – 1 год, а в Канаде – 3 года. Как представляется, наиболее обоснованный срок – 30 дней, который постепенно становится международным нормативом. На

рисунке 1.6 показана зависимость летального исхода пострадавших в авариях от времени. Видно, что в течение 30 дней после аварии умирает почти 97 % от общего числа погибших в результате аварии.

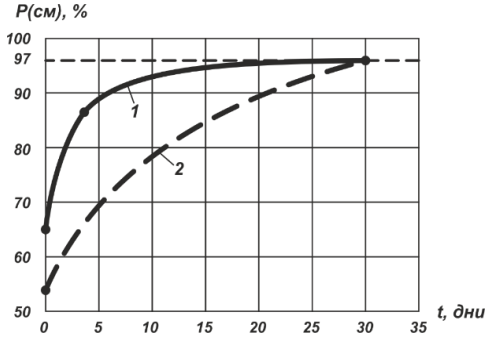


Рисунок 1.6 – Время наступления смертельного исхода погибших в аварии:
1 – данные Европейской экономической комиссии ООН, *2* – данные Бельгии

Согласно действующим в настоящее время нормативам, аварии делятся на категории (их пять) и виды (приведены в скобках):

1 *Наезд на пешехода* (разделение на виды не производится).

2 *Авария с участием одного* транспортного средства (опрокидывание, наезд на препятствие, наезд на животное).

3 *Столкновение* транспортных средств (столкновения с ударом сзади, боковое, лобовое, попутное, столкновение со стоящим транспортным средством, наезд на велосипедиста, наезд на гужевой транспорт).

4 *Столкновение с подвижным железнодорожным составом* (разделение на виды не производится).

5 *Прочие* – сходы трамваев с рельсов, падение перевозимого груза или отброшенного колесом предмета на человека, животное или другое транспортное средство, наезд на не являющихся участниками дорожного движения лиц, наезд на внезапно появившееся препятствие (упавший груз, отделившееся колесо), падение пассажира с движущегося или в салоне движущегося транспортного средства и др. (разделение на виды не производится).

Необходимо отметить, что приведенная классификация мало функциональна и не досконально проработана. В частности, нет разделения наездов на пешехода на виды, а их, по меньшей мере, три (таблица 1.5). В категорию *столкновения* транспортных средств включены *наезды* на велосипедиста и на гужевой транспорт. Упущены распространенный вид аварии *съезды с дороги*, например, в кювет, в водоем и т. д. и особо опасная его разновидность – *падение с мостов* и путепроводов. Не содержат признаков аварии

приведенные в категории *прочие* «сходы трамвая с рельсов» (особенно на обособленном полотне) и падение пассажиров в салоне транспортного средства. Имеются и другие замечания, что говорит о необходимости совершенствования приведенной классификации.

В *некоторых странах* принята классификация, учитывающая количество транспортных средств, участвующих в аварии. Различают аварии с одним транспортным средством (опрокидывание, наезд на препятствие и т. д.), с несколькими транспортными средствами (столкновения, которые подразделяются на попутные, встречные и поперечные), аварии с пешеходами, с велосипедистами и т.д. Используется также классификация по числу вовлеченных в аварию участников движения.

Получила распространение классификация, *базирующаяся на типах конфликтов* (таблица 1.5). Внутри каждого типового конфликта аварии подразделяются на несколько видов, например, в конфликте Т – Т столкновения разделяются на встречные, с ударом сзади, боковые (поперечные), поворотные и попутные.

По форме отчетности в Республике Беларусь аварии все еще подразделяются на отчетные и неотчетные. К первым относятся аварии с пострадавшими и с особо крупным материальным ущербом. По ним составляются необходимая документация и ведется детальный статистический учет и анализ. По неотчетным авариям документация ведется намного хуже (часто производится лишь запись в журнал дежурной части ГАИ), анализ, как правило, не делается, а статистика ведется только по общему количеству неотчетных аварий.

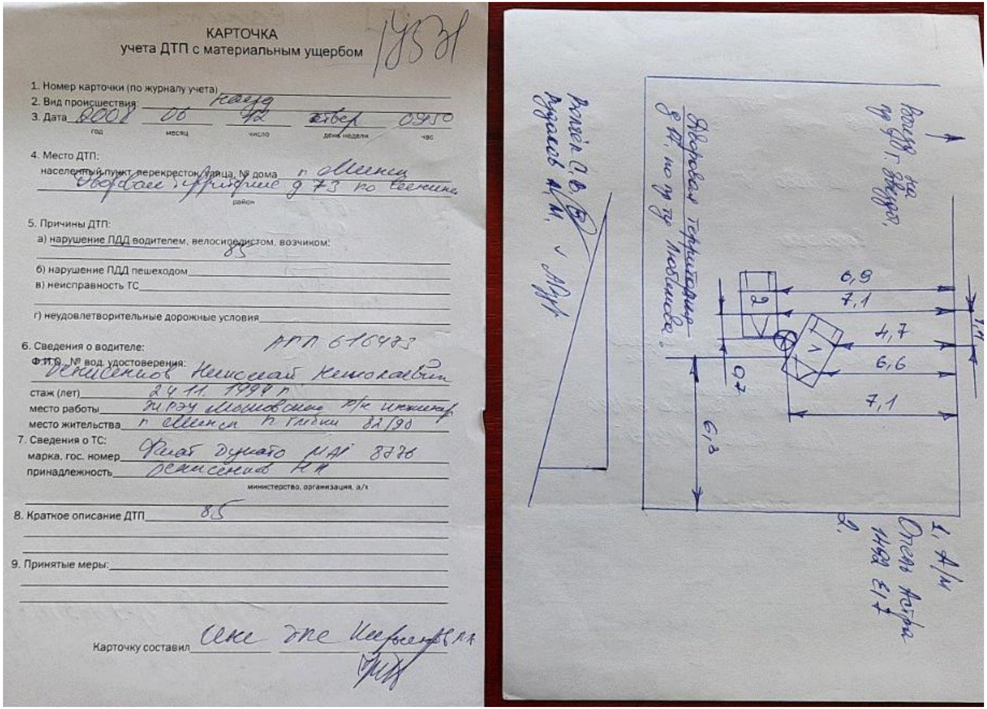
Учет аварий производится, согласно нормативам, основными ведомствами: МВД, транспортными и дорожными службами, Минздравом, страховыми компаниями. Основные функции по учету аварий выполняет подразделение МВД – ГАИ. Ее представители выезжают на место происшествия, где оформляют протокол, заполняют учетную карточку (рисунок 1.7) и при необходимости выполняют другие действия, например, взятие объяснений с участников, опрос свидетелей и т. д. Статистическая учетная карточка может заполняться на месте, но может и в отделении ГАИ. Представители транспортных и дорожных предприятий, если они присутствуют, ассистируют работнику милиции и заполняют свои, ведомственные формы. Одна из основных задач этих представителей заключается в защите интересов своих организаций. В. Лукьянов указывает [5], что в этом деле имеется много нерешенных вопросов и требуются серьезные усилия по его улучшению.

Протокол осмотра места аварии и учетная карточка являются основными первичными документами и содержат следующую информацию: сведения о работниках милиции, понятых и свидетелях, принимающих участие в осмотре и составлении протокола; время, место и погодные условия при составлении протокола, вид аварии и ее краткое описание; детальное описание

дорожных условий в месте совершения аварии; положение транспортных средств; следы торможения, наличие деталей ТС или иных предметов, осыпи грязи, следы крови и т. д. с точным указанием их местоположения; сведения о ТС и их состоянии; особые сведения, если таковые имеются, включая заявления и замечания участников аварии, свидетелей или иных лиц, участвующих в осмотре; сведения о водителях, пострадавших и очевидцах; объяснение водителей, пострадавших, свидетелей; другие сведения, имеющие отношение к аварии.

Необходимо отметить, что и протокол, и учетная карточка часто не содержат достаточного набора сведений, необходимых для проведения детального анализа. Кроме того, из-за невысокой квалификации (а иногда и неаккуратности) составителей, а также из-за отсутствия необходимых условий, первичные документы часто составляются откровенно плохо – в них отсутствуют самые необходимые сведения, например, не зафиксировано место осыпи грязи или осколков стекла при ударе, не определен коэффициент сцепления и т. д. Особенно плохо оформляются документы на неотчетные аварии – нет детального описания, а в ряде случаев нет схемы и даже не указано точное место происшествия.

Необходимо также отметить, что оформление аварий (карточка статистического учета аварий без пострадавших представлена на рисунке 1.7) производится очень медленно, поэтому, особенно на нагруженных участках, на месте аварий возникают так называемые транспортные затруднения, связанные с простоями, маневрированием в стесненных условиях или значительными перепробегами автомобилей. Часто стоимость этих «затруднений» в десятки, а то и в сотни раз превышает стоимость ущерба от собственно аварии. Поэтому скорейшая автоматизация необходима не только для повышения качества, но и скорости оформления, особенно пока полностью не зафиксирована обстановка на месте аварий. В связи с этим нельзя не отметить, что существовавшая до недавнего времени проблема учета легких аварий, участники которых (или собственники) договариваются между собой о возмещении ущерба и не обращаются в милицию, сегодня решается при взаимных расчетах в системе страхования, которые производятся только после предоставления краткого стандартного отчета об аварии для целей исследования и статистики (рисунок 1.8).


КАРТОЧКА
учета ДТП с материальным ущербом

1. Номер карточки (по журналу учета)
2. Вид происшествия
3. Дата 2008 06 12
год месяц число день недели час
4. Место ДТП:
населенный пункт, перекресток, улица, № дома
район
5. Причины ДТП:
а) нарушение ПДД водителем, велосипедистом, возчиком:
б) нарушение ПДД пешеходом
в) неисправность ТС
г) неудовлетворительные дорожные условия
6. Сведения о водителе:
Ф.И.О., № вод. удостоверения:
стаж (лет)
место работы
место жительства
7. Сведения о ТС:
марка, гос. номер
принадлежность
министерство, организация, а/х
8. Краткое описание ДТП
9. Принятые меры:
Карточку составил

Рисунок 1.7 – Карточка статистического учета аварий без пострадавших

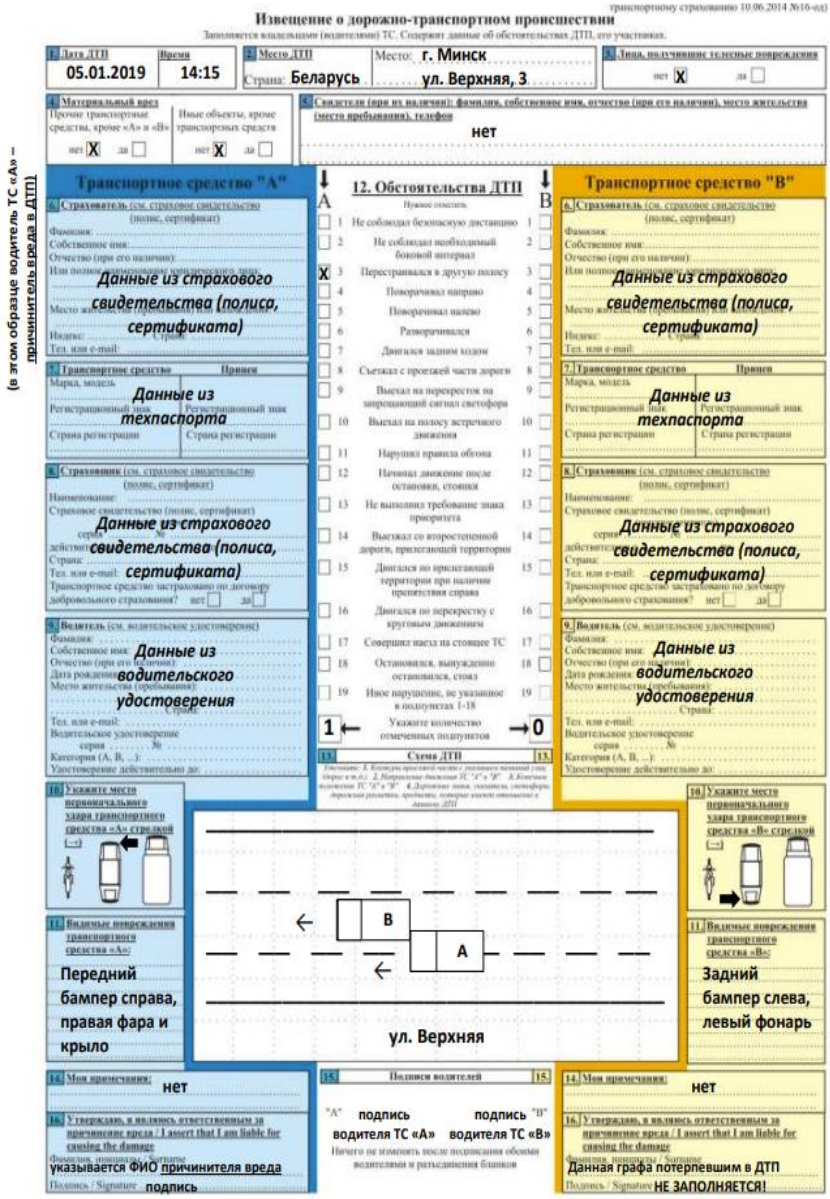


Рисунок 1.8 – Карточка с места ДТП по страхованию

Представляется, что вся информация об аварийности (так же как и о других составляющих глобальной стоимости транспортных услуг) должна накапливаться в специальном банке в системе управления дорожным транспортом. Отсюда она будет передаваться на взаимных началах и в согласованном виде потребителям – дорожным, транспортным, медицинским, правоохранительным и другим организациям. Основным источником этой информации является ГАИ, которая фиксирует все аварии с пострадавшими и часть аварий без пострадавших. Другими источниками могут быть некоторые из потребителей – дорожники, медики и т. д., которые получают свою, специфическую информацию об аварийности. Думается, что по мере развития автомобилизации и увеличения потерь в дорожном движении будет возрастать осознание необходимости создания такого банка информации.

1.5 Оценка опасности

Оценка *опасности* участка улично-дорожной (дорожной) сети или вида транспортного средства производится по *фактическому* состоянию аварийности, т. е. она связана с уже произошедшими авариями. Если же задачей является определение *возможного* уровня аварийности, то речь идет уже не об оценке опасности, а о *прогнозировании* аварийности.

Оценочные критерии или показатели опасности делятся на 3 вида – абсолютные, относительные и сравнительные.

К **абсолютным** показателям относятся следующие:

– общее число аварий n_a – наиболее универсальный и употребительный показатель опасности;

– число аварий со смертельным исходом n_a^c – используется при исследованиях больших выборок, например, по целым государствам или регионам. Дело в том, что формы, методы и качество учета всех аварий в разных странах весьма различны и, порой, малосопоставимы. Что же касается форм учета аварий с погибшими, то они в основном общие, несмотря на некоторые отличия, и сопоставление по этому показателю наиболее достоверно;

– число аварий с ранениями n_a^p – используется относительно нечасто;

– число аварий с пострадавшими, включая погибших и раненых $n_a^п$ – используется довольно часто, а в советской и постсоветской системах учета используется как основной показатель;

– число аварий без пострадавших, или только с материальным ущербом $n_a^м$ – используется довольно часто. В постсоветских государствах осталось еще советское наименование этих аварий – так называемые неотчетные;

– число аварий по вине участников данной категории – здесь возможны различные модификации А, например, со смертельным исходом, с участием детей и т. д., и модификации участников, например, водители, пешеходы, нетрезвые и т. д.;

– число аварий (с модификациями) из-за неисправности транспортного средства, состояния дороги и т. д.

В некоторых случаях – для оценки опасности участка, вида конфликта или вида ТС – вместо абсолютного числа аварий n'_{a} может применяться приведенное число аварий:

$$n'_{\text{a}} = \sum_{i=1}^{N} (n_{ai} K_{\text{па}_i}),$$

где N – количество учитываемых видов тяжести последствий: $N \le 3$ (материальный ущерб, ранение, смертельный исход); $N \le 5$ (материальный ущерб, ранение легкое, ранение тяжелое, ранение повлекшее инвалидность, смертельный исход);

i – признак данной тяжести последствий.

Приведение аварий производится по двум показателям тяжести последствий – социально-экономической стоимости (экономическое) и условной накопленной энергии разрушения (динамическое). Экономическое приведение производится как независимо от вида конфликта, так и в зависимости от него. Динамическое приведение пока производится, в основном, только в зависимости от вида конфликта.

Экономический коэффициент приведения аварий

$$K^{\text{э}}_{\text{па}} = \frac{\text{C}^{(\text{p,c})}_{\text{a}}}{\text{C}^{\text{м}}_{\text{a}}},$$

где $\text{C}^{(\text{p,c})}_{\text{a}}$ – расчетная социально-экономическая стоимость аварий с ранением или смертельным исходом; $\text{C}^{\text{м}}_{\text{a}}$ – расчетная социально-экономическая стоимость аварий с материальным ущербом.

В таблице 1.4 приведены значения коэффициента $K^{\text{э}}_{\text{па}}$ для некоторых стран. При этом точное происхождение коэффициента $K^{\text{э}}_{\text{па}}$, кроме последней колонки, авторам неизвестно. В таблице 1.5 приведены значения сравнительных экономических коэффициентов приведения $K^{\text{э}}_{\text{пас}}$ для отдельных видов конфликтов. Здесь сравнительный коэффициент опасности j-го вида конфликта определяется как отношение средней стоимости аварии данного вида конфликта к аварии эталонного вида конфликта, в качестве которого принято столкновение с ударом сзади:

$$K^{\text{э}}_{\text{пас}} = \left(\frac{\sum(\text{C}_{ai} n_{ai})}{\sum n_{\text{a}_i}} \right)_j \Big/ \left(\frac{\sum(\text{C}_{ai} n_{ai})}{\sum n_{\text{a}_i}} \right)_{et},$$

где C_{ai} – социально-экономическая стоимость аварии i-й тяжести последствий;

et – эталонный вид конфликта.

Видно, что наименее опасными являются столкновения попутные и с ударом сзади, а наиболее опасными – наезды на пешеходов и встречные столкновения.

Таблица 1.4 – **Экономические коэффициенты приведения аварий $K^{э}_{па}$**

Вид аварии		Страна, год, автор								
		Германия, 1938, Рейнгольд	ФРГ, 1960, Битцль	ГДР, 1967, Фишер	СССР, 1968, Дивочкин	США, 1972	СССР, 1976, норматив	Россия, 2003, норматив	Республика Беларусь, 2010, Капский	
Материальный ущерб		1	1	1	1	1	1	1	1	
Ранения	легкие	5	30	2	2,7	7	1,2	1,4	2,5	1,7
	тяжелые							7		3,4
	повлекшие инвалидность	70		8	39		28	70		25
Смертельный исход		130	100	40	47	170	81	100	75	

Таблица 1.5 – **Опасность типовых конфликтов**

Типы КФ	Виды КФ	Δа, %	$K^{э}_{пас}$
Т – Т	1 С ударом сзади	35	1,0
	2 Встречный	5	4,6
	3 Боковой	10	1,5
	4 Поворотный	12	1,2
	5 Попутный	12	1,0
Т – П	1 Транзитный транспорт – поперечный пешеход	18	9,2
	2 Транзитный транспорт – продольный пешеход	1	9,2
	3 Поворотный транспорт – пешеход	0,5	4,6
Т – Д	1 Наезд на препятствие	4	3,1
	2 Опрокидывание	0,5	2,3
	3 Съезд с дороги	1	2,4
Примечание – $K^{э}_{пас}$ – сравнительный экономический коэффициент приведения аварий, определен по выборке 18000 аварий [6–8].			

Относительные показатели вычисляются путем деления абсолютных показателей на какой-либо параметр, имеющий непосредственное отношение к дорожному движению. Наибольшее распространение получили следующие относительные показатели, которые будем обозначать через $\boldsymbol{Y_a}$:

– число аварий на 1 млн автомобилекилометров, $Y_{a1} = N_a$ /(1 млн авт·км);

– число аварий на 1 млн ТС, прошедших через исследуемый объект, $Y_{a2} = N_a$ /(1 млн авт. /год);

– число аварий на 10 тыс. автомобилей $Y_{а3} = N_а /(10^4$авт.);

– число аварий на 1 млн жителей, $Y_{а4}=N_а$ /(1 млн чел.);

– число аварий на 1 км дороги, $Y_{а5} = N_а$ /(1 км) и т. д.

Представляется, что два первых показателя являются наиболее объективными, поскольку они отнесены к единице транспортной работы.

Особой разновидностью относительных показателей можно считать *удельные* показатели, которые представляют собой долю одного абсолютного показателя от другого. Обычно они используются для количественного описания структуры аварийности. Получили распространение такие показатели, как доля аварий данного вида от общего числа аварий, доля аварий с участием детей, доля аварий по вине нетрезвых водителей, доля аварий с участием данного вида транспортных средств и т. д. Поскольку эти показатели пока не имеют общепринятого обозначения, будем обозначать их через $\Delta_а$.

Сравнительные показатели вычисляются путем деления относительного показателя исследуемого участка или объекта на одноименный показатель базового (эталонного) участка или объекта. Поскольку этот показатель, по существу, является безразмерным коэффициентом, обозначим его через $K_{ас}$:

$$K_{ас} = Y_{а\,i} / Y_{аб}\ ; \quad K_{ас} = \Delta_{а\,i} / \Delta_{аб},$$

где $Y_{а\,i}$ или $\Delta_{а\,i}$ – относительный показатель исследуемого участка;

$Y_{аб}$ или $\Delta_{аб}$ – относительный показатель базового участка.

При оценке опасности ***участков*** **улично-дорожной сети (УДС)** возникают определенные терминологические трудности, связанные с расширенным толкованием термина «участок». Участок может быть очень короткий, где его протяженность не имеет существенного значения, например, резкий поворот или сужение проезжей части. А может быть и очень протяженный, в десятки километров, который включает в себя и перекрестки, и повороты, и сужения и т. д. Это же можно сказать и об «объекте УДС», включающем в себя, например, и мост, и перекресток, которые функционально различаются между собой. В первом случае характер движения определяется взаимодействием Т – Д и именно здесь изначально возникает опасность. Такие объекты будем называть «линейными». Во втором случае, на перекрестке или пешеходном переходе, характер движения определяется взаимодействием Т – Т или Т – П и такие объекты будем называть «конфликтными».

Будет использоваться следующая терминология:

– элементарный участок – любой участок УДС, характеризующийся набором одинаковых свойств: поворот, сужение, подъем, перекресток, пешеходный переход;

– линейный элементарный участок (или объект) – любой элементарный участок, характер движения на котором определяется в первую очередь взаимодействием Т – Д: сужение, спуск, подъем, поворот, мост и т. д.;

– конфликтный элементарный участок (или объект) – любой элементарный участок, характер движения на котором определяется в основном

взаимодействием Т – Т и (или) Т – П: перекрестки, пешеходные переходы, маневровые участки слияния или отклонения;

– исследуемый участок – может состоять из нескольких элементарных участков любого типа. Очевидно, линейный исследуемый участок может состоять из нескольких линейных элементарных участков.

По аналогии с оценочными показателями рассматриваются три вида опасности – абсолютная, относительная и сравнительная.

Абсолютная опасность любого участка определяется среднегодовым количеством аварий – N_a. Учитывая, что аварии на данном ограниченном участке являются событием редким и случайным, стремятся использовать для оценки возможно больший временной отрезок – до 5 лет. Чем меньше участок, тем большим должен быть временной отрезок. Однако необходимо учитывать тот факт, что с течением времени условия движения меняются, причем иногда весьма существенно. Это сильно ограничивает продолжительность исследуемого периода и для стандартных задач он не должен превышать 3 лет.

Следует также учитывать, что функциональные границы исследуемого участка часто не совпадают с его геометрическими границами и аварийные события могут происходить далеко за их пределами – до 70 м и более. Это обстоятельство необходимо учитывать при отнесении той или иной аварии к исследуемому участку, особенно, на перекрестках, пешеходных переходах, сужениях дороги и т. д.

Относительная опасность линейного исследуемого участка, А/10^6 авт·км, определяется по формуле

$$Y_{a1} = N_a \cdot 10^6 / (365 Q_{сут\Sigma} L),$$

где N_a – среднегодовое число аварий. Вместо N_a может применяться приведенное число аварий N'_a – тогда, очевидно, будет определяться показатель Y'_{al};

$Q_{сут\,\Sigma}$ – суммарная среднесуточная интенсивность движения, авт./сут;

L – длина исследуемого участка, км.

Относительная опасность линейного элементарного участка (объекта), протяженность которого, как правило, не играет существенной роли

$$Y_{a2} = N_a \cdot 10^6 / (365 Q_{сут\,\Sigma}).$$

Относительная опасность конфликтного элементарного участка (объекта)

$$Y_{a\,кф} = N_a \cdot 10^6 / (Q_{a\,\Sigma} \Phi_t),$$

где Φ_t – расчетный годовой фонд времени, ч/год. Имеет значение: от 3000 ч/год – для слабонагруженных объектов (до 400 авт./ч в одном, наиболее нагруженном направлении), до 4200 ч/год – для сильнонагруженных объектов (свыше 1000 авт./ч в одном, наиболее нагруженном направлении). Для нормальных, средненагруженных перекрестков (и пешеходных переходов): $\Phi_t \approx 3600$ ч/год (от 400 до 1000 авт./ч в одном, наиболее нагруженном направлении);

$Q_{a\,\Sigma}$ – суммарная эквивалентная интенсивность движения, ед/ч.

Необходимость введения понятия «эквивалентная интенсивность» обусловлена тем, что сумма интенсивностей конфликтующих потоков недостаточно функционально характеризует работу перекрестка и не может являться измерителем этой работы. Во-первых, потому, что при одинаковой сумме могут быть совершенно разные соотношения конфликтующих потоков, например, 1000 = 500 + 500 и 1000 = 990 + 10, что принципиально меняет характер движения. Во-вторых, даже при одинаковых соотношениях интенсивностей может быть разное число конфликтов – в одном случае, например, разрешено только прямое движение, а в другом случае, например, половина всех потоков – левоповоротные. Поэтому функциональной единицей измерения работы перекрестка является суммарное количество потенциальных конфликтов, которое и получило название «эквивалентная интенсивность».

Эквивалентная интенсивность в каждой конфликтной точке

$$Q_{\text{а}} = (Q_1 K_{\text{пн}1})^a (Q_2 K_{\text{пн}2})^b,$$

где Q_1 и $K_{\text{пн}1}$ – интенсивность движения (ИД) и динамический коэффициент приведения главного конфликтующего потока;

Q_2 и $K_{\text{пн}2}$ – то же для второстепенного конфликтующего потока;

a и b – показатели степени для обоих потоков.

Известны несколько подходов к определению величин a и b. По данным И. Таннера (Великобритания) $a = b = 0{,}5$; по данным Лионга (Австралия) $a = b = 0{,}42$; по данным Дж. Макдональда (США) $a = 0{,}455$, $b = 0{,}633$. В качестве расчетных значений a и b примем $a = b = 0{,}5$. Тогда

$$Q_{\text{а}} = \sqrt{Q_1 Q_2 K_{\text{пн}1} K_{\text{пн}2}};$$

$$Q_{\text{а}\Sigma} = \sum_{i=1}^{N} Q_{\text{а}i},$$

где N – число исследуемых конфликтных точек.

При оценке опасности пешеходных переходов для стандартных расчетов рекомендуется принимать динамический коэффициент приведения пешеходов $K_{\text{пн}2} \approx 0{,}15$ (Е. Н. Кот). Тогда можно утверждать, что один потенциальный конфликт Т – Т, примерно, в 3 раза опаснее конфликта Т – П.

Для детальных расчетов необходимо определять расчетное значение интенсивности движения пешеходов $Q_{\text{р}}$, а также, возможно, применять другие значения показателей степени a и b (например, $a = 0{,}6$ и $b = 0{,}4$).

Относительная опасность отдельных видов ТС

$$Y_{\text{а ТС}} = \Delta\text{а} / \Delta_{\text{тп}},$$

где Δа – доля аварий с участием данного вида транспортных средств в общем количестве аварий;

$\Delta_{\text{тп}}$ – доля данного вида транспортных средств в составе транспортного потока.

Сравнительная опасность линейного элементарного участка определяется с помощью коэффициента аварийности $K_{ав}$. Иногда его еще называют коэффициентом влияния, поскольку он показывает влияние исследуемого фактора на аварийность участка.

Чтобы привести коэффициенты аварийности для различных участков к одному знаменателю, В. Ф. Бабков предложил в качестве базового участка сравнения принимать один, так называемый эталонный участок. Тогда сопоставление любых участков будет выполнено в одном масштабе, что очень наглядно и удобно. В качестве эталонного принят горизонтальный прямой участок двухполосной дороги с двухсторонним движением и шероховатым усовершенствованным покрытием проезжей части шириной 7,5 м, с укрепленными обочинами шириной 3 м, с неограниченной видимостью в направлении движения, с суммарной среднесуточной интенсивностью движения 5000 авт./сут и т. д. Отношение показателя «число аварий на 1 млн авт·км» исследуемого элементарного участка к одноименному показателю эталонного участка получило название «относительное количество происшествий», или «частный коэффициент аварийности $K_{ав}$»:

$$K_{ав} = Y_{a1\,i} / Y_{a1\,эт}.$$

(Обозначение $K_{ав}$ заимствовано у В. Ф. Бабкова и будет применяться для сравнительной оценки аварийности линейных участков. Для сравнительной оценки аварийности конфликтных участков будет применяться обозначение $K_{а\,к}$).

Коэффициент аварийности $K_{ав}$, в принципе, величина безразмерная, поскольку является отношением двух одинаковых показателей, на что и указывает его автор. Вместе с тем выбор характеристик эталонного участка сделан так, что для двухполосных дорог значения значения $Y_{a1\,i} = 1$ и $Y_{a1\,эт} = 1$ совпадают, т. е. $K_{ав} = 1 = 1 / 1$ (а не, скажем, $K_{ав} = 1 = 0{,}51 / 0{,}51$ или $K_{ав} = 1{,}525 / 1{,}525$). Это обстоятельство удивительным образом способствует восприятию коэффициента $K_{ав}$ не только, и не столько как безразмерной величины, но и как вполне «размерного» показателя Y_{a1}. Как представляется, такое совпадение играет, скорее, положительную роль, особенно, для познавательных целей. Разумеется, необходимо все же помнить, что $K_{ав}$ и Y_{a1i} – это не одно и тоже.

Коэффициент аварийности $K_{ав}$ получил широкое распространение для сравнительной оценки опасности линейных участков. Особенно наглядно с его помощью представляется влияние отдельных факторов на аварийность линейных участков. Вместе с тем попытки перенести коэффициент аварийности $K_{ав}$ с линейных, преимущественно загородных участков, на конфликтные, преимущественно городские участки, являются некорректными. И хотя уже разработаны «городские» коэффициенты аварийности, новые, «городские» эталоны, созданы методики и сделаны различные обобщения, – эти подходы не могли получить широкого распространения, поскольку они изначально не верны. Дело в том, что на конфликтных участках характер движения и безопасность определяются

не столько взаимодействием между автомобилем и дорогой, сколько взаимодействием между конфликтующими участниками движения. Именно поэтому эти подходы оказались неудачными и здесь не рассматриваются.

При сравнительной оценке опасности *конфликтных участков* сопоставляются относительные показатели $Y_{ак}$ исследуемого и базового участков:

$$K_{ак} = Y_{акi} / Y_{акб}.$$

К сожалению, в литературе пока не встречаются столь удачно подобранные эталоны для конфликтных участков – перекрестков, пешеходных переходов, маневровых участков слияния или отклонения – как это сделано В. Ф. Бабковым для линейных участков. Думается, однако, что такая задача, возможно, будет решена в недалеком будущем.

При сравнительной оценке опасности *отдельных видов ТС* сопоставляются относительные показатели $Y_{а\ ТС}$ исследуемого вида ТС и легкового автомобиля:

$$K_{а\ ТС} = Y_{а\ ТС\ i} / Y_{а\ ТС\ л.}.$$

В таблице 1.6 приведены значения показателей относительной опасности $Y_{а\ ТС}$ и коэффициент сравнительной опасности $K_{а\ ТС}$ для отдельных видов ТС, полученные по американским данным [1] 1972 года.

Таблица 1.6 – **Относительная ($Y_{а\ ТС}$) и сравнительная ($K_{а\ ТС}$) опасность отдельных видов ТС [1]**

Вид ТС	% от количества ТС	% от количества А		$Y_{а\ ТС}$		$K_{а\ ТС}$	
		всего	с погибшими	всего	с погибшими	всего	с погибшими
Легковые	79,2	84,2	75,3	1,06	0,95	1,00	1,00
Такси	0,2	0,6	0,3	3,00	1,50	2,83	1,58
Грузовые	17,1	12,0	17,9	0,70	1,05	0,66	1,10
Автомобили-тягачи	0,8	1,5	5,2	1,87	6,50	1,77	6,84
Автобусы коммерческие	0,1	0,6	0,5	6,00	5,00	5,66	5,26
Автобусы школьные	0,3	0,2	0,2	0,67	0,67	0,63	0,70
Мотоциклы	3,1	1,1	3,7	0,35	1,19	0,33	1,25
Тракторы и с/х машины	2	0,1	0,3	0,05	0,15	0,05	0,16

Примечание – Исходные данные:
1 Общее количество ТС, участвующих в авариях, – 29,1 млн.
2 Общее количество ТС, участвовавших в авариях с погибшими, – 70,9 тыс.
3 Общее количество погибших – 56600 чел.
4 Общее количество ТС – 121,4 млн шт.

Как видно из таблицы, наиболее «опасными» являются коммерческие автобусы, что в определяющей степени объясняется их внушительными

габаритами и очень высокими скоростями движения. (Иначе они потеряют свою привлекательность и не смогут конкурировать с другими перевозчиками). Не менее опасны автомобильные (седельные) тягачи, что также объясняется высокой скоростью движения при очень большой массе и габаритах. Обращает на себя внимание весьма низкая общая аварийность мотоциклистов, и это при том, что американские мотоциклы, как правило, очень тяжелые и высокоскоростные (очевидно, это объясняется небольшим годовым пробегом этих мотоциклов). Правда, тяжесть последствий этих аварий несколько выше средней, что объясняется фактической незащищенностью мотоциклистов. Что касается тракторов и с/х машин, то низкая аварийность объясняется не только малой скоростью движения, но и тем обстоятельством, что это внедорожные машины и они, как правило, не контактируют с ТП.

1.6 Минимизация тяжести последствий аварий

Минимизация тяжести последствий аварий – это комплексная деятельность, направленная на снижение масштабов совокупных потерь от аварийности. Она включает информирование соответствующих служб (МВД, МЧС, Минздрава и, возможно, Минтранса) о месте и виде аварии и предполагаемой тяжести последствий, своевременное и согласованное прибытие представителей этих служб на место аварии, оказание своевременной первой (доврачебной) помощи и профессиональной медицинской помощи, процедуру оформления первичных документов, получение участниками аварии консультативной помощи юридического и инженерного характера, экспертизу аварий, дорожно-транспортную подготовку сотрудников правоохранительных органов, а также страхование и дорожное поведение участников движения.

Что касается ***информирования*** специальных служб об аварии, которое, как правило, исходит от участников движения или населения, то с развитием мобильной телефонной связи эта проблема практически решена. Хуже обстоят дела с согласованностью и ***сроками прибытия*** на место аварии – по нормативам (7 мин – для Минска и 30 минут – для остальной территории) на практике мы заметно проигрываем развитым странам, например Германии, где нормативный срок прибытия к месту аварии (при необходимости с использованием вертолетов) в городах составляет 8 минут, за гордом – 12 минут.

Судьба пострадавших в авариях зависит не только от тяжести полученных травм, но и от качества и своевременности ***медицинской помощи***. Известно, что из 100 человек, считающихся погибшими в авариях, лишь около 50 погибают на месте, а бóльшая часть остальных, в принципе, может быть спасена. Чем больше людей на дороге будут уметь оказывать первую медицинскую помощь, тем больше шансов у пострадавших выжить и не остаться калекой.

В случае аварии первой и основной задачей является, по возможности, быстрее организовать квалифицированную медицинскую помощь

пострадавшим, а до этого – оказать посильную доврачебную помощь. Особенно быстро и решительно следует действовать при сильных кровотечениях, когда счет идет на секунды – например, при повреждении сонной или бедренной артерии смерть от потери крови (свыше 1,5 л) может наступить через 12–20 с. При повреждении других артерий смерть может наступить через 1–2 мин, при остановке сердца – через 3–4 мин, при утоплении – через 4–5 мин. Оказывая доврачебную помощь, необходимо помнить важнейшую заповедь – не навреди – которая особо актуальна, например, при переломах, когда в распоряжении спасающих еще имеется некоторое время, но малейшая неосторожность или неаккуратность может привести к непоправимым последствиям.

В этом отношении в Республике Беларусь предстоит еще многое сделать. Следует добиваться того, чтобы сегодня, в век автомобилизации, необходимую первую (доврачебную) помощь реально умели оказывать не только сотрудники специальных служб, но и все водители, персонал придорожных сервисных предприятий и все взрослое население, начиная со старшеклассников.

Процедура ***оформления первичных документов*** оказывает значимое влияние на дальнейшую судьбу участников аварии. Чрезвычайно важным является точное отображение послеаварийной обстановки на схеме осмотра места происшествия. Здесь должно быть зафиксировано положение транспортных средств, включая углы поворота передних колес; наличие видимых повреждений автомобилей и обустройства дороги; места и конфигурация осыпи грязи, осколков стекла и т. д.; разбросанные детали, вещи, местоположение пострадавших и трупов; следы торможения, волочения и любые иные следы перемещения участников аварии. Все замеры отсчитываются от так называемой базовой точки посредством установления базовой линии, которая привязывается к капитальным объектам, например, опорам линии освещения, углам зданий, кромке проезжей части и т. д. Поскольку черновая схема составляется не в масштабе, то особое значение приобретает количество и точность замеров, с тем, чтобы впоследствии можно было воспроизвести масштабную схему, которая дает более наглядное представление о послеаварийной обстановке.

При отсутствии объемной фотографии сегодня при оформлении первичных документов допускается много неточностей и искажений, поэтому участники аварии, если они имеют физическую возможность, должны очень серьезно относиться к самой процедуре оформления первичных документов и соответствия зафиксированных в них данных реальной обстановке на месте аварии. Если участник имеет возможность с разных ракурсов сфотографировать обстановку на месте аварии, и по ряду признаков он допускает возможность необъективного разбирательства, то он вправе сделать эти фотографии, а также скопировать схему осмотра места происшествия, указав эти действия в протоколе либо в объяснениях.

Все непосредственные участники аварии, если это физически возможно, дают письменные объяснения по факту самой аварии, которые определенным образом влияют на ход рассмотрения дела. Поскольку психологическое состояние участников аварии, как правило, сильно отличается от нормального, а правовая подготовка большинства участников явно недостаточная, то такие объяснения, чаще всего написанные под диктовку, могут содержать неточную информацию (или не содержать необходимой информации), которая впоследствии может быть использована не по назначению. Поэтому участник вправе отказаться в данный момент писать объяснения, перенеся это на более поздний срок. Если в протоколе или схеме осмотра места происшествия имеются записи, с которыми участник аварии не согласен, или не имеется записей, которые, по мнению участника, должны быть, то каждый участник, прежде чем подписывать протокол и схему, вправе указать на эти недочеты с соответствующей записью в обоих документах.

Если участник аварии по каким-либо признакам не уверен, что разбирательство производится без предвзятости, он вправе обратиться за правовой помощью к адвокату. Независимую инженерную (экспертную) помощь можно получить у независимых (частных) специалистов, имеющих лицензию на производство экспертизы аварий. Например, в г. Минске такую помощь можно получить в Обществе защиты потребителей. Кроме того, своим отношением суд, по ходатайству участника аварии или его адвоката, может назначить производство «Заключение эксперта» у специалиста, не имеющего лицензии. Следует, однако, отметить, что независимых высококлассных специалистов в стране явно недостаточно. Как представляется, обращение к адвокатам и экспертам желательно на возможно более ранней стадии разбирательства. Это тем более важно, что в обычной практике эксперты отвечают лишь на вопросы, сформулированные следствием или судом, и от того, как они сформулированы, часто зависит исход дела. Поэтому участник аварии через адвоката, следователя, прокурора или суд вправе составить свои вопросы, поясняющие ту или иную грань рассматриваемой аварии. Естественно, помощь адвоката и, особенно эксперта, в формулировке вопросов является необходимой.

Дорожно-транспортная подготовка сотрудников правоохранительных органов – прокуроров, судей, следователей, дознавателей и адвокатов, как правило, находится на невысоком уровне. Большинство из них просто не знает предмета исследования – аварийности, ее происхождения, причин, закономерностей, особенностей. Поэтому часто формулируемые ими выводы и принимаемые решения отличаются особым непрофессионализмом и приводят к грубейшим ошибкам. По этой причине адвокатская помощь очень часто оказывается малополезной. К сожалению, повышение дорожно-транспортной подготовки этих специалистов либо производится формально, либо не производится вообще.

Экспертиза аварий производится, как правило, для всех аварий с пострадавшими либо без пострадавших, если причины аварии и виновность участников не очевидны. Экспертиза производится с целью воссоздания условий возникновения аварии и механизма ее протекания. Основной задачей является установление положения и скорости движения участников до аварии, установление момента возникновения опасности и момента начала уклончивых действий, как правило, торможения, и т. д. На основании результатов экспертизы определяется, действовали ли участники в соответствии с требованиями Правил дорожного движения и имели ли они техническую возможность избежать аварии, а суд устанавливает виновность и ответственность каждого участника. Как правило, экспертизу аварии назначает постановлением следователь или дознаватель (работники предварительного следствия), ведущий дело, однако она может быть назначена отношением либо определением суда, прокуратуры и адвокатуры.

Поскольку результаты экспертизы оказывают непосредственное влияние на судьбы конкретных людей, то она может выполняться только в установленном порядке и по утвержденным методикам. Поэтому экспертная деятельность лицензируется. В Республике Беларусь подавляющее большинство автотехнических экспертиз производится в двух ведомствах – Минюсте и МВД, и лишь очень незначительная часть – независимыми экспертами, имеющими лицензии.

Страхование. Страхование, путем финансового возмещения ущерба страхователям, позволяет снизить тяжесть экономических последствий при наступлении так называемого *страхового случая* – аварий, стихийных бедствий, потери здоровья, хищений или повреждения имущества и т. д.

Страхование гражданской ответственности владельцев транспортных средств является обязательным и компенсирует страхователю расходы по возмещению ущерба другим участникам движения в результате аварии, произошедшей по вине страхователя. При этом авария должна быть обязательно зафиксирована в ГАИ и информация о ней должна быть сообщена страховщику в установленные сроки, как правило, в течение 5 рабочих дней.

Договор страхования может заключаться на срок от 1 месяца до 1 года, а в отдельных случаях, при постановке (снятии) на учет, – на срок 15 дней. В обычных условиях самым выгодным для страхователя является срок страхования 1 год, при этом желательно не допускать даже малейших перерывов в сроках страхования, так как это увеличивает размер страхового взноса. Размер страхового взноса зависит от рабочего объема двигателя (легковые автомобили), грузоподъемности (грузовики, прицепы), мощности двигателя (тракторы, самоходные машины), числа пассажирских мест (автобусы), срока страхования и специфики эксплуатации (например, в качестве автомобиля-такси) и места проживания (города, региона).

Страховое возмещение производится только при наступлении *страхового случая*, которым считается авария, подтвержденная в установленном порядке.

Максимальная сумма страхового возмещения (лимит ответственности) (на 2023 год) составляет 20 000 евро, в том числе до 10 000 евро возмещается материальный ущерб за повреждение или уничтожение имущества потерпевшего, а также дороги и дорожных сооружений и до 10 000 евро – за ущерб жизни, здоровью и трудоспособности потерпевшего. Однако при дополнительном (добровольном) страховании гражданской ответственности эта сумма может быть увеличена. Не возмещается *моральный ущерб*, упущенная выгода и потеря товарной стоимости транспортного средства.

Также введено комплексное страхование (Указ Президента Республики Беларусь от 25 августа 2006 г. № 530). Комплексный договор внутреннего страхования, включающий обязательное страхование гражданской ответственности владельца транспортного средства и добровольное страхование его имущества (транспортного средства) на случай причинения вреда в результате дорожно-транспортного происшествия, позволяет рассчитывать виновнику на возмещение ущерба, причиненного его транспортному средству, в размере 10 000 евро.

Если вред, причиненный имуществу каждого из участников дорожно-транспортного происшествия, оценивается ими в размере до 200 евро по установленному Национальным банком Республики Беларусь официальному курсу белорусского рубля по отношению к евро, то в этом случае водители, являющиеся участниками аварии, заполняют бланки извещений о дорожно-транспортных происшествиях, выданные страховщиками, и сообщают владельцам транспортных средств об этом дорожно-транспортном происшествии и о заполнении ими бланков таких извещений. Форма бланков извещений о дорожно-транспортных происшествиях и порядок их заполнения утверждаются Белорусским бюро по транспортному страхованию (ББТС) по согласованию с Министерством финансов и Министерством внутренних дел. В случае оформления документов о дорожно-транспортном происшествии без участия сотрудников Государственной автомобильной инспекции Министерства внутренних дел размер страховой выплаты, причитающейся потерпевшему или резиденту Республики Беларусь, заключившему комплексный договор внутреннего страхования, в счет возмещения вреда, причиненного его транспортному средству, не может превышать 800 евро каждому.

Страхование гражданской ответственности перевозчика перед пассажирами является обязательным. Страхуются имущественные интересы перевозчика по возмещению ущерба жизни или здоровью пассажиров либо утраты, недостачи или повреждении их багажа. Лица с билетом являются *застрахованными* с момента объявления посадки до момента оставления пункта прибытия. Транзитные пассажиры считаются застрахованными и в период пересадки, если они находятся на территории вокзала. *Страховым случаем* является факт причинения вреда жизни или здоровью пассажира в результате аварии или другого несчастного случая, произошедшего с ним в период нахождения в пути; либо утраты, недостачи или повреждения (порчи)

его багажа при осуществлении посадки, перевозки, высадки пассажира или погрузки, перевозки и выгрузки багажа. Максимальный размер страховой суммы за вред, причиненный жизни или здоровью потерпевшего, составляет 3000 евро, а за утрату, недостачу или повреждение (порчу) его багажа – 1000 евро. Кроме страхования гражданской ответственности в дорожном движении применяются и другие виды страхования.

Страхование транспортных средств *«АвтоКАСКО»* возмещает ущерб от гибели или повреждения транспортных средств и смонтированного на нем дополнительного оборудования. При «*полном КАСКО»* возмещается ущерб, вызванный уничтожением или повреждением транспортного средства и дополнительного оборудования в результате аварии, стихийного бедствия; попадания камней, падения предметов или грузов при погрузке (выгрузке), а также противоправными действиями третьих лиц, в том числе, хищением отдельных частей и деталей транспортных средств, хищением самого транспортного средства или дополнительного оборудования. «*Частичное КАСКО*» не возмещает ущерб от хищения транспортного средства и дополнительного оборудования. Страхование считается *полным*, если страховая сумма установлена равной страховой стоимости транспортного средства, и *неполным*, если она ниже страховой стоимости. Размер взноса колеблется в пределах 6–8 % от стоимости транспортного средства.

Страхование от несчастных случаев и болезни. Объектом страхования является здоровье, жизнь и трудоспособность страхователя. Страховым случаем является авария или другие несчастные случаи либо резкое ухудшение здоровья, подтвержденное медицинскими документами в установленном порядке.

Страхование от несчастных случаев лиц, находящихся в автомобиле. Страховая защита предусмотрена на случай смерти, ранения либо утраты трудоспособности водителя или пассажиров. Возможны два варианта страхования – по общей страховой сумме и по местам. По первому варианту (паушальная система) в полисе оговаривается общая страховая сумма для всех находящихся в автомобиле лиц. По второму варианту оговаривается страховая сумма отдельно по каждому застрахованному месту.

Комбинированное страхование автомобиля, водителя, пассажира, багажа *– «АВТО-КОМБИ»*. Объектом страхования являются *водитель* и *пассажиры*, *автомобиль* и *багаж*, находящийся в (на) автомобиле (прицепе). Страховым случаем, как правило, является авария.

1.7 Аварийные потери

Потери в дорожном движении – универсальный, комплексный оценочный критерий качества дорожного движения и его основных свойств – аварийности, экологичности, экономичности и социологичности. Под термином «***потери в дорожном движении***» *понимают социально-экономическую стоимость невынужденных (необязательных) издержек процесса движения*.

Поскольку аварии являются невынужденными (необязательными) издержками процесса движения, то их социально-экономическая стоимость и есть аварийные потери. Аварийные потери в Республике Беларусь достигают величины порядка 400 млн дол./год. И хотя они составляют лишь около 10 % от общей суммы потерь в дорожном движении, значимость их очень велика, поскольку они касаются здоровья и жизни людей.

Аварийные потери проявляются в самых разнообразных формах. На рисунке 1.9 показана упрощенная структура потерь от аварий.

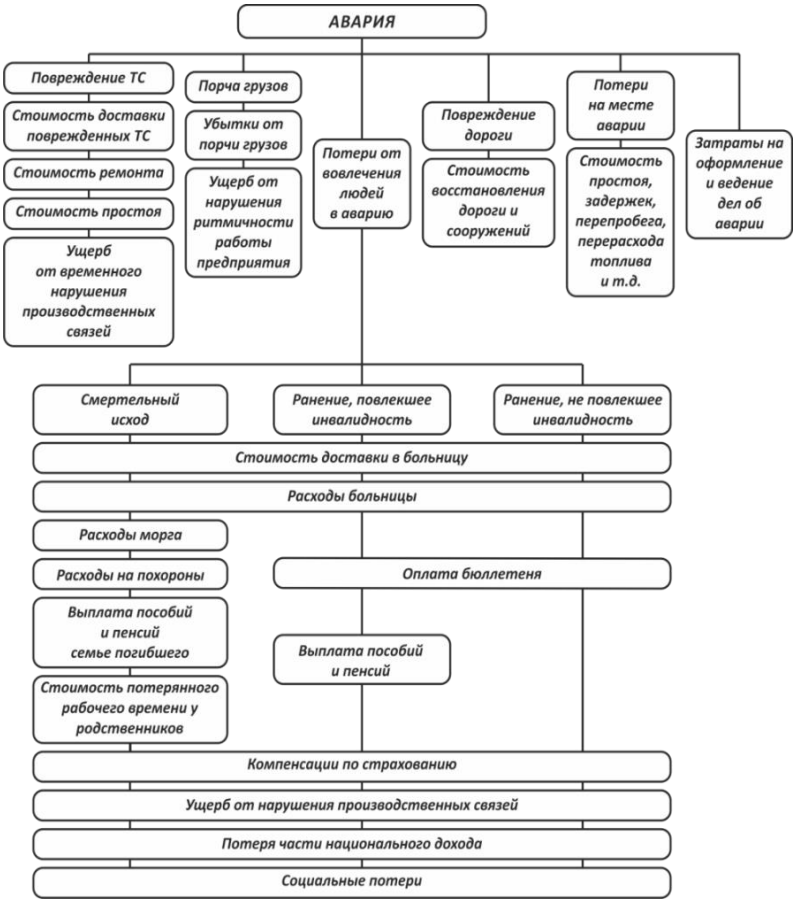


Рисунок 1.9 – Структура потерь от аварий

По своему характеру ущерб, нанесенный при аварии, делится на две составляющие – материальную (или экономическую) и духовную (или социальную). *Экономическая составляющая* потерь делится на прямую и косвенную.

Прямые потери – это потери от разрушения дороги и обустройства, повреждения транспортных средств и грузов, расходы на расследование аварии, пенсии, пособия, лечение пострадавших или похороны погибших. Косвенные потери – это потери части внутреннего валового продукта от временного, частичного или полного исключения членов общества из производственной деятельности, потери из-за нарушения нормального процесса дорожного движения при аварии и т. д.

Социальная составляющая включает так называемую «душевную боль» от гибели или увечья людей – близких, и не только близких. Она включает потери от изменения нормальной психики людей, подвергшихся смертельному риску, либо психики людей, подвергших смертельному риску своих близких. Она также включает потери от крушения планов из-за аварии, от изменения – всегда в худшую сторону – привычного уклада жизни целых семей. Наконец, она выражает общественную боль из-за бессмысленной утраты своих граждан. Заметим, что в этом плане аварии отбирают самую трудоспособную часть общества – средний возраст погибших, примерно равен 33 годам, при этом около 80 % составляют мужчины. Примерно такое же соотношение и в категории получивших увечье. Социальную составляющую потерь невозможно прямо оценить денежным эквивалентом. Однако найдено несколько способов оценки стоимости этой составляющей – страхование; материальная компенсация морального ущерба через суд; нормативы, учитывающие социальную составляющую; моральные устои, допускающие или поощряющие определенную практику, и т. д. В случае с аварийностью наибольшее распространение получило страхование, которое является обязательным для водителей, но может быть индивидуальным по размеру, разумеется, в установленных рамках.

В развитых странах страховые оценки очень высоки (таблица 1.7) – именно эти суммы входят в полную оценочную стоимость аварий. У нас страхование делает только первые шаги, а фактические страховые оценки более чем скромны.

Аварийные потери $П_а$, дол./год, определяются как произведение числа аварий $n_а$ на их расчетную стоимость $С_а$:

$$П_а = n_а С_а.$$

С учетом классификации аварий по тяжести последствий формула приобретает следующий вид:

$$П_а = n_а^с С_а^с + n_а^р С_а^р + n_а^м С_а^м,$$

где $n_а^с$, $n_а^р$, $n_а^м$ – среднегодовое число аварий, соответственно, со смертельным исходом, с ранением и с материальным ущербом,

авт./год. Определяются из статистики либо путем прогнозирования аварийности;

$C_а^с$, $C_а^р$, $C_а^м$ – расчетная социально-экономическая стоимость аварии, соответственно, со смертельным исходом, с ранением и с материальным ущербом, дол./авт. К сожалению, официальные данные по этой стоимости сегодня отсутствуют. В БНТУ [12] разработана методика определения расчетной социально-экономической стоимости аварий, которая позволяет с приемлемой точностью рассчитывать аварийные потери.

В этой методике расчетная народно-хозяйственная стоимость аварий зависит от величины внутреннего валового продукта (ВВП), стоимости лечения и реабилитации пострадавших и реальных страховых выплат по авариям с материальным ущербом. Расчетная стоимость аварий состоит из двух основных составляющих – экономической и социальной. Экономическая составляющая отображает материальный ущерб, который нанесен государству и обществу в результате аварии. Экономическая составляющая в сильнейшей мере зависит от ВВП – чем он больше, тем дороже стоимость автомобилей, потерянного времени, лечения и реабилитации, транспортных затруднений на месте аварий и т. д. Социальная составляющая отображает «душевную боль», которую испытывает общество и его отдельные члены от гибели или ранения людей либо от подвержения их смертельному риску в авариях без пострадавших. При этом величина социальной составляющей также в значительной мере зависит от ВВП – чем больше ВВП, тем больше денежных средств затрачивается на социально-гуманитарные потребности общества, тем выше социальная ценность каждого человека.

В методике определяется расчетная стоимость аварий с материальным ущербом, с ранением легким, тяжелым, повлекшим инвалидность, и ранением (в среднем) без указания тяжести; со смертельным исходом, а также стоимость аварии без указания тяжести последствий.

Расчетная стоимость аварии с материальным ущербом определятся по формуле, в которой первый член оценивает материальную составляющую, а второй – социальную составляющую, дол./авт.,

$$C_а^м = C_{стр}(1+\Delta_{стл})(1+\Delta C_{соп}) + K_{рзм} C_{ВВП}^{\beta} \frac{(1+\Delta_{стл}) n_{рбт}}{365},$$

где $C_{стр}$ – средняя величина страховых выплат на одно транспортное средство при аварии с материальным ущербом. По состоянию на 2010 г. она составила в среднем по Республике Беларусь 950 дол./авт.;

$\Delta_{стл}$ – доля столкновений в общем числе аварий с материальным ущербом. По состоянию на 2010 г. $\Delta_{стл} = 0{,}7$;

$\Delta C_{соп}$ – доля сопутствующих расходов в общей стоимости экономической составляющей аварии с материальным ущербом. К сопутствующим расходам относятся стоимость оформления и сопровождения документации по аварии, стоимость возможных судебных издержек и стоимость транспортных затруднений на месте аварий. Основываясь на результатах исследований, принимаем $\Delta C_{соп} = 0{,}08$, при этом около половины этой величины составляет стоимость транспортных затруднений на месте аварии;

$C_{ВВП}$ – удельная (на одного человека) величина ВВП, дол./чел·год;

β – показатель степени, условно характеризующий долю государственных расходов на социально-гуманитарные потребности общества. По результатам расчетно-поисковых исследований $\beta = 1{,}97$;

$n_{рбт}$ – количество дней реабилитации (без госпитализации) потерпевшего. В случае аварий без пострадавших это в основном относится к водителю. Принято:

$n_{рбт} = 1$ – для аварий с материальным ущербом;

$n_{рбт} = 7$ – для аварий с легким ранением;

$n_{рбт} = 14$ – для аварий с тяжелым ранением;

$K_{рзм}$ – коэффициент размерностей, $K_{рзм} = 0{,}001$;

365 – расчетное число дней в году.

Расчетная стоимость аварий с легким и тяжелым ранением $C_а^{рл}$ и $C_а^{рт}$, долл./авт., определятся по формуле

$$C_а^{рл}(C_а^{рт}) = C_{ВВП}\frac{3n_{гсп} + n_{рбт}}{365} + K_{рзм}C_{ВВП}^{\beta}\frac{n_{гсп} + n_{рбт}}{365} + C_а^{м},$$

где 3 – коэффициент, учитывающий отношение народнохозяйственных рас-ходов на один день лечения пострадавшего в больнице к удельной (на 1 человека в день) величине ВВП;

$n_{гсп}$ – расчетное число дней госпитализации пострадавшего. При легком ранении $n_{гсп} = 7$ дней; при тяжелом – 30 дней.

Расчетная стоимость аварии со смертельным исходом $C_а^{с}$, дол./авт., определятся по формуле

$$C_а^{с} = 20C_{ВВП} + K_{рзм}C_{ВВП}^{\beta} + C_а^{м},$$

где 20 – условное (с учетом дисконтирования) число лет возможной трудовой деятельности погибшего. Определено как произведение полного числа лет возможной трудовой деятельности погибшего – 25 лет – на условный коэффициент дисконтирования – 0,8. Полное число лет возможной трудовой деятельности погибшего определено исходя из среднего возраста погибших в авариях – 33,5 года, соотношения погибших мужчин и женщин – 80 : 20 и пенсионного возраста мужчин и женщин – 60 и 55 лет соответственно. Условный

коэффициент дисконтирования – 0,8, принят из допущения, что рост ВВП и обесценивание денег примерно сопоставимы.

Расчетная стоимость аварии с ранением, повлекшим инвалидность, $C_a^{ри}$, дол./авт., определятся по формуле

$$C_a^{ри} = \frac{C_a^c}{3}.$$

Расчетная стоимость аварии с ранением (в среднем) без указания его тяжести, дол./авт., определялась как средневзвешенная расчетной стоимости аварий с ранениями легким, средним и повлекшим инвалидность:

$$C_a^p = \frac{C_a^{рл}\Delta a^{рл} + C_a^{рт}\Delta a^{рт} + C_a^{ри}\Delta a^{ри}}{\sum \Delta a},$$

где $\Delta a^{рл}$, $\Delta a^{рт}$, $\Delta a^{ри}$ – частость аварий соответственно с ранениями легкими, тяжелыми и повлекшими инвалидность. Определена на основании статистики аварийности. Принято следующее соотношение: $\Delta a^{ри} : \Delta a^{рт} : \Delta a^{рл} = 1 : 6 : 40$.

Расчетная стоимость аварии без указания тяжести последствий C_a, дол./авт., определятся по формуле

$$C_a = \frac{C_a^c\Delta a^c + C_a^p\Delta a^p + C_a^м\Delta a^м}{\sum \Delta a},$$

где Δa^c, Δa^p, $\Delta a^м$ – частость аварий соответственно со смертельным исходом, ранением и материальным ущербом. Определена автором на основании статистики аварийности. Принято следующее соотношение: $\Delta a^c : \Delta a^p : \Delta a^м = 1 : 6 : 60$.

В таблице 1.7 показана зависимость значений расчетной стоимости аварий, дол./авт., в Республике Беларусь от удельной (на человека в год) величины внутреннего валового продукта.

Таблица 1.7 – **Зависимость расчетной стоимости аварий в Республике Беларусь от удельной величины ВВП**

Тяжесть последствий	ВВП, дол./чел·год								
	4000	4500	5000	**5500**	6000	7000	8000	9000	10000
Материальный ущерб	1750	1770	1800	**1800**	1800	1900	1900	1900	2000
Ранение легкое	2600	2700	2900	**3100**	3300	3800	4400	5000	5600
Ранение тяжелое	4400	5000	5600	**6200**	6900	8300	10000	12000	14000
Ранение, повлекшее инвалидность	31000	36000	40000	**45000**	50000	60000	70000	81000	93000

Окончание таблицы 1.7

Тяжесть последствий	ВВП, дол./чел.·год								
	4000	4500	5000	**5500**	6000	7000	8000	9000	10000
Ранение без указания тяжести последствий	3400	3700	4000	**4400**	4800	5600	6500	7500	8500
Смертельный исход	95000	110000	120000	**135000**	150000	180000	210000	240000	280000
Авария в среднем без указания тяжести последствий	3300	3500	3800	**4000**	4300	4800	5400	6000	6700

В таблице 1.8 приведено сопоставление расчетной стоимости аварий со смертельным исходом в некоторых странах.

Таблица 1.8 – **Значения расчетной стоимости аварий со смертельным исходом в некоторых странах, полученные из статистических источников и по методике БНТУ**

Страна	Стоимость издержек аварий со смертельным исходом, тыс. дол./авт.		ВВП на душу населения, тыс.дол./чел·год	Погрешность δ
	по данным источников	по методике БНТУ		
США	2710	2445	45,8	0,10
Швейцария	2750	2097	41,6	0,24
Швеция	1790	1716	36,6	0,04
Великобритания	1410	1608	35,1	–0,14
Финляндия	1790	1594	34,9	0,11
Германия	1350	1544	34,2	–0,14
Дания	800	756	21,1	0,06
Австрия	750	700	20,0	0,07
Беларусь	13,5	135	5,5	–

Как видно из приведенных данных, сходимость результатов расчета и данных статистических источников удовлетворительная. Разумеется, на социально-экономическую стоимость аварии, особенно со смертельным исходом, влияют, кроме ВВП, еще исторические, национальные и другие факторы, не учитываемые в методике, поэтому она нуждается в совершенствовании. Тем не менее полученные результаты свидетельствуют о ее пригодности для определения аварийных потерь при решении практических задач.

2 ЗАВИСИМОСТЬ АВАРИЙНОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Аварийность зависит от большого количества различных факторов, которые в той или иной степени причастны к дорожному движению. Исследователями накоплен значительный статистический материал в этой области. Поскольку в данной главе изучение материала носит в основном познавательный характер и приводимые зависимости не предназначены для проведения детальных расчетов, то считаем целесообразным представлять их по возможности в графическом виде с очень кратким комментарием.

2.1 Зависимость аварийности от дорожных условий

Зависимость аварийности от дорожных условий очень хорошо изложена в работе В. Ф. Бабкова «Дорожные условия и безопасность движения» и других [13]. Материалы данного раздела в основном взяты из этой работы.

Зависимость аварийности от ширины полосы и ширины проезжей части показана на рисунках 2.1 и 2.2. Видно, что с увеличением ширины полосы аварийность снижается и стабилизируется где-то на ширине 3,5 м. Аналогично и для проезжей части (ПЧ) – с увеличением ее ширины аварийность снижается, стабилизируясь на значениях 7,5–8 м.

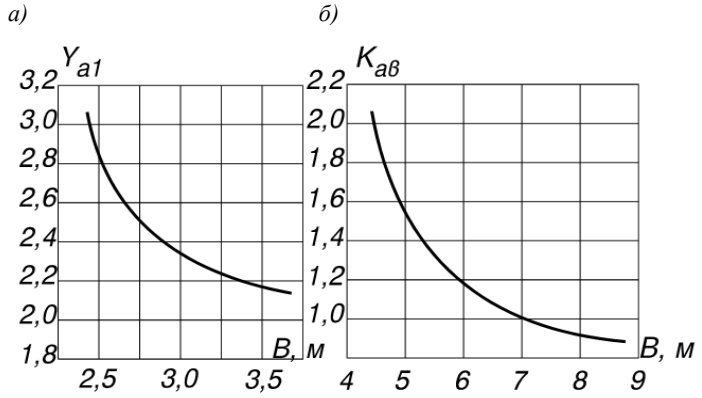


Рисунок 2.1 – Зависимость аварийности:
а – от ширины полосы [13]; *б* – ширины проезжей части [3]

Зависимость аварийности от ширины обочин показана на рисунках 2.3 и 2.4. Видно, что с увеличением ширины обочин аварийность снижается, стабилизируясь около значений 2,5–3 м.

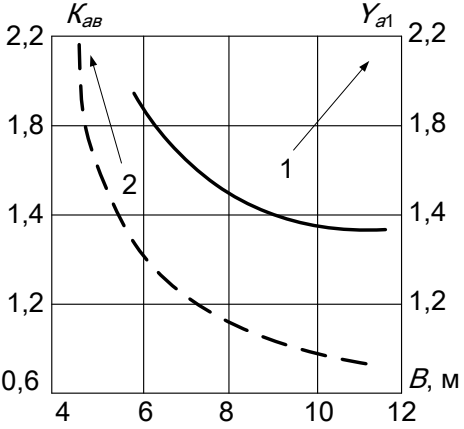


Рисунок 2.2 – Зависимость аварийности от ширины укрепленной поверхности (ПЧ + краевая полоса) [12]:
1 – данные США; *2* – данные В. Ф. Бабкова

При этом, разумеется, обочины должны быть укрепленными, ровными, при минимальном перепаде с кромкой проезжей части. Если обочина некачественная, то водители держатся подальше от нее, фактически сужая проезжую часть.

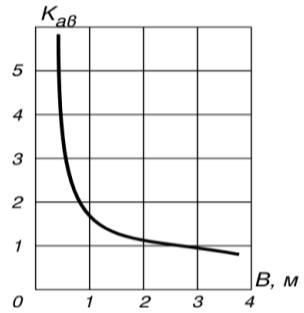


Рисунок 2.3 – Зависимость аварийности от ширины обочины [13]

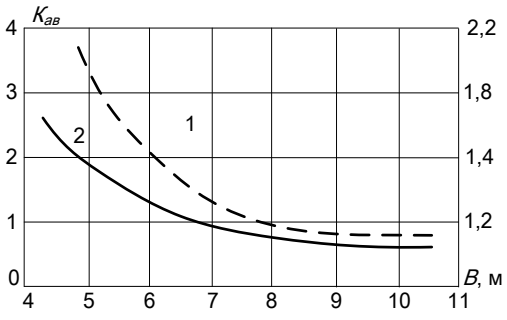


Рисунок 2.4 – Зависимость аварийности от ширины ПЧ и состояния обочин [12]:
1 – обочина не укреплена; *2* – обочина укреплена

На рисунке 2.5 показана зависимость среднего расстояния между правым колесом автомобиля и кромкой проезжей части от состояния обочины.

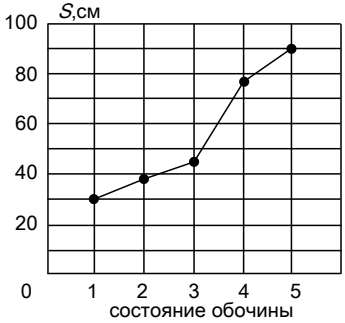


Рисунок 2.5 – Зависимость среднего расстояния между правым колесом автомобиля и кромкой ПЧ от состояния обочины [13]:
1 – обочина (3 м), укрепленная песчано-гравийной смесью; *2* – ровная краевая полоса шириной 0,6 м; *3* – то же шириной 0,2 м; *4* – обочина песчаная разъезженная; *5* – грязная грунтовая обочина

На рисунке 2.6 показана зависимость аварийности от наличия краевой полосы. Утверждается, что наилучшие результаты дает краевая полоса, изготовленная из того же материала, что и проезжая часть, и отделенная от нее сплошной линией разметки. На рисунке 2.7 показана зависимость аварийности от ширины разделительной полосы.

Видно, что с увеличением ширины аварийность уменьшается, стабилизируясь около значений 8–10 м. При этом необходимо отметить, что даже при малой ширине разделительной полосы аварийность существенно ниже, чем без полосы. Например, при стандартной ширине разделительной полосы 5 м аварийность в два раза ниже, чем без разделительной полосы.

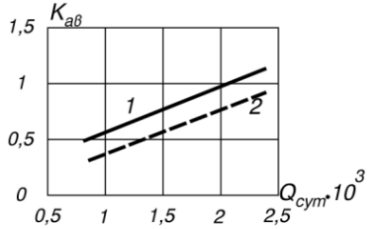


Рисунок 2.6 – Зависимость аварийности от наличия краевой полосы при ширине ПЧ 7 м [13]:
1 – без краевой полосы;
2 – с краевой полосой

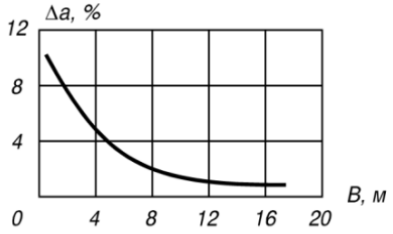


Рисунок 2.7 – Зависимость аварийности от ширины разделительной полосы *B* [13]:
Δa – доля аварий, связанных с заездом на разделительную полосу, от их общего количества

Заметим также, что разделительные полосы, отделенные от проезжей части возвышающимся бортовым камнем (до 15 см), «отжимают» автомобили к центру полосы и фактически сужают ее ширину, что увеличивает

аварийность. Кроме того, при случайном наезде колеса на бортовой камень возможен резкий отброс автомобиля, особенно легкового, назад, часто с потерей управляемости, что очень опасно.

Основными причинами аварий на крутых подъемах и спусках являются съезды с земляного полотна при движении на спуск из-за чрезмерной скорости и столкновение со встречным автомобилем при обгонах, как правило, на подъеме. При движении на спуск число аварий примерно в 2 раза выше, чем при движении на подъем. При совпадении продольных уклонов с кривыми в плане аварийность значительно возрастает. На рисунках 2.8 и 2.9 показана зависимость аварийности от продольного уклона.

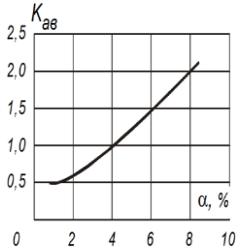


Рисунок 2.8 – Зависимость аварийности от продольного уклона [13]

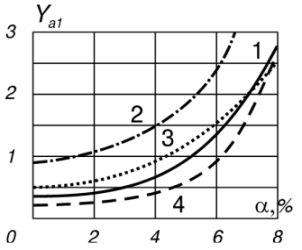


Рисунок 2.9 – Зависимость аварийности от продольного уклона и состояния покрытия [11]: *1* – результирующая; *2* – гололед и снежный накат φ = 0,1…0,2; *3* – мокрое грязное φ = 0,25...0,5; *4* – сухое чистое φ= 0,5...0,7

На кривых в плане происходит около 10–12 % аварий, при этом чем круче поворот, тем выше аварийность. На рисунке 2.10 показана зависимость аварийности от радиуса кривых в плане. Видно, что при уменьшении радиуса до 150 м и меньше, аварийность резко возрастает. Радиус поворота дороги более 1500 м оказывает незначительное влияние на аварийность.

При движении по мосту поднятый бортовой камень, ограждения, перила и другие конструкции заставляют водителей «отжиматься» к осевой линии, сужая и без того узкую проезжую часть. В результате из-за резкого перепада скоростей и чрезмерного фактического сужения проезжей части возрастает аварийность. На рисунке 2.11 показана зависимость аварийности от приближения выступающих конструкций моста к кромке проезжей части шириной 7 м (вернее, к линии, являющейся продолжением кромки проезжей части на дальних подходах к мосту). Видно, что влияние придорожных конструкций начинается где-то с расстояния 2–3 м до линии продолжения кромки проезжей части и с уменьшением этого расстояния аварийность резко возрастает, особенно при номинальном сужении проезжей части. Этой зависимостью можно пользоваться при определении влияния на аварийность других сооружений или стоящих на обочине автомобилей. В последнем случае, однако, это влияние будет зависеть от типа стоящих автомобилей – огромные тяжелые грузовики и

автопоезда, как представляется, производят более сильный эффект на водителя, больше «отжимают» проходящие машины к осевой линии, чем маленькие легковушки или мотоциклы.

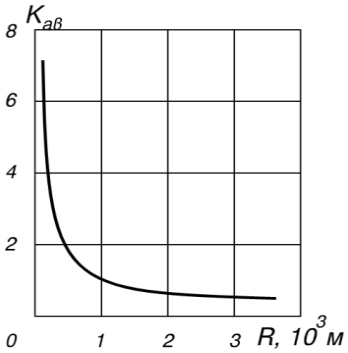


Рисунок 2.10 – Зависимость аварийности от радиуса кривых в плане [13]

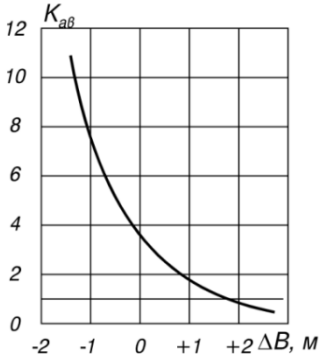


Рисунок 2.11 – Зависимость аварийности от разности ширины ПЧ моста и дороги, ΔB (при ширине ПЧ 7 м) [13]

Влияние аллейных насаждений на аварийность показано на рисунке 2.12. Желательно, чтобы насаждения располагались не ближе 5 м от края проезжей части, а толстые деревья – не ближе 9 м. Это связано с такими причинами: возможностью затормозить или объехать дерево, снижением силы удара при наезде, осенним листопадом, падением веток или целых деревьев на проезжую часть при сильном ветре, мельканием теней в солнечную погоду и т. д.

Вместе с тем необходимо помнить, что в некоторых местах аллейные насаждения имеют социальную значимость и обращение с ними должно быть очень бережным.

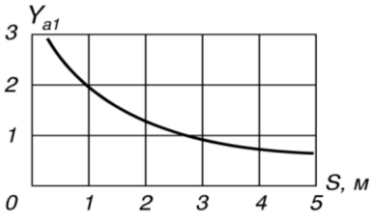


Рисунок 2.12 – Зависимость аварийности от расстояния деревьев до края ПЧ [13]

Кроме деревьев, представляют фактическую опасность опоры освещения и контактной сети, стойки дорожных знаков, различных плакатов и т. д. В той или иной мере к ним также относится приведенная выше зависимость. Заметим, что на загородных дорогах получают распространение «безопасные» опоры или стойки дорожных знаков (ДЗ), которые при ударе

автомобиля ломаются в специально ослабленном сечении, причиняя минимальные повреждения и спасая экипаж от травм и увечий.

Длинные прямые и однообразные участки на магистральных дорогах вызывают у водителей относительно тихоходных автомобилей снижение внимательности, вялость, дремотное состояние и даже сон. Быстроходные легковые автомобили незаметно для водителя увеличивают скорость, к которой он постепенно привыкает, не замечая превышения. Все это приводит к повышению аварийности, что показано на рисунке 2.13. Видно, что при длине прямого участка свыше 8 км начинается рост аварийности. Очевидно, основной задачей является устранение однообразия, для чего имеется очень много возможностей в ландшафтном проектировании – чередование прямых участков с кривыми большого радиуса, декоративное озеленение придорожной полосы, создание специальных ориентиров или направление участков на имеющиеся ориентиры – здания, группы деревьев, возвышенности и т. д. [5].

Зависимость аварийности от числа кривых в плане на 1 км дороги показана на рисунке 2.14. Совместное влияние на аварийность частоты кривых в плане и их степени кривизны показано на рисунке 2.15. Напомним, что согласно американским представлениям, степень кривизны дороги, град, определяется по формуле [1]

$$D = 1720 / R,$$

где R – радиус поворота, м.

Зависимость аварийности от коэффициента сцепления колеса с дорогой показана на рисунках 2.16 и 2.17. Видно, что при значениях коэффициента сцепления, меньших 0,4, аварийность резко возрастает. Вместе с тем необходимо отметить, что тяжесть последствий увеличивается с увеличением коэффициента сцепления φ, что объясняется повышением скоростей движения.

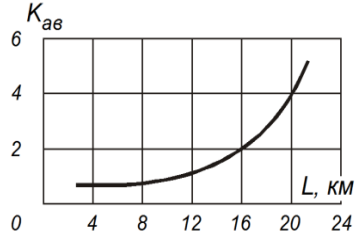


Рисунок 2.13 – Зависимость аварийности от длины прямых участков

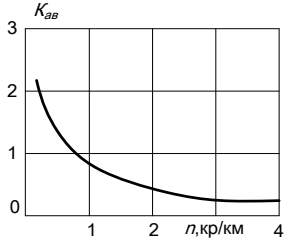
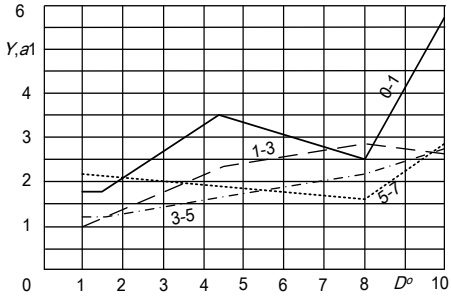


Рисунок 2.14 – Зависимость аварийности от числа кривых в плане на 1 км дороги

На рисунке 2.18 показана зависимость коэффициента сцепления от скорости движения (СД). Видно, что с ростом скорости коэффициент φ заметно падает.



Цифры на линиях – количество кривых в плане на 1 км

Рисунок 2.15 – Зависимость аварийности от степени кривизны (D^o) и количества кривых в плане на 1 км двухполосной дороги [1]

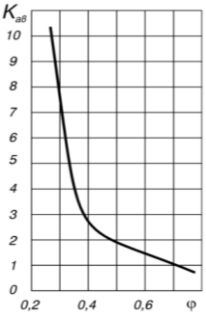


Рисунок 2.16 – Зависимость аварийности от коэффициента сцепления φ [13]

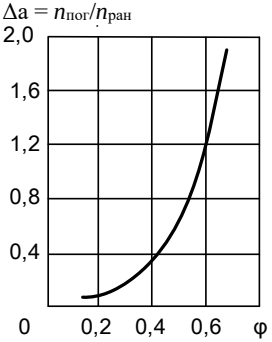


Рисунок 2.17 – Влияние коэффициента сцепления на тяжесть последствий аварий (по данным Ю. Кузнецова) [12]

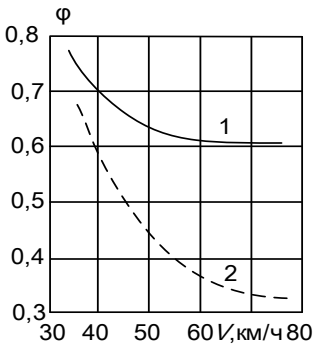


Рисунок 2.18 – Зависимость коэффициента сцепления φ от СД [2]:
1 – сухое покрытие; *2* – мокрое покрытие

Зависимость аварийности от площади и высоты неровностей на покрытии показана на рисунке 2.19. Видно, что с ростом числа и высоты неровностей аварийность вначале резко увеличивается, а затем постепенно падает и ее максимум приходится на величину неровностей порядка $S_T \approx 300$ см/км. Это объясняется тем, что при увеличении неровности после некоторого предела водители становятся более внимательными, к тому же заметно падает скорость. Напомним, что показатель неровности S_T есть (приблизительно) сумма вертикальных перемещений заднего моста автомобиля относительно кузова на участке дороги протяженностью 1 км.

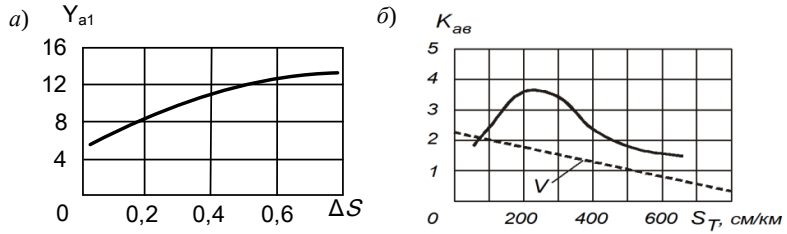


Рисунок 2.19 – Зависимость аварийности от ровности ПЧ [13]:
а – от площади неровностей; *б* – от высоты неровностей; ΔS – относительная площадь деформированных участков; S_T – суммарные показания толчкомера; *v* – скорость движения

2.2 Зависимость аварийности от транспортной нагрузки и других факторов

Зависимость аварийности от интенсивности движения (ИД) на двухполосной дороге показана на рисунке 2.20. Видно, что аварийность растет до некоторого предела интенсивности – примерно 12 000 авт./сут, а затем постепенно снижается. Это объясняется тем, что после этого предела резко уменьшается количество маневров и падает скорость движения.

Видно также, что на многополосной городской магистрали (рисунок 2.21) транспортная нагрузка не достигает своего предела и поэтому аварийность растет почти линейно.

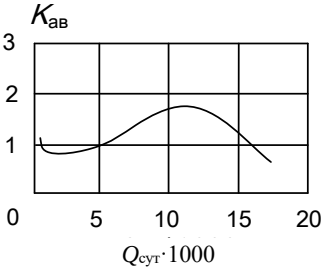


Рисунок 2.20 – Зависимость аварийности от ИД на двухполосной загородной дороге

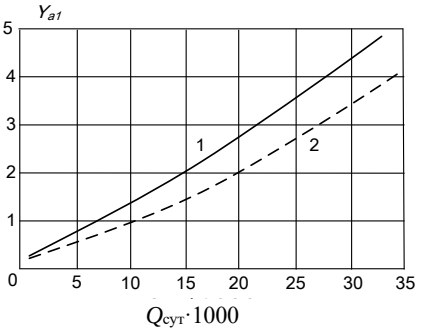


Рисунок 2.21 – Зависимость аварийности от ИД на многополосной городской магистрали в районе жилищной застройки:
1 – неулучшенная магистраль;
2 – улучшенная магистраль

Некоторый всплеск относительной аварийности при очень малых интенсивностях (рисунок 2.22) объясняется тем, что:

– такие дороги имеют, как правило, несколько худшие качества;

– водители чувствуют себя очень свободно и допускают больше ошибок, особенно во взаимодействии с дорогой;

– при расчете относительного показателя число аварий делится на очень маленькую интенсивность, что дает высокие цифры.

На рисунке 2.23 показана зависимость тяжести последствий аварий от интенсивности движения. Видно, что с ростом интенсивности движения тяжесть последствий снижается, что объясняется снижением скорости движения.

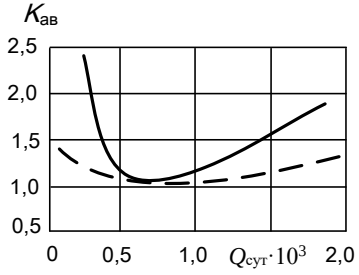


Рисунок 2.22 – Зависимость аварийности от ИД (при малых значениях ИД) [12]:
1 – А. Бельский, СССР; *2* – С. Гольдберг, Франция

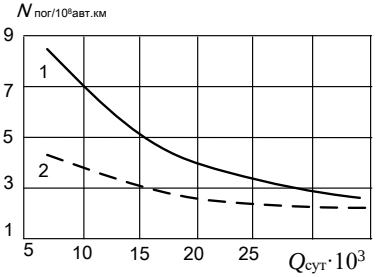


Рисунок 2.23 – Зависимость тяжести последствий аварии от ИД [13]:
1 – данные А. Шлякова; *2* – данные США

Зависимость аварийности от числа полос движения загородных дорог показана на рисунке 2.24. Видно, что до интенсивности порядка 7–8 тыс. авт./сут все логично – наименьшая аварийность на четырехполосной, наибольшая – на двухполосной. Однако затем резко увеличивается аварийность на трехполосной дороге. Это объясняется тем, что обгоны становятся рискованными из-за трудно прогнозируемой обстановки на 3-й полосе, которую одновременно используют оба встречных потока. Такой резкий всплеск аварийности ставит под сомнение целесообразность эксплуатации трехполосных дорог и делает необходимым ее реконструкцию в четырехполосную. Попытки сделать трехполосную дорогу с помощью разметки снова двухполосной проблемы не решают – аварийность не уменьшается. Попытки разделить третью полосу попеременно между обоими направлениями, в принципе, частично решает проблему, но требует очень высокой дисциплины участников, что, к сожалению, тоже является проблемой. Заметим, что строительство трехполосных дорог в нормативах не предусмотрено.

Зависимость аварийности от состава транспортного потока показана на рисунке 2.25. Видно, что с увеличением в транспортном потоке доли грузовых автомобилей аварийность почти линейно возрастает, во всяком случае, в диапазоне $\Delta\Gamma \approx 0{,}1\ldots0{,}45$.

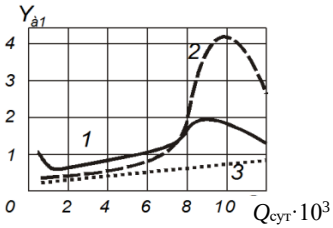


Рисунок 2.24 – Зависимость аварийности от ИД и типа дороги [13]:
1 – двухполосная; *2* – трехполосная; *3* – четырехполосная

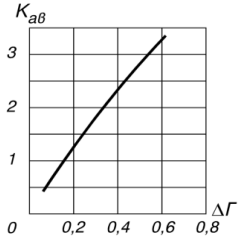


Рисунок 2.25 – Зависимость аварийности от состава ТП [13]:
ΔГ – доля грузовых автомобилей в потоке

Если движение велосипедистов осуществляется не по обособленным велосипедным дорожкам, а совместно с автомобильным транспортом, то имеет место высокая аварийность, причем с весьма тяжелыми последствиями, поскольку велосипедисты являются незащищенными участниками движения. На рисунке 2.26 показана зависимость аварийности от интенсивности велосипедного движения. Видно, что аварийность растет почти линейно с увеличением интенсивности велосипедного движения.

***Скорость** движения* имеет особое отношение к аварийности – почти все аварии так или иначе связаны со скоростью. В одних случаях она является основной причиной; в других случаях она не позволяет избежать аварии, вызванной другими причинами; в иных случаях она усугубляет последствия. Широко распространено ошибочное убеждение, что чем ниже скорость, тем меньше аварийность. Уже было показано на примере движения тихоходных ТС на длинных однообразных прямых участках магистральных дорог, что снижение скорости против оптимальной само по себе является причиной аварии. Представляется, что наиболее безопасной является скорость, точно соответствующая реальным условиям движения на данном участке в данный момент. Это подтверждает зависимость аварийности от относительной скорости движения (СД), показанная на рисунке 2.27.

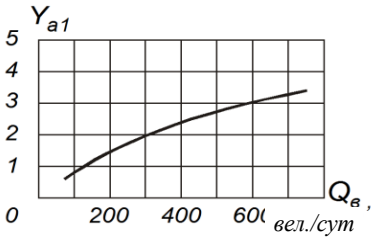


Рисунок 2.26 – Зависимость аварийности от ИД велосипедистов

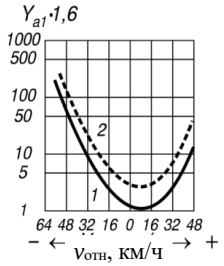


Рисунок 2.27 – Зависимость аварийности от относительной СД [12]:
1 – днем; *2* – ночью

Относительная скорость – это разность между текущей скоростью данного автомобиля и средней скоростью всего потока. Видно, что самой безопасной является средняя скорость потока – любое отклонение от нее приводит к резкому возрастанию аварийности. Это объясняется чрезвычайно просто – при движении со средней скоростью потока маневрирование минимальное, движение равномерное, без рывков, торможений, поперечных перемещений и т. д. При возрастании относительной скорости начинаются маневры, особенно обгоны – либо ты обгоняешь сотни автомобилей, либо тебя обгоняют эти сотни (и тысячи) – в любом случае опасность возрастает в десятки раз.

Правда, необходимо отметить, что если вероятность возникновения аварий при равной относительной скорости примерно одинакова на обеих ветвях кривой, т. е. и при высокой, и при низкой абсолютной скорости, то тяжесть последствий аварий, безусловно, выше на правой ветви, т. е. при высокой абсолютной скорости.

На рисунке 2.28 показана зависимость тяжести последствий аварий от скорости. Видно, что с повышением скорости, особенно, после 80 км/ч, тяжесть последствий быстро возрастает.

На рисунке 2.29 показана зависимость аварийности одновременно от скорости и условий движения. Видно, что аварийность в центре городов, где средняя скорость составляет всего лишь около 30 км/ч, примерно в 20 раз выше аварийности на скоростных дорогах, где средняя скорость достигает 100 км/ч. Этот пример наглядно подтверждает тот факт, что причиной аварийности, в принципе, является не сама по себе скорость, а ее несоответствие конкретным условиям движения. Следует, однако, заметить, что по тяжести последствий одна авария на скорости 100 км/ч может быть сопоставима с 20 авариями на скорости 30 км/ч.

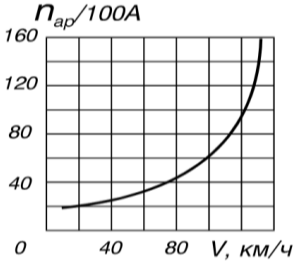
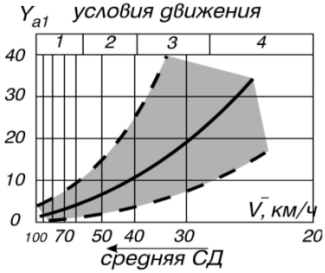


Рисунок 2.28 – Зависимость тяжести последствий аварий от СД на загородных магистралях США [1]:
$n_{ар}$ – число раненых



Заштрихована зона 95 % доверительной вероятности распределения аварийности; сплошная линия – среднее значение
Рисунок 2.29 – Зависимость аварийности от средней СД и условий движения для городских магистралей США [1]:
1 – скоростные дороги; *2* – автомагистрали; *3* – периферийные районы города; *4* – центральная деловая часть города

На рисунке 2.30 показана зависимость аварийности от скорости движения в городских условиях (на примере США). Видно, что этим условиям, в своей массе, соответствует скорость движения около 60 км/ч днем и около 50 км/ч – вечером.

На рисунке 2.31 показана зависимость аварийности от скорости движения на загородных дорогах (также на примере США). Видно, что условиям движения на этих дорогах соответствуют скорости порядка 100 км/ч днем и около 85 км/ч – вечером. Очевидно, подобные зависимости объективно существуют и для отечественных условий движения и в городах, и на загородных дорогах, однако, к сожалению, подобные данные в литературе не встречаются.

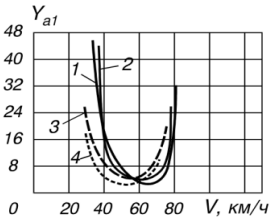


Рисунок 2.30 – Зависимость аварийности от СД на городских улицах (США) [1]:
1 – легковые, днем; *2* – легковые, вечером; *3* – грузовые, днем; *4* – грузовые, вечером

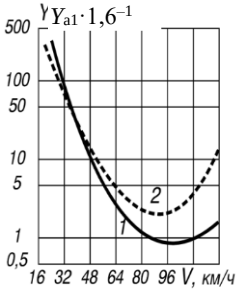


Рисунок 2.31 – Зависимость аварийности от СД на загородных дорогах (США) [1]:
1 – днем; *2* – ночью

На рисунке 2.32 показана зависимость аварийности от протяженности малых населенных пунктов, расположенных вдоль автомобильной дороги. Видно, что с уменьшением длины населенного пункта аварийность резко возрастает. Это объясняется тем, что «короткие» населенные пункты многие водители проезжают без снижения скорости – они психологически не переключаются и движутся по ним не как по населенным пунктам, а как по загородным дорогам. Следует отметить, что во всем мире на дорогах, проложенных через малые населенные пункты, аварийность выше, чем на загородных перегонах, примерно в 2 раза (рисунок 2.33).

Сильное влияние на аварийность оказывают характеристики видимости. Известно, что визуальная информация составляет около 90 % всей информации, получаемой водителем (очевидно, и другими участниками движения), поэтому ухудшение видимости немедленно сказывается на аварийности. Повышение аварийности объясняется также и тем, что при недостаточной видимости участники движения по разным причинам допускают большой риск, в том числе и большую, чем это объективно возможно, скорость.

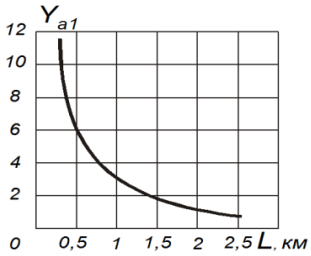


Рисунок 2.32 –Зависимость аварийности от протяженности населенного пункта [13]:
1 – при отсутствии стоянки в местах сосредоточения транспорта;
2 – при наличии стоянки

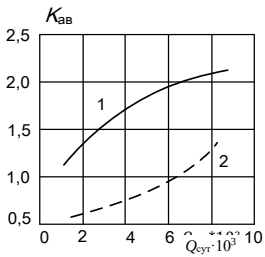


Рисунок 2.33 – Зависимость аварийности от ИД на дорогах, проходящих через населенные пункты [13]:
1 – в населенных пунктах; *2* – вне населенных пунктов

Известно, что в темное время суток относительная аварийность примерно в 5 раз выше, чем днем (см. рисунок 2.27). На рисунке 2.34 показана зависимость аварийности от освещенности проезжей части. На рисунке 2.35 показана зависимость аварийности от расстояния видимости на дороге. Понятно, что с уменьшением расстояния видимости менее 100 м аварийность резко увеличивается. При видимости 500–600 м и более она практически уже не оказывает влияния на аварийность.

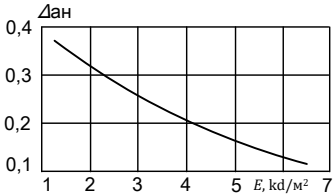


Рисунок 2.34 – Зависимость аварийности от освещенности покрытий [4]:
$\Delta_{ан}$ – доля аварий, произошедших в темное время суток, от общего числа аварий;
E – средняя яркость покрытия

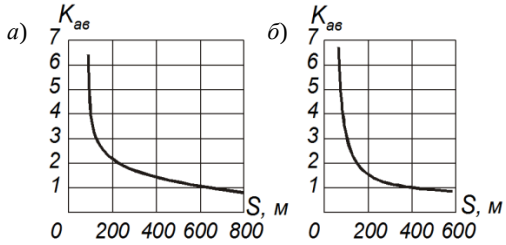


Рисунок 2.35 – Зависимость аварийности от расстояния видимости:
а – в плане; *б* – в продольном профиле

На рисунке 2.36 показана зависимость аварийности от времени суток. Пунктирной линией нанесена интенсивность движения. Видно, что между аварийностью и интенсивностью движения существует определенная зависимость – чем выше интенсивность, тем выше аварийность. Всплеск аварийности приходится на вечерний пик, что объясняется не только ростом интенсивности движения транспорта и пешеходов, но и наступлением сумерек (в осенне-зимний период), а также накопленной за рабочий день усталостью участников движения и некоторой долей спешки. Как представляется, именно в это время должны быть сконцентрированы наибольшие усилия надзорных служб, а регулирование должно работать особенно четко.

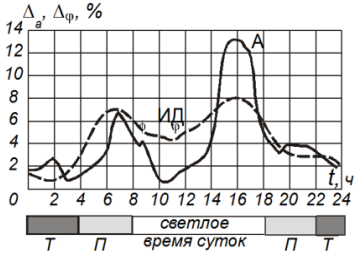


Рисунок 2.36 – Зависимость аварийности А от ИД и времени суток [1]:
$\Delta_а$ – доля аварийности от среднесуточной; $\Delta_ф$ – доля ИД от среднесуточной; Т – темное время; П – переходный период

Распределение аварийности по часам суток, дням недели и месяцам года в городах показано на рисунке 2.37. Видно, что начало и конец недели менее аварийные чем середина, что объясняется пониженной активностью основной массы автомобилистов. Необходимо отметить, что на отдельных участках дорожной сети и даже в целых районах распределение аварийности может сильно отличаться от приведенного. Годовой пик аварийности приходится на летние месяцы – июль и август и совпадает с пиком интенсивности движения.

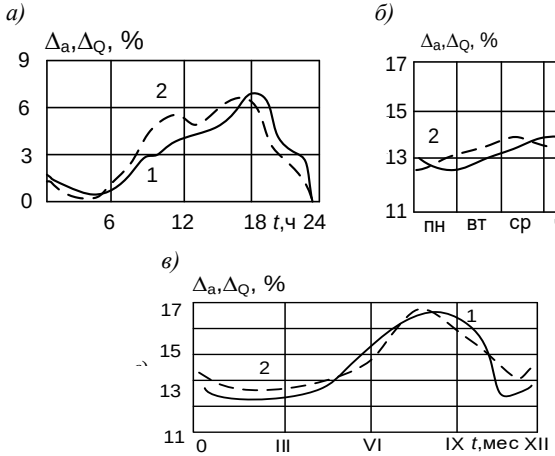


Рисунок 2.37 – Зависимость аварийности от ИД в городах [13]:
1 – аварийность; *2* – ИД: *а* – по часам суток; *б* – по дням недели; *в* – по месяцам года; Δ – отношение ИД и аварийности за измерительный отрезок времени к ИД и аварийности за измерительный период

Однако наибольшая тяжесть последствий приходится на осень – октябрь и ноябрь (рисунок 2.38). Это, очевидно, связано с переходом условий движения от летних к зимним, когда движение с «летними» скоростями чрезвычайно опасно.

Зависимость аварийности от загрузки полосы нерегулируемого движения показана на рисунке 2.39. Видно, что при увеличении загрузки аварийность постепенно возрастает, однако, при достижении некоторого значения загрузки ($x \geq 0{,}6$) наблюдается резкий всплеск аварийности – в 3–4 раза. Это объясняется качественным изменением условий движения из-за увеличения плотности, при котором маневрирование резко ограничивается и объективно требуется снижение скорости, на которое водители по инерции соглашаются очень неохотно. Такие переходные условия возникают при уровне обслуживания *D* и частично при уровне *C*, и являются очень опасными. В дальнейшем, когда условия стабилизируются, аварийность начинает снижаться. Некоторый подъем аварийности при очень низких коэффициентах загрузки объясняется, как уже говорилось, невысоким качеством дорог, расслабленностью водителей, относительно высокими скоростями и способом подсчета относительных показателей.

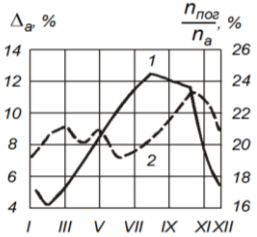


Рисунок 2.38 – Зависимость аварийности и тяжести последствий от времени года [11]:
1 – доля аварийности от среднегодовой;
2 – число погибших на 100 аварий

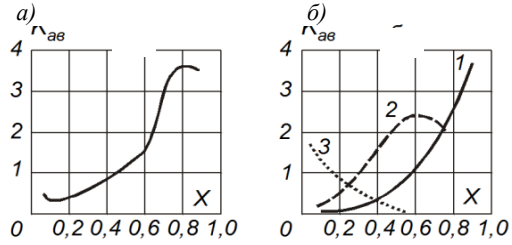


Рисунок 2.39 – Зависимость аварийности от коэффициента загрузки *x* [14]:
а – результирующая; *б* – по видам аварий:
1 – столкновение; *2* – обгон; *3* – потеря управления

Необходимо отметить, что при исследовании этой зависимости в понятие коэффициента загрузки *x* авторы [12, 14] вкладывали отношение текущей интенсивности движения к пропускной способности. В данной работе в понятие коэффициента загрузки полосы *x* вкладывается отношение текущей интенсивности движения к максимальной интенсивности движения, которая несколько (а для двухполосных дорог – существенно) выше пропускной способности. Поэтому кривые аварийности на графиках рисунка 2.39 по оси абсцисс должны быть несколько смещены влево, однако насколько – неизвестно, потому что неизвестны исходные данные при построении графиков.

Можно было бы вместо коэффициента *x* применить коэффициент использования пропускной способности, однако и это не совсем корректно, поскольку, например, неизвестно распределение текущей интенсивности движения по

полосам исследуемой дороги. Поэтому графики оставлены неизменными. Следует знать, что показана, преимущественно, качественная сторона зависимости.

2.3 Аварийность на типовых объектах

Перекрестки. Рассматриваются нерегулируемые, кольцевые (саморегулируемые) и регулируемые перекрестки, а также пересечения в разных уровнях.

Нерегулируемые перекрестки условно можно разделить на две категории – с незначительными, примерно равными интенсивностями движения на всех входах, и с явным преобладанием интенсивности движения по одной из дорог.

На перекрестках с невысокой интенсивностью движения аварийность в сильнейшей степени зависит от условий видимости и качества регулирования. В первую очередь должна быть обеспечена видимость самого перекрестка. Известны случаи, особенно в районах индивидуальной застройки, когда за 50–60 м до перекрестка даже не угадываются его контуры со всех четырех направлений (рисунок 2.40). Известны также случаи, когда с Т-образного примыкания не видна основная дорога тоже, практически, за 60 м, зато просматривается перспектива несуществующего продолжения примыкания (рисунок 2.41), т. е. имеют место иллюзионные ситуации.

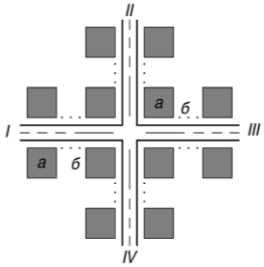


Рисунок 2.40 – Малозаметное пересечение улиц в районе индивидуальной застройки: *а* – постройки; *б* – заборы

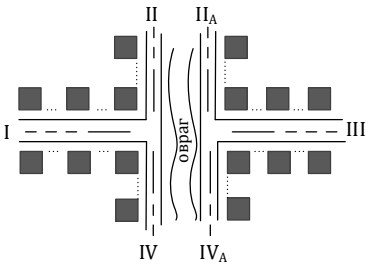


Рисунок 2.41 – Ложная перспектива с примыканий I и III

Важное значение имеет взаимная видимость конфликтующих участников, определяемая треугольником боковой видимости. В работе [12] приводится зависимость (рисунок 2.42), относящаяся, очевидно, к нерегулируемым перекресткам загородных дорог. Представляется, что второстепенный конфликтующий участник должен видеть главного конфликтующего участника, как минимум за 3 с до прибытия в конфликтную точку, – в противном случае ему следует снижать скорость движения вплоть до остановки у знака 2.5 «Проезд без остановки запрещен».

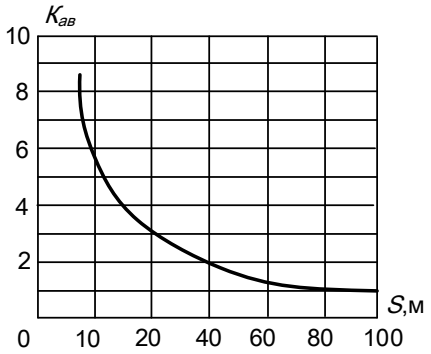
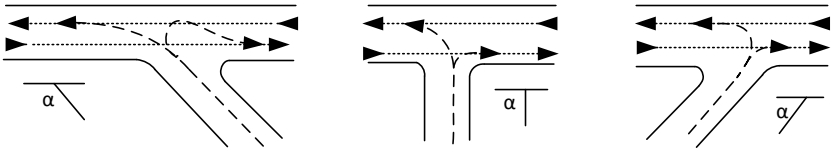


Рисунок 2.42 – Зависимость аварийности от расстояния боковой видимости (для нерегулируемых перекрестков загородных дорог) [12]

Имеет значение *угол* пересечения на перекрестках, что связано с обзорностью участка с места водителя (видимость с левой стороны лучше) и *скорость* выполнения левого поворота – одного из самых опасных маневров. На рисунке 2.43 показаны варианты примыкания к главной дороге под разными углами, а на рисунке 2.44 показана зависимость аварийности от угла пересечения траекторий движения. Видно, что наиболее безопасным является примыкание под углом, меньшим 90º, где имеются очень хорошие условия видимости со второстепенного направления, и левый поворот вынужденно совершается на малой скорости.



…... – траектория движения главных потоков; ----- – траектория движения второстепенных потоков

Рисунок 2.43 – Схемы примыканий (трехсторонних перекрестков) [1]

Если примыкание выполнено под тупым углом, то левый поворот совершается с ходу, что в случае ошибки грозит очень тяжелыми последствиями, а правый поворот – часто с выездом на полосу встречного движения из-за малого радиуса, при этом видимость участка для водителя второстепенного направления неудовлетворительная. В случае четырехстороннего перекрестка наилучшие результаты дает стандартное пересечение под прямым углом, которое, с одной стороны, хотя и хуже попутного пересечения односторонних дорог, но зато, с другой стороны, в нем отсутствует встречное пересечение.

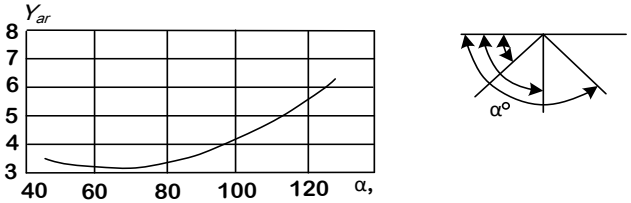


Рисунок 2.44 – Зависимость аварийности от угла пересечения входов на перекрестке [13]

Несомненно, аварийность на перекрестках зависит от числа и типа конфликтных точек, интенсивности движения и соотношения интенсивностей конфликтующих потоков в каждой конфликтной точке (рисунок 2.45). Особую опасность представляет совмещение нескольких конфликтных точек в одной пространственной зоне, когда второстепенный участник одновременно конфликтует с несколькими разнонаправленными потоками. Известны несколько способов подсчета опасности перекрестка с использованием конфликтных точек: по простой сумме КФТ, по приведенной сумме КФТ (пересечение – 5, слияние – 3, отклонение – 1), с учетом суммы интенсивности движения в каждой точке и т. д. Поскольку, однако, не приводятся зависимости аварийности от этих показателей, то эти способы относятся не столько к оценке, сколько к прогнозированию аварийности, где они и будут рассматриваться более подробно.

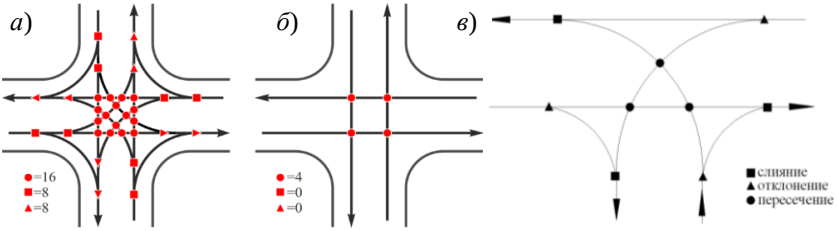


Рисунок 2.45 – Конфликтные точки на пересечении двухполосных дорог:
а – четырехсторонний перекресток с разрешенными поворотами *n* = 32;
б – с запрещенными поворотами *n* = 4; в – трехсторонний перекресток, *n* = 9;
▲, ■ и ● – конфликтные точки «слияние», «отклонение» и «пересечение»

Управляющие воздействия на нерегулируемых перекрестках осуществляются посредством Правил, дорожных знаков, дорожной разметки и направляющих островков. Аварийность существенно зависит от логичности и целесообразности управляющего воздействия. Например, на Т-образных перекрестках главной дороги можно делать прямое направление, даже если интенсивность поворотного потока превышает интенсивность прямого. Величина экономических и экологических потерь остается примерно одинаковой, а аварийность существенно снижается. Это объясняется тем, что при поворотной

главной дороге поворотный поток «41» (рисунок 2.46) идет на предельной (по устойчивости) скорости и у водителя практически не остается возможностей на реагирование с конфликтующими потоками. Второстепенные прямые потоки поставлены в тяжелые и нелогичные условия, особенно поток «13» (рисунок 2.46), имеющий конфликт с плохо видимым главным поворотным и необычно скоростным потоком «41». В результате такие перекрестки довольно аварийные, а очаги аварийности распределяются, как показано на рисунке.

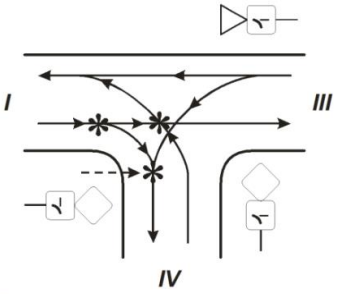


Рисунок 2.46 – Основные очаги аварийности на Т-образном перекрестке при поворотном направлении главной дороги

Представляется, что поворотная главная дорога целесообразна лишь при явном преобладании интенсивности поворотного движения (порядка 3–5 раз) либо в специфических условиях, когда конфликтный левый поворот требует остановки ТС на ж.-д. переезде или при движении под уклон – съезды с путепроводов и т. п.

Что касается разметки или направляющих островков, то они должны быть единообразны, логичны, видимы и понятны водителю (а не только проектировщику). На рисунке 2.47 показаны схемы аварий, имевших место на нерегулируемых перекрестках с направляющими островками.

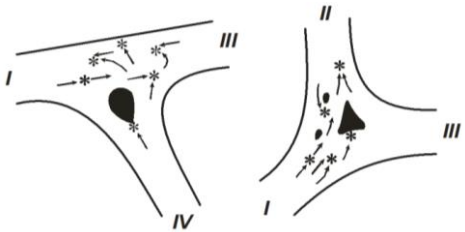


Рисунок 2.47 – Очаги аварийности на Т-образных перекрестках с островками на ПЧ [1]

Пересечения магистральных дорог или улиц со второстепенными местными дорогами или улицами характеризуются явным преобладанием интенсивности и скорости движения по главной дороге. Поскольку видимость и различимость главной дороги здесь всегда обеспечена, а приоритет ни у кого не вызывает сомнения, то аварийность зависит в основном от скорости движения на главной дороге и от условий видимости для второстепенного участника. Видимость второстепенной дороги играет, как представляется, меньшую роль, поскольку главный конфликтующий участник начинает взаимодействовать со второстепенным конфликтующим участником только тогда, когда тот

уже находится непосредственно на полотне главной дороги, а в остальное время он его практически не интересует.

Второстепенный конфликтующий участник должен хорошо видеть и различать главного конфликтующего участника, приближающегося с обоих направлений, определять его скорость, определять и сопоставлять время его прибытия в конфликтующую точку (критический интервал). Ясно, что, чем хуже видимость, тем больше ошибок допускает второстепенный конфликтующий участник, и чем больше суммарная интенсивность конфликтующих участников, тем больше вероятность аварии. В работе [12] приведена зависимость аварийности от соотношения интенсивности движения конфликтующих потоков (рисунок 2.48). Разумеется, здесь имеет значение и угол пересечения, и направляющие островки, однако, влияние их не столь значительно.

Следует отметить относительно высокий уровень аварийности на магистральных дорогах в местах въезда с полевых и лесных дорог. При ничтожно малой интенсивности на этих въездах довольно часто бывают аварии, связанные с выездом на магистраль автомобиля или трактора. Основной причиной аварийности считают неправильное расположение въездов, особенно «диких», – в местах недостаточной видимости, в местах перехода из выемок в насыпи, на вогнутых кривых, на затяжных спусках и т. д.; неправильное высотное решение, при котором из-за крутого подъема въезд на магистраль возможен только с хода; высокую скорость главного потока, недисциплинированность второстепенных конфликтующих участников. На рисунке 2.49 показана зависимость аварийности в местах въезда от интенсивности движения по главной дороге.

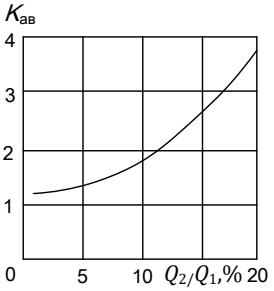


Рисунок 2.48 – Зависимость аварийности от соотношения ИД пересекающихся загородных дорог

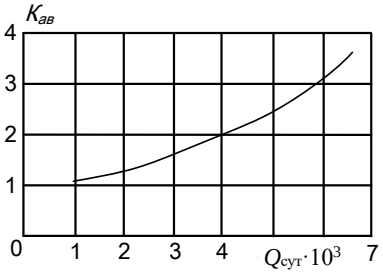


Рисунок 2.49 – Зависимость аварийности от ИД по магистральной дороге на въездах с полевых и лесных дорог

Кольцевые перекрестки (развязки). Нерегулируемые (саморегулируемые) кольцевые перекрестки делятся на три разновидности:

– с центральным островком большого диаметра;

– центральным островком малого и среднего диаметра;

– разрезным центральным островком.

На кольцевых развязках с большим диаметром центрального островка аварийность сосредоточена преимущественно на входах (рисунок 2.50).

В этом случае кольцевую развязку можно рассматривать как несколько Т-образных примыканий. При этом, если принято регулирование «кольцо главное», то имеют место очаги 1, 2 и 3. Очаг 1 – это столкновения с ударом сзади, вызванные резким торможением въезжающего участника из-за отказа в последний момент от принятия интервала в главном потоке. Очаг 2 – это столкновения из-за принятия второстепенным конфликтующим участником неприемлемо малого интервала в главном потоке. Очаг 3 – это в основном аварии, связанные с наездом на неподвижное препятствие (опоры линии электроосвещения или контактной сети, а также высокий бортовой камень) или с опрокидыванием из-за резкого поворота руля в последний момент перед наездом на препятствие. Причиной обоих видов аварий является превышение скорости, недостаточная видимость или невнимательность участников.

Если принято регулирование по типу «отсутствие помехи справа», то очаг 2 практически остается неизменным (изменяется только приоритет участников), очаг 3 усиливается, а очаг 1 переносится на кольцо (очаг 1а), поскольку участники, движущиеся по кольцу, становятся второстепенными. Имеет место также определенное количество попутных столкновений и с ударом сзади на самом кольце при выполнении маневра переплетения.

На кольцевых развязках с центральным островком малого и среднего диаметра маневр переплетения практически отсутствует – он заменяется маневром попутного пересечения. Поэтому очаги аварийности 3 и 4 сохраняются (рисунок 2.51), а очаги 1 и 2 несколько усиливаются, особенно, если учесть, что такие кольцевые развязки устраиваются чаще всего в городе, где интенсивность движения довольно высокая.

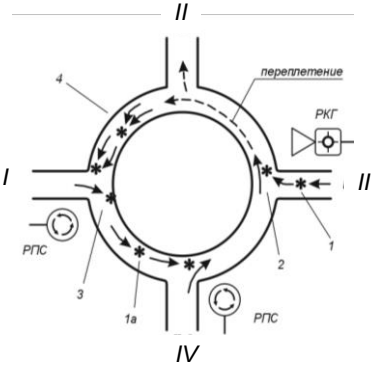


Рисунок 2.50 – Очаги аварийности на кольцевой развязке с центральным островком большого диаметра:
1–4 – очаги аварийности; РКГ – регулирование по типу «кольцо главное»;
РПС – регулирование по типу «помеха справа»

При регулировании типа «кольцо главное» появляется очаг аварийности на выходе (5), который связан с тем, что главный конфликтующий участник съезжает с крайней левой полосы кольца на крайнюю правую полосу выхода – в этом случае его траектория приближается к прямой, а скорость наивысшая. Используя несовершенство Правил и набранную скорость, главный конфликтующий участник игнорирует интересы правоповоротных участников, заставляя их останавливаться (при наличии свободных полос на выходе!), создавая таким образом нелогичную ситуацию и очаг аварийности. Установлено, что чем больше радиус поворота на выходе, тем меньше аварийность в очаге 5.

На кольцевых развязках с малым и средним диаметром центрального островка особое значение приобретает взаимная видимость участников движения на входе, своевременность и четкость подачи сигналов поворота водителями главного потока. Это позволяет второстепенному конфликтующему участнику на 1–2 с раньше распознавать намерения главного конфликтующего участника, что существенно улучшает условия въезда на кольцо и снижает аварийность (а также экономические и экологические потери).

Центральный островок на кольцевой развязке разрезается, как правило, вдоль главной, более нагруженной дороги. Такое решение улучшает экономические показатели кольцевой развязки, но существенно увеличивает аварийность, причем, как правило, с тяжелыми последствиями. Объясняется это тем, что вместо одной кольцевой развязки фактически возникают два стандартных перекрестка, при этом второстепенный поток одновременно движется с 2 или даже 3 полос, закрывая друг другу видимость.

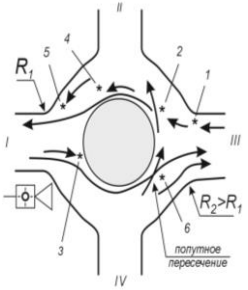


Рисунок 2.51 – Схема движения и очаги аварийности на кольцевой развязке с центральным островком малого и среднего диаметра:
1–5 – очаги аварийности (показано регулирование по типу «кольцо главное»)

Новые очаги аварийности располагаются на выходах из разрезного островка (рисунок 2.52).

Как представляется, такая конструкция кольцевой развязки требует обязательного и существенного снижения скорости главного потока и является малоприемлемой. При выходе из строя светофорного регулирования ситуация становится настолько опасной, что инспекторы часто вынуждены временно закрыть разрез в центральном островке, организуя движение главных потоков по

кольцу. Известны конструкции разрезного центрального островка (например, рисунок 2.53), где по направлениям разделяется главный поток, и его пересечение второстепенным потоком осуществляется поэтапно.

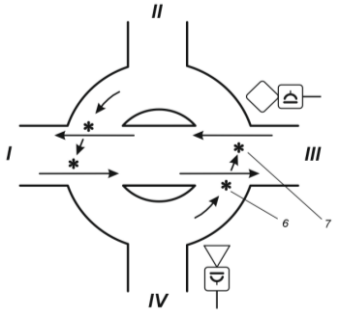


Рисунок 2.52 – Новые очаги аварийности при разрезании центрального островка по направлению главной дороги:
6 и *7* – очаги аварийности, которых нет при неразрезном центральном островке

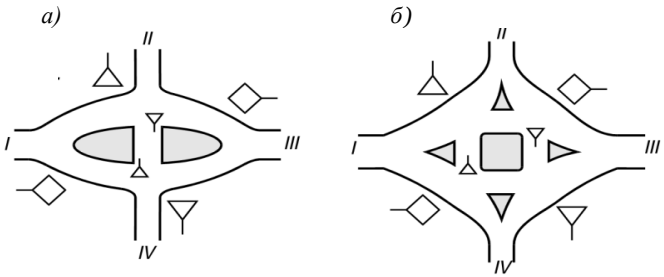


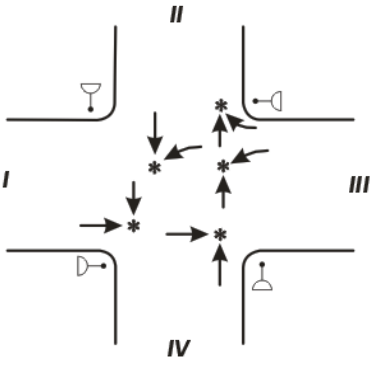
Рисунок 2.53 – Конструкции перекрестков с разделением главного потока по направлениям:
а – второстепенный поток не разделяется; *б* – второстепенный поток разделяется

Регулируемые перекрестки. Эти перекрестки работают в двух режимах – нерегулируемом и регулируемом.

Нерегулируемый режим имеет место в вечерние, ночные и утренние часы, когда интенсивность движения падает ниже определенных пределов, требующих регулирования. В этом случае перекресток принципиально не отличается от рассмотренных выше нерегулируемых перекрестков. Если же светофорное регулирование отказывает в светлое время суток, то со второстепенных направлений образуются очереди автомобилей. Это оказывает известное психологическое воздействие на водителей, и процесс пересечения происходит нервозно, с принятием водителями повышенного риска, конфликтно и, следовательно, резко возрастает вероятность возникновения аварий. Нередко водители второстепенного направления явочным порядком захватывают приоритет и движутся сплошным потоком, заставляя стоять транспорт главного потока. И так до тех пор, пока не

закончится очередь или у кого-либо из водителей не сдадут нервы. Разумеется, в это время поблизости почти никогда не бывает инспектора.

В регулируемом режиме различают два вида конфликта – межфазный и внутрифазный. Межфазный конфликт имеет место при смене сигналов светофора и определяется продолжительностью переходного периода – ТПР. Величина переходного периода индивидуальна для каждой конфликтной точки. Если она больше оптимальных значений, то это приводит к значительным экономическим и экологическим потерям, к увеличению загрузки отдельных направлений, к неподчинению сигналам светофора и общему росту аварийности на перекрестке. Если же переходной период явно недостаточен, то имеет место повышенная аварийность, вызванная конфликтом автомобилей, движущихся в разных фазах (рисунок 2.54).



Внутрифазный конфликт – это, прежде всего, поворотные столкновения при конфликтном левом повороте. Значительно реже встречаются столкновения лево- и правоповоротных автомобилей, а также правоповоротных и разворотных транспортных средств (рисунок 2.55). Основной причиной является недостаточная видимость при левом повороте (рисунок 2.56), нечеткость правил (например, левый поворот при наличии разделительной полосы, конфликтный разворот – правый поворот) и высокая загрузка, обуславливающая принятие водителями повышенного риска.

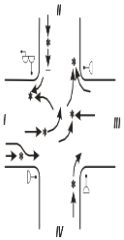


Рисунок 2.55 – Внутрифазные конфликты Т – Т

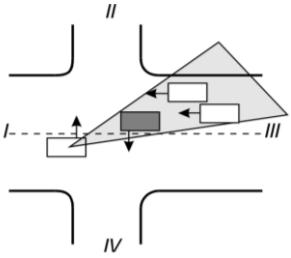


Рисунок 2.56 – Ухудшение видимости при левом повороте (левоповоротный автомобиль «34» закрыл левоповоротному автомобилю «12» значительную зону (заштриховано), в которой находятся два транзитных автомобиля «31»)

Особое место занимают столкновения с ударом сзади, возникающие и при межфазном, и при внутрифазном конфликте. При межфазном конфликте эти столкновения происходят из-за резкого торможения переднего автомобиля, принявшего в последний момент решение остановиться при смене сигналов светофора. Решающую роль здесь играет видимость сигналов светофора и своевременное предупреждение водителей о предстоящей смене сигнала. Поэтому очень важна видимость сигнала с любой точки проезжей части и четкое мигание стандартной продолжительности (3 мигания) в конце его горения.

При внутрифазном конфликте столкновения с ударом сзади имеют место тогда, когда с одной полосы осуществляется одновременно прямое и поворотное конфликтное движение. Если поворотный транспорт в последний момент отказывается от поворота и резко тормозит, то это вызывает либо столкновение с ударом сзади, либо попутные столкновения, когда идущий сзади автомобиль, избегая столкновения, неожиданно выезжает на соседнюю полосу. Радикальным средством является выделение отдельной полосы для конфликтного поворота. Очень важна своевременная – приблизительно за 5–6 с до прибытия в конфликтную точку – подача сигнала поворота водителем переднего автомобиля, что требует высокой культуры движения, которая, к сожалению, относится к разряду дефицита.

В целом аварийность на регулируемых перекрестках в значительной мере зависит от следующих, частично уже упомянутых факторов:

– видимость сигналов светофора с любой точки проезжей части, как минимум за 6 с до прибытия к стоп-линии;

– видимость главного конфликтующего участника, особенно при левоповоротном конфликтном движении;

– своевременное предупреждение о смене зеленого сигнала путем мигания стандартной продолжительности;

– оптимальное значение переходного периода для каждой конфликтной точки;

– приемлемая загрузка полосы, особенно для главных направлений, – $x \leq 0{,}6$;

– наличие отдельной полосы для поворотного конфликтного движения;

– наличие достаточного места для ожидания поворотному транспорту с целью пропуска пешеходных потоков (рисунок 2.57);

– логичность управляющих воздействий. На рисунке 2.58 показана аварийность на одном из перекрестков г. Минска, когда промежуточная стоп-линия расположена в несколько неожиданном для водителей месте, к тому же переходной период был на 1 с меньше оптимального значения. Весьма нелогичным является остановка мощной координированной пачки автомобилей на каком-либо перекрестке – в этом случае количество нарушений (прорыв на запрещающий сигнал) и столкновений с ударом сзади резко увеличивается;

– конфликт между поворотным транспортом и идущим сзади трамваем следует отметить особо. Такие аварии происходят с удручающей

регулярностью и по самой примитивной причине – водители поворотного транспорта забывают о трамвае, не видят его. Поглощенные оценкой дорожной ситуации впереди своего автомобиля и увидевшие, например, приемлемый интервал (при повороте налево) во встречном главном конфликтующем потоке, они напрочь забывают об еще одном главном конфликтующем участнике – трамвае. Здесь имеет место типичная ситуация – поворотный второстепенный конфликтующий участник имеет два главных конфликтующих участника: традиционный, привычный главный встречный транспортный поток и относительно редкий, подкрадывающийся сзади, трамвай. Звуковые сигналы (звонки) трамвая малоэффективны;

– скользкость на подходах к регулируемому перекрестку, которая опасна тем, что в этих местах обязательно происходит частое торможение. Любая незначительная ошибка в режиме торможения приводит либо к столкновению с ударом сзади, либо к попутному столкновению. В той же мере это относится и к спуску перед стоп-линией. Особенно опасно, когда спуск малозаметный, порядка 2 %, – в этом случае он уже существенно увеличивает тормозной путь, хотя многие водители его еще не принимают во внимание;

– различного рода неровности проезжей части – выбоины, люки, решетки, посторонние предметы и т. д. – опасны тем, что не только заставляют водителя дополнительно маневрировать на перекрестке, но и отвлекают его внимание от наблюдения за ситуацией, которая постоянно меняется. Потеря водителем контроля за ситуацией в течение 1–2 секунд нередко оборачивается необходимостью экстренных действий и возникновением конфликтных ситуаций.

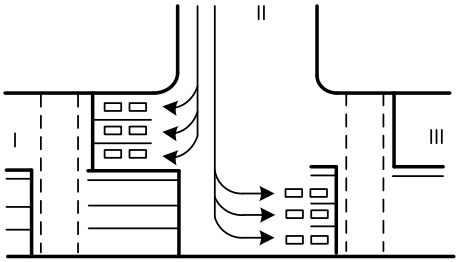


Рисунок 2.57 – Места ожидания поворотного транспорта перед пешеходным переходом

Пересечения в разных уровнях. Одним из важнейших условий безопасности должна быть четкая и своевременная информация о направлениях движения на перекрестке. Дело в том, что водители плохо ориентируются на сложных перекрестках, поэтому возможны не только резкие торможения и неожиданные повороты с полосы прямого движения, но и выезд на полосу встречного движения. Информация должна быть понятной и дублироваться желательно дважды – один раз должна дублироваться общая схема на подходе к перекрестку, а другой раз – на каждом съезде и въезде.

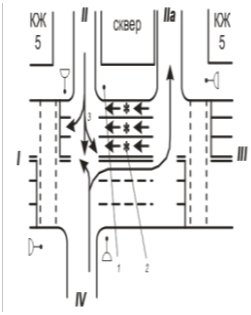


Рисунок 2.58 – Столкновение с ударом сзади
из-за неудачного расположения стоп-линии на одном из перекрестков г. Минска:
1 – место установки знака 5.33 «Стоп-линия»; *2* – места столкновений с ударом сзади
(до 30 в год); *3* – разрешенные направления движения с пересекаемой улицы

Не менее важно создание нормальных условий для маневров отклонения и слияния. Необходимо учитывать, что эти маневры, особенно, на загородных дорогах, выполняются в условиях высокой скорости главного потока. Поэтому должны быть предусмотрены полосы разгона и особенно полосы замедления достаточной длины. На рисунке 2.59 показаны места концентрации аварий на левоповоротном съезде пересечения типа «клеверный лист», не имеющем переходно-скоростных полос. На рисунке 2.60 показана зависимость аварийности от длины полосы замедления и разгона. Видно, что желательная длина этих полос находится в пределах 300–350 м и она не должна быть меньше 250 м.

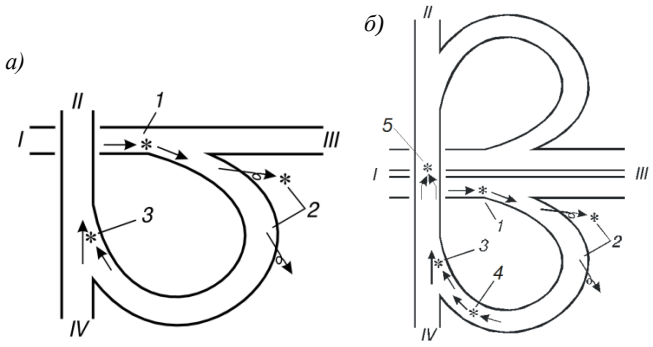


Рисунок 2.59 – Очаги аварийности на левоповоротных съездах пересечений типа «клеверный лист»: *а* – не имеющих переходно-скоростных полос (по А. Шевякову) [12]:
1 – попутные столкновения; *2* – опрокидывания; *3* – столкновения при въезде; *б* – при совмещении полос разгона и торможения (по пр. Независимости в г. Минске): *1* – столкновения с ударом сзади; *2* – опрокидывания; *3* – столкновения при въезде; *4* – столкновения с ударом сзади;
5 – маневровые столкновения

Особо опасным является участок главной дороги, непосредственно примыкающий к левоповоротному съезду с нее и левоповоротному въезду на нее – участок переплетения. Считается, что протяженность участков переплетения не должна быть менее 240 м [1]. На рисунке 2.61 показана зависимость аварийности от длины участка переплетения.

В целом необходимо помнить, что на пересечениях в разных уровнях главные потоки движутся на высоких скоростях. И маневрирующие участники тоже только что двигались (возможно, довольно долго) на высокой скорости, еще не успели адаптироваться к изменившимся условиям и продолжают по инерции двигаться чуть быстрее, чем это требуется, во всяком случае, в начальный период маневра (см. очаги 1 и 2 на рисунке 2.59).

Что касается различного рода неполных, сжатых или комбинированных (включая светофорное регулирование или знаки 2.5) перекрестков, то на них требуется еще более глубокая перенастройка водителей, а их адаптация к сложному маневрированию происходит весьма болезненно и не без ошибок. Поэтому аварийность на таких перекрестках, как правило, существенно выше, чем на полных, стандартных.

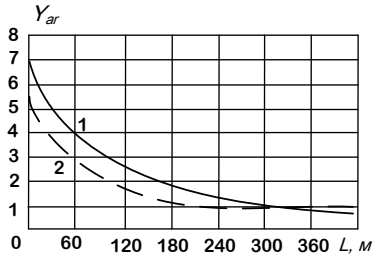


Рисунок 2.60 – Зависимость аварийности от длины полосы разгона и полосы замедления [13]:
1 – полоса разгона; *2* – полоса замедления

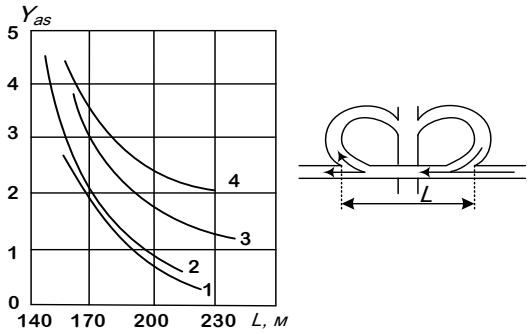


Рисунок 2.61 – Зависимость аварийности от длины участка переплетения на ПК типа «Клеверный лист» (при значениях $Q_{сут}$ *1* – 10–20; *2* – 20–30; *3* – 30–40; *4* – свыше 40)

Железнодорожные переезды. На ж.-д. переездах происходит менее 1 % всех аварий. При этом около четверти из них происходят без участия поезда и вызываются резким ухудшением условий движения по сравнению с прилегающими участками улично-дорожной сети (УДС). В то же время столкновения автомобилей с поездами отличаются особо тяжелыми последствиями, что объясняется несоизмеримостью масс обоих участников. Как представляется, аварийность на ж/д переездах зависит от 4 основных факторов:

– интенсивности движения дорожного транспорта и поездов;

– условий видимости;

– ровности проезжей части;

– мотивации водителей.

На рисунке 2.62 показана зависимость аварийности от интенсивности движения транспорта и поездов. Видно, что с ростом интенсивности движения аварийность увеличивается.

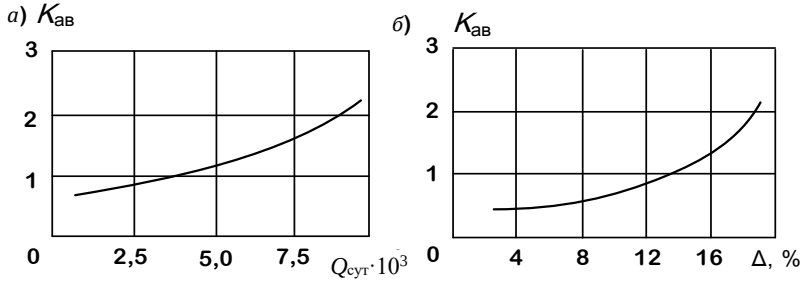
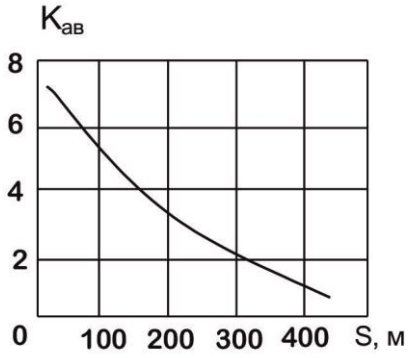


Рисунок 2.62 – Зависимость аварийности от ИД на ж.-д. переездах [13]:
а – ИД на автомобильной дороге; *б* – ИД на железной дороге;
Δ – отношение ИД поездов и ИД автомобилей

На рисунке 2.63 показана зависимость аварийности от расстояния видимости на переезде. Видно, что с увеличением расстояния аварийность снижается. Заметим, что нормативное расстояние видимости 400 м не соблюдается почти в каждом третьем случае. Представляется, что расстояние видимости на переезде является основной причиной аварий, поскольку при недостаточной видимости поезд становится пассивным участником конфликта. Это плохо еще и потому, что машинисты поездов являются более дисциплинированными и организованными, чем многие водители. Если бы машинист имел возможность видеть переезд на расстоянии тормозного пути, то многие аварии удавалось бы предотвратить.

Казалось бы, поскольку переезд является очень опасным местом, то проезжая часть на нем должна быть в идеальном состоянии. В противном случае водителю автомобиля необходимо двигаться очень медленно и неравномерно, работать сцеплением, газом, тормозами, коробкой передач; машину трясет, подбрасывает, качает – иными словами, специально создаются все

условия для того, чтобы двигатель заглох или поломалось что-либо в ходовой части, т. е. чтобы автомобиль остановился на рельсах, создавая реальную угрозу аварии. Существующие нормативы по ровности составлены настолько лукаво, что трудно согласиться с тем, что здесь нет умысла. В той же мере это относится и к подходам к переезду – разбитая проезжая часть, крутые подъемы, наносы грязи и т. д. Объясняется все это чрезвычайно просто – организация движения на переездах возложена на железнодорожников, которые недостаточно заинтересованы в снижении аварийности и не отвечают за нее.



аварийно-
мости

Значительная доля аварий на переездах происходит из-за того, что водители игнорируют требования запрещающих сигналов и знаков. Световая и звуковая сигнализация и шлагбаумы работают так, что чем меньше опасность, т. е. меньше скорость приближающегося поезда, тем раньше закрывается переезд. Нередки случаи, когда переезд закрывается за 5–10 мин до прибытия тихоходного поезда. Установка, особенно на ведомственных переездах, знака 2.5 «Проезд без остановки запрещен» приводит к тому, что в течение суток несколько тысяч автомобилей вынуждены бессмысленно останавливаться, заведомо зная, что никакого поезда здесь нет. А когда, все-таки, поезд бывает, то останавливается он сам и машинист вручную включает сигнализацию. Доведенное до абсурда регулирование движения и издевательское отношение к водителям вызывает естественную ответную реакцию – игнорирование требований сигналов регулирования, что недопустимо и приводит к тяжелым последствиям.

Может быть, решение следует искать во внедрении двухступенчатой системы предупреждения о приближении поезда:

– первая ступень включается по времени, как и сейчас, – комбинация ЖМС + КС (желтый мигающий сигнал + красный сигнал), т. е. можно очень осторожно двигаться (длительное включение – на 5–10 мин – исключается принципиально);

– вторая ступень срабатывает от датчика скорости и включается так, чтобы обеспечить возможность остановки поезда перед переездом, но не ранее теперешних 44 с. При этом включается 2КМС (двойной красный мигающий сигнал) и опускается шлагбаум.

В любом случае проблема может быть решена только при взаимном уважении и доверии.

Пешеходные переходы. Аварийность на пешеходных переходах, расположенных на перегонах, характеризуется в основном следующими видами аварий: наезд на пешехода (транзитный транспорт, пересекающий пешеход), столкновение с ударом сзади, наезд на неподвижное препятствие, выезд на полосу встречного движения (рисунок 2.64).

Наезды транзитного транспорта на пешехода, пересекающего проезжую часть, – самые тяжелые аварии. В подавляющем большинстве случаев они заканчиваются ранением или гибелью пешехода. Виновниками аварии, в основном, выступают сами пешеходы – около 2/3 всех случаев. Основные причины – неожиданный выход на проезжую часть, неподчинение сигналам светофора, переход в неустановленном месте (не на самом переходе, а на некотором удалении от него). Виновность водителя заключается в основном в превышении скорости и в неподчинении сигналам светофора.

Необходимо отметить, что наезды на пешехода значительно чаще – почти в три раза – совершаются на начальной стадии перехода, когда пешеход еще не дошел до середины проезжей части. Это объясняется различным уровнем взаимной видимости участников конфликта в начальной и завершающей стадиях перехода. Ясно, что в начальной стадии водитель имеет меньше возможностей исправить ошибку только что появившегося пешехода, особенно при недостаточной боковой видимости. Именно поэтому на таких переходах (и не только на них) боковая видимость играет исключительно важную роль, что, к сожалению, очень часто и игнорируется. Распределение наездов на пешехода на пешеходном переходе показано на рисунке 2.65.

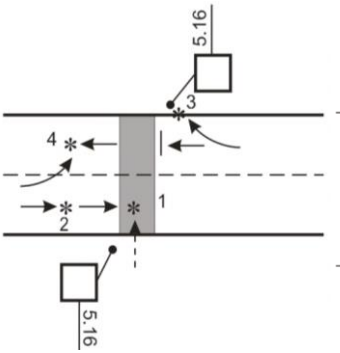


Рисунок 2.64 – Основные виды конфликтов на пешеходном переходе, расположенном на перегоне:
1 – наезд на пешехода;
2 – столкновения с ударом сзади;
3 – наезд на неподвижное препятствие;
4 – выезд на полосу встречного движения

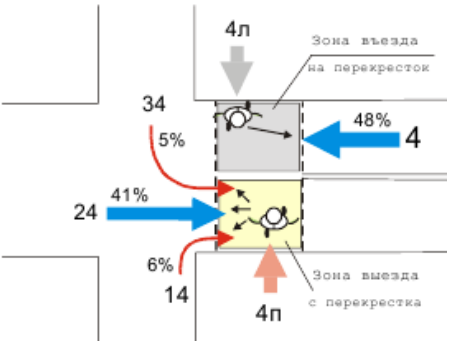


Рисунок 2.65 – Распределение наездов на пешехода на пешеходном переходе, расположенном на четырехстороннем РПК (по данным Е. Кота) (цифры в % обозначают долю аварий)

Столкновение с ударом сзади чаще всего происходит перед переходами и вызвано резким торможением переднего автомобиля, когда пешеход явочным порядком забирает у него приоритет. На регулируемых пешеходных переходах дополнительной причиной этих столкновений является выключение зеленого сигнала светофора. По разным причинам оно бывает неожиданным для некоторых водителей – недостаточная видимость и различимость самого пешеходного перехода; недостаточная видимость светофоров, особенно, при широкой, 6-полосной проезжей части; недостаточная обзорность с ведомых (второго и последующего в пачке) автомобилей, особенно при наличии крупногабаритных транспортных средств в потоке и обычном несоблюдении минимального интервала; попадание водителей в зону дилеммы, когда в начальный момент смены сигнала передний автомобиль с равной вероятностью может либо проехать стоплинию без остановки, либо затормозить (иногда, резко) и остановиться.

На нерегулируемых пешеходных переходах столкновения с ударом сзади составляют в целом незначительную долю аварий, а на регулируемых – весьма значительную, до 40 % от общего количества. Как правило, столкновения с ударом сзади не имеют тяжелых последствий и обходятся без пострадавших.

Наезд на неподвижное препятствие является следствием уклончивых действий водителя, избегающего наезда на пешеходов или столкновения с ударом сзади. Таким препятствием часто становятся опоры линии электроосвещения, стойки светофоров или дорожных знаков. Кроме наезда на неподвижное препятствие при избежании наезда на пешехода или столкновения с ударом сзади возможны боковые столкновения и даже встречные столкновения с тяжелыми последствиями.

Аварийность в зоне остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта (ОП МПТ) в целом аналогична аварийности на пешеходных переходах. Однако имеются дополнительные очаги, связанные с выходом пешеходов на проезжую часть не на пешеходном переходе, а непосредственно на остановочном пункте. Очень часто пешеходы неожиданно выходят из-за стоящего автобуса или же в спешке бегут к отходящему автобусу (троллейбусу), забывая или игнорируя движущийся транспорт. На рисунке 2.66 показана типичная картина аварийности в зоне ОП МПТ.

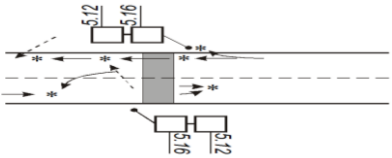


Рисунок 2.66 – Основные виды конфликтов в зоне ОП МПТ

Перегоны улиц. На некоторых участках перегонов магистральных улиц с интенсивным маневрированием, особенно на подходах к конфликтным объектам, имеет место значительная аварийность. Основными видами аварии являются боковые, попутные и столкновения с ударом сзади, а также наезд на пешехода и наезд на неподвижное препятствие, в том числе на запаркованный

автомобиль. На рисунке 2.67 показана реальная аварийность на перегоне (подходе к регулируемому перекрестку) магистральной улицы в г. Минске.

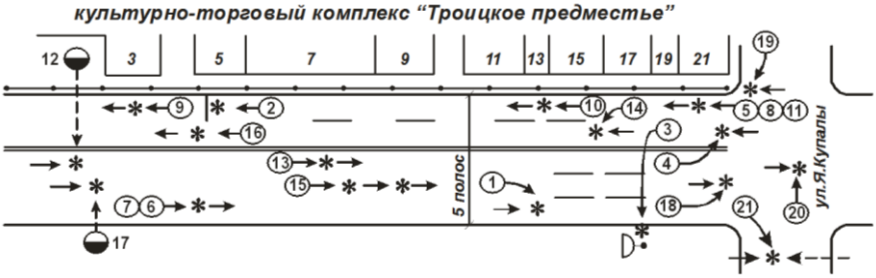


Рисунок 2.67 – Аварийность на перегоне ул. Богдановича в районе пересечения с ул. Я. Купалы в г. Минске в 2008 г.

Очевидно, аварийность на перегонах зависит от нескольких обобщенных факторов, среди которых можно выделить:

– параметры транспортного потока: интенсивность движения, скорость, плотность, состав потока;

– количество потенциальных конфликтных маневров, определяемых транспортной корреспонденцией;

– состояние транспортного потока, характеризуемое в данном случае распределением интервалов и равномерностью скорости;

– условия движения, включающие наличие несанкционированных переходов проезжей части пешеходами, стоящие автомобили, недостаточную видимость, состояние проезжей части и т. д.;

– интенсивность маневров, под которой понимается количество маневров в единицу времени;

– плотность маневров, под которой понимается интенсивность маневров, приходящихся на единицу протяженности (или площади) проезжей части.

3 МЕТОДЫ АНАЛИЗА АВАРИЙНОСТИ

Анализ аварийности является составной частью оценки качества дорожного движения и имеет целью создание информационной основы для разработки мероприятий по снижению аварийности. Результаты анализа используются на разных уровнях в системе дорожного транспорта, среди которых, укрупненно, можно выделить три основные – государственный, ведомственный и местный (названия условные). В зависимости от назначения анализ решает различные задачи.

На государственном уровне, где решаются стратегические задачи, от анализа требуются укрупненные показатели, характеризующие общий уровень аварийности, тяжесть последствий, основные причины, динамику изменения, основные тенденции и т. д. Исходя из этого, в определенной мере корректируются нормативы, финансовая политика в этой сфере, методы и структура управления и т. д. Это же относится и к региональному уровню, имеющему известную самостоятельность, особенно в финансовой сфере и в системе управления.

На ведомственном уровне решаются свои, специфические задачи, характерные для данного ведомства. Скажем, транспортников больше интересуют те стороны аварийности, которые связаны с режимом труда водителей, неисправностью ТС, с повышением квалификации и дисциплины водителей и т. д. Дорожников больше интересуют вопросы, связанные с состоянием дорог и обустройства; медиков – вопросы, связанные с эффективностью оказания медицинской помощи при авариях, включая доврачебную; правоохранительные органы больше интересуют вопросы, связанные с профилактикой правонарушений, и т. д. Иными словами, ведомства больше интересуются теми сторонами аварийности, которые относятся к их профессиональной компетенции, на которые они могут оказывать влияние и за которые они отвечают.

На местном уровне решаются организационно-технические задачи, связанные с аварийностью в данной ограниченной местности, в отдельных очагах или на отдельных предприятиях. Здесь рассматриваются конкретные вопросы, связанные с уровнем аварийности и ее очагами, особенностями и основными причинами, а также разрабатываются посильные мероприятия по снижению аварийности. В данном пособии будет рассматриваться анализ аварийности, предназначенный в основном для местного уровня организации дорожного движения.

В настоящее время проводимый анализ аварийности не соответствует требованиям ни одного из приведенных основных уровней. Он не раскрывает

истинное положение вещей и не способствует совершенствованию дорожного движения.

Представляется, что анализ аварийности должен вестись по каждой аварии, независимо от тяжести последствий или согласия виновных возмещать ущерб. Очевидно, что при любой аварии должен быть заполнен довольно подобный формуляр (протокол), включая схему происшествия, который бы удовлетворил заинтересованные организации и ведомства. Разумеется, при аварии с пострадавшими формуляр (протокол) должен заполнять профессионал с детальным изложением обстоятельств. То же самое относится и к аварии без пострадавших, где участники не пришли к соглашению о виновности или возмещении ущерба. В тех случаях, когда при аварии без пострадавших имеется соответствующее согласие сторон о виновности, может заполняться специальный формуляр для страховой компании, содержащий достаточную информацию для статистики и стандартных исследований. Оформление должно проводиться после специального обучения.

Различают два основных типа анализа – ***статистический*** и ***инженерный***. Статистический анализ имеет целью получение статистической информации об аварийности в стране, регионе, районе, населенном пункте или его структурной части, а также на отдельных объектах, например, на дорогах или предприятиях. Он подразделяется на два вида – *количественный*, характеризующий количественную сторону аварийности, и *причинный* (качественный), характеризующий основные причины аварийности в стране, регионе и т. д. Инженерный анализ имеет целью установление мест и причин аварий, а для отдельной аварии, дополнительно, воссоздание условий возникновения и механизма протекания аварии. Инженерный анализ подразделяется на три вида – *топографический*, предназначенный для выявления очагов аварийности, *очаговый*, предназначенный для установления конкретных причин аварий в конкретных очагах, и *экспертиза отдельной аварии*, предназначенная для воссоздания условий возникновения и процесса протекания отдельной конкретной аварии.

3.1 Статистический анализ

3.1.1 Количественный анализ

Количественный анализ отвечает на следующие основные вопросы: что, где, когда? Детализация вопросов может существенно различаться в зависимости от уровня исследования и решаемых задач. Однако наиболее часто необходимо получить ответы по следующим вопросам:

– общее количество аварий, в том числе с погибшими, ранеными, материальным ущербом;

– пострадавшие (погибло, ранено), в том числе пешеходы, водители, пассажиры, велосипедисты, прочие;

– аварии с участием детей, в том числе до 7 (и до 14) лет, с участием велосипедистов, пассажиров, пешеходов;

– виды аварий, в том числе столкновения, наезды на пешеходов, наезды на велосипедистов; наезды на неподвижное препятствие, опрокидывание и т. д.;

– места совершения аварий, вкоючая значение дороги (международная, республиканская, местная и т. д.);

– элементарный участок (перекресток, перегон, пешеходный переход и т. д.), характеристики и состояние покрытия;

– условия движения: погода, освещение, видимость;

– время: дата, день недели, время суток;

– количество ТС, участвующих в аварии, и их принадлежность, в том числе транзитный (не местный) транспорт;

– динамика аварийности, как правило, сравнение с предыдущим годом или несколькими годами подряд. Сравнение по меньшим периодам – полугодие, квартал, месяц – всегда неправомерно из-за малого объема статистической выборки. Такие сравнения допустимы лишь для очень крупных выборок, например, для общегосударственных, когда сопоставляются, по крайней мере, выборки объемом не менее 30. При меньших выборках элемент случайности настолько значителен, что говорить о каких-то закономерностях, тенденциях и динамике просто не корректно;

– экономический ущерб, в том числе от аварий со смертельным исходом, ранениями и материальным ущербом;

– другие показатели, связанные с количественной стороной аварийности – типы ТС, темное и светлое время суток, возраст и профессия пострадавших и т. д.

В таблице 3.1 даны общие показатели аварийности за 2011–2012 гг., а в таблице 3.2 приведены некоторые данные по количественному анализу в г. Минске. Видно, что исключение из анализа неотчетных аварий, составляющих около 98 % от общего количества, дает неполное представление и искажает картину аварийности в городе.

Таблица 3.1 – **Показатели аварийности в г. Минске за 2011–2012 гг**.

Показатель	Год	
	2011	2012
Общее количество аварий	37580	37149
В том числе с пострадавшими	987	833
Погибли в авариях	73	72
Ранены в авариях	1121	947
Число аварий без пострадавших	36593	36316
Аварии по вине водителей, всего	33446/784	33397/652
В том числе по вине нетрезвых водителей	1338/71	1269/54
Аварии по вине пешеходов	1503/166	1486/161
Аварии с участием иногородних ТС	3608	3562
Число аварий на 10000 жителей, всего	19,84	19,54

Окончание таблицы 3.1

Показатель	Год	
	2011	2012
В том числе с пострадавшими	0,52	0,44
Суммарные социально-экономические потери (с учетом $K_{ca} \approx 10$) в ценах 2013 г., млн дол. США	71,8	70,5
Примечание – Официальная статистика и анализ ведется только по авариям с пострадавшими, однако сотрудники ГАИ г. Минска по своей инициативе ведут статистику и по авариям без пострадавших. Через косую черту указано число аварий с пострадавшими		

В таблице 3.3 приведено распределение аварий с пострадавшими по видам в Республике Беларусь в 2006 г., а на рисунке 3.1 – распределение аварий с участием детей в 1998–2006 гг.

Таблица 3.2 – **Распределение аварийности в г. Минске в 1991 г.**

Вид аварии	Всего		С пострадавшими		
	Количество	%	Количество	%	$\frac{n_{\text{а пострад}}}{n_{\text{а всего}}}$, %
Столкновения	4065	76,2	180	21,6	4,4
В том числе: попутные	1745	42,9	41	22,8	2,3
встречные	293	7,2	39	21,7	13,3
боковые, поворотные	729	17,9	61	33,8	8,4
маневровые	1298	32,0	39	21,7	3,0
Наезд на препятствие	271	5,1	33	4,0	12,2
Опрокидывание	36	0,7	12	1,4	33,3
Наезд на пешехода	659	12,4	597	71,7	90,6
Прочие виды	301	5,6	11	1,3	3,7
Итого	5332	100	833	100	15,6

Таблица 3.3 – **Распределение аварий с пострадавшими по видам и категориям в Республике Беларусь (2006 г.)**

Вид и категория аварии	Аварии		Погибшие		Раненые	
	общее количество	%	число	%	число	%
Столкновение ТС, всего	2754	33,2	585	33,9	3441	39,0
В том числе: лобовое	611	7,4	263	15,2	965	10,9
на пересечении или повороте	761	9,2	69	4,0	1038	11,8
с ударом сзади	211	2,5	19	1,1	270	3,1
со стоящим ТС	128	1,5	18	1,0	166	1,9
попутное	314	3,8	24	1,4	407	4,6

Окончание таблицы 3.3

Вид и категория аварии	Аварии		Погибшие		Раненые	
	общее количество	%	число	%	число	%
Наезд на велосипедиста	655	7,9	172	10,0	514	5,8
Наезд на гужевой транспорт	65	0,8	14	0,8	70	0,8
Столкновение с ж/д составом	9	0,1	6	0,3	11	0,1
Одиночное ТС, наезд на пешехода	3513	42,4	749	43,4	2945	33,3
Одиночное ТС, наезд на животное	26	0,3	6	0,3	32	0,4
Одиночное ТС, наезд на препятствие	794	9,6	174	10,1	976	11,1
Одиночное ТС, опрокидывание	1058	12,8	208	12,1	1295	14,7
Прочие	138	1,7	4	0,2	143	1,6
Всего	8283	100,0	1726	100,0	8832	100,0

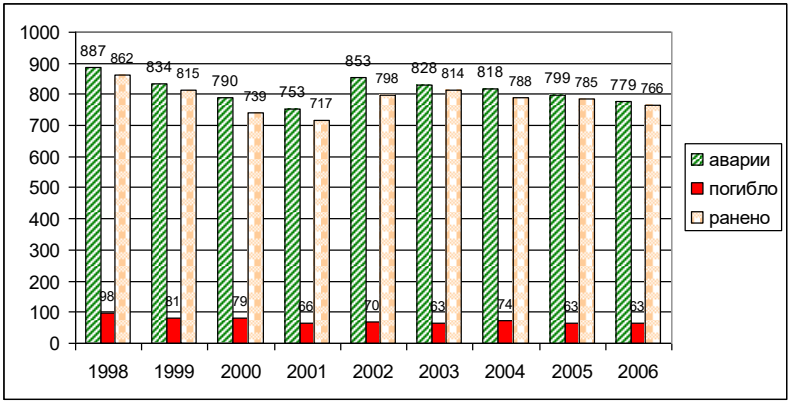


Рисунок 3.1 – Распределение аварий с детьми в Республике Беларусь за 1998–2006 гг.

В таблице 3.4 приведено распределение аварий по видам и месту совершения в США за 1972 г. Легко заметить, что американская и белорусская классификация аварий по видам существенно различаются.

Таблица 3.4 – **Распределение аварий по видам и месту совершения в США, 1972 г.**

В процентах

Аварии	Со смертельным исходом			Остальные		
	Всего	Город	За городом	Всего	Город	За городом
С участием пешеходов	21,6	39,9	11,8	2,6	3,0	1,1
На перекрестках	5,8	15,1	0,9	1,0	1,1	0,1
Вне перекрестков	15,8	24,8	10,9	1,6	1,9	1,0

Окончание таблицы 3.4

Аварии	Со смертельным исходом			Остальные		
	Всего	Город	За городом	Всего	Город	За городом
Для двух автомобилей	38,7	32,2	42,1	76,8	85,2	55,6
На перекрестках	14,9	18,1	13,2	31,7	36,5	19,8
Вне перекрестков	23,8	14,1	28,9	45,1	48,7	35,8
Прочие столкновения	13,0	13,8	12,6	6,2	5,7	7,8
На перекрестках	1,6	3,6	0,7	1,5	1,7	1,2
Вне перекрестков	11,4	10,2	11,9	4,7	4,0	6,6
Другие виды аварий	26,7	14,1	33,5	14,4	6,1	35,5
Съезд с дороги	24,3	12,1	31,0	11,9	4,9	29,4
Опрокидывание на дороге	1,1	0,8	1,2	0,6	0,4	1,3
Падение пассажира	0,7	0,8	0,6	0,1	0,1	0,1
Прочие	0,6	0,4	0,7	1,8	0,7	4,7
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

На рисунке 3.2 показана динамика аварийности в США за 90 лет – с 1925 по 2015 гг.

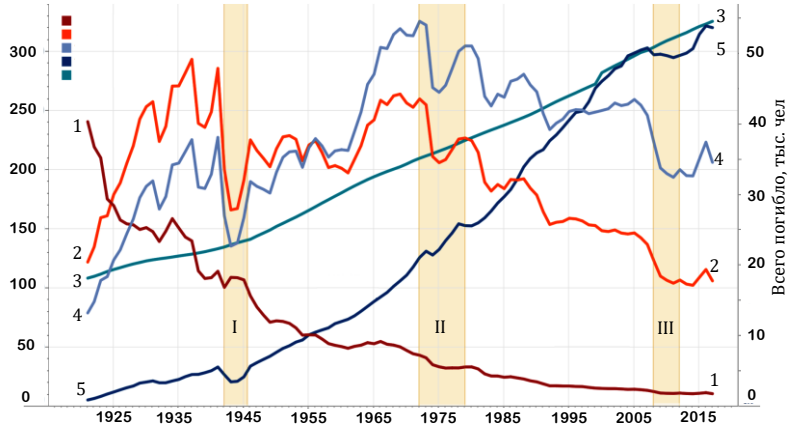


Рисунок 3.2 – Динамика показателей аварийности в США за 90 лет:
1 – число погибших в результате ДТП на миллиард пройденных миль (VMT), *2* – число погибших в результате ДТП на миллион человек, *3* – население в миллионах человек, *4* – общее количество ежегодных смертей, *5* – число погибших в результате ДТП на 10 млрд пройденных автомобиле-километров;
I – вторая мировая война, II – энергетический кризис, III – период рецессии

3.1.2 Причинный анализ

Причинный анализ отвечает на один основной вопрос: почему, по какой причине происходят аварии? Необходимо отметить, что установление причины аварии само по себе является довольно сложным и неоднозначным делом. Во-первых, потому что каждая авария имеет не одну, а несколько причин (по некоторым данным, в среднем по 2,5 причины на одну аварию), и не все они явные, однозначные. Во-вторых, причины аварии субъективно определяет инспектор или другой человек, составляющий первичные документы. Эти люди, естественно, подвержены личным пристрастиям, имеют свои суждения и взгляды, на которые сильнейшее воздействие оказывают взгляды начальников, господствующие в данный момент тенденции, мода. В результате до сих пор нет полной ясности в распределении причин аварийности. Одни, например, утверждают, что дорожные условия являются причиной около 70 % аварий, другие же убеждены в том, что эта доля примерно в 10 раз меньше. Одно время (конец 70-х – начало 80-х гг. прошлого столетия) утверждалось, что большинство аварий происходят по причине превышения скорости водителем, и это было очень удобно для властей – во всем виноват водитель. Затем, после резкой критики, за один год доля превышения скорости упала с 70 до 15 %. Что-то подобное происходит и сейчас. Например, в случае аварии на пешеходном переходе в подавляющем большинстве случаев виновным признается водитель, хотя это далеко не так, даже с точки зрения сегодняшних несовершенных нормативов. Интересно отметить, что недостатки организации дорожного движения, как причина аварии, практически нигде не фигурируют – это объясняется чрезвычайно просто: и организацией дорожного движения, и тем, что определением причин аварии занимается одно и то же подразделение одного и того же ведомства – ГАИ МВД.

Из сказанного следует, что причины аварий – понятие весьма субъективное, и к ним нужно относиться с осторожностью.

Причины аварий делятся на шесть основных блоков – водители, пешеходы, ТС, дорожные условия, организация дорожного движения, прочие. Самый большой блок причин – «водители». В некоторых формах насчитывается до 25 причин аварий, совершенных по вине водителей. Наиболее часто встречаются нетрезвое состояние, превышение скорости, несоблюдение дистанции, нарушение правил обгона, неправильный проезд перекрестков, неподчинение сигналам светофора и т. д.

Блок «пешеходы» включает до 10 причин, из которых наиболее часто встречаются нетрезвое состояние, переход в неустановленном месте, переход перед близко едущим транспортом, неожиданный выход из-за препятствия и т. д.

Блок «транспортные средства» включает до 20 причин, наиболее частыми из которых являются повреждение тормозных шлангов и других деталей тормозного привода, поломка деталей рулевого привода, разрыв шины (переднего колеса), износ протектора шины и т. д.

Блок «дорожные условия» также включает около 20 причин, наиболее частыми из которых являются скользкое покрытие, неровное покрытие, ограниченная видимость, плохое состояние обочин и т. д.

Блок «организация движения» включает недостатки управления, регулирования, нормативов, контроля, обслуживания. Это один из важнейших блоков причин аварийности, особенно в городах. Однако из-за упомянутых выше обстоятельств этот блок пока, к сожалению, у нас практически не исследуется при анализе аварийности.

Блок «прочие причины» включает вину велосипедистов: нетрезвое состояние, внезапный выезд из ряда, несоблюдение очередности проезда и т. д.; вину возчиков и пассажиров; стихийные бедствия, например, боковой порыв ветра или падение дерева и т. д.

В таблице 3.5 показано распределение аварий с пострадавшими в Республике Беларусь по основным блокам причин.

Таблица 3.5 – **Распределение аварий с пострадавшими по основным блокам причин в Республике Беларусь за 2005 и 2006 гг.**

Блок причин	Аварии				Погибло			
	2005		2006		2005		2006	
	Коли-чество	%	Коли-чество	%	Коли-чество	%	Коли-чество	%
ТС	167	2,0	145	1,7	35	1,9	26	1,4
Дорога	411	5,0	300	3,5	120	6,6	90	4,9
Пешеход	1793	22	1863	21,8	446	24,5	482	26,5
Водитель	5857	71	6247	73	1222	57	1225	67,2

В таблице 3.6 приведены основные причины аварий, совершенных в 1972 г. в США по вине водителей.

Таблица 3.6 – **Распределение аварий по вине водителя в США в 1972 г.**

В процентах

Причина	Всего	В том числе		
		погибших	раненых	без пострадавших
Превышение скорости на дороге	15,2	26,9	19,3	14,6
Превышение скорости на полосе торможения	20,2	13,1	20,3	20,2
Неудачный выезд на дорогу	14,8	9,1	14,5	14,9
Проезд знака «Стоп»	2,6	2,8	2,9	2,6
Просмотр знака	2,7	1,2	2,9	2,7
Выезд на встречную полосу	3,7	12,4	4,3	3,6
Неправильный обгон	2,8	1,9	1,9	3,0
Неправильный поворот	2,8	0,6	1,3	3,0
Несоблюдение дистанции	11,2	1,0	8,4	11,6
Прочие	32,3	22,6	32,3	32,4
Примечание – При расчете графы «Всего» принято соотношение аварий: смертельный исход – 1 – ранения – 35, материальный ущерб – 28.				

3.2 Инженерный анализ

3.2.1 Топографический анализ

Топографический анализ отвечает на вопрос о том, где (на местности) происходят аварии, и заключается в привязке мест их совершения на карте или схеме исследуемой территории.

На рисунке 3.3 показан упрощенный вариант топографического анализа аварийности в г. Минске за 1991 г. Если в одной аварии было ранено или погибло несколько человек, то используется символ увеличенного размера (или указание цифрой числа пострадавших). В некоторых случаях на одной карте могут быть нанесены (различным цветом) аварии за 2 или даже 3 года.

Рисунок 3.3 – Топографический анализ аварийности в г. Минске в 1991 г. (упрощенный вариант – показано примерно половина из 833 аварий с пострадавшими); кольцевая автодорога административно в 1991 г. не входила в г. Минск: *1, 2, 3* – участки УДС, показанные на рисунках 3.4–3.6

Как видно из рисунка 3.3, наибольшее количество аварий с пострадавшими происходит в центральной деловой части города и на основных магистральных улицах. Примерно такое же распределение имеют аварии без пострадавших. При этом можно отметить, что в центральной деловой части города и в некоторых селитебных районах преобладают наезды на пешехода, а на магистральных улицах – столкновения транспортных средств.

Некоторые авторы рекомендуют на таких графиках разделять аварии по направлениям – туда и обратно. На рисунке 3.3 отчетливо просматриваются два очага аварийности – оба в районе перекрестков и расположенных около них остановочных пунктов автобусов.

Топографический анализ очень наглядно показывает возникновение и перемещение (с течением времени) очагов аварийности на исследуемой УДС. Как правило, эти очаги аварийности располагаются в районе перекрестков, пешеходных переходов, остановочных пунктах маршрутного пассажирского транспорта, в местах скопления пешеходов или запаркованных автомобилей и в других подобных местах.

3.2.2 Очаговый анализ

Очаговый анализ заключается во всестороннем исследовании очага аварийности с целью установления конкретных причин конкретных, как правило, повторяющихся (типовых) аварий.

Очаг аварийности – место концентрации не менее трех аварий в год. Очаги аварийности подразделяют на два типа – городские и загородные.

К *загородным* очагам аварийности относят опасные линейные участки дороги (как правило, до 300 м – повороты, уклоны и их комбинации, мосты, сужения дорог и т. д.), а также конфликтные объекты, расположенные на загородных дорогах. На них аварии в равной мере могут быть следствием неудовлетворительных дорожных условий или конфликтного маневрирования. Отличительной особенностью этих очагов являются относительно невысокая интенсивность и высокая скорость движения.

К *городским* очагам аварийности относят зоны конфликтных объектов – перекрестков, пешеходных переходов, остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта и др., – в которых аварии, как правило, являются следствием конфликтного маневрирования. Отличительной особенностью этих очагов являются относительно невысокая скорость и большая интенсивность движения.

Существуют также очаги аварийности в *небольших населенных пунктах*, через которые транзитом проходят загородные дороги. Этим очагам в определенной мере присущи признаки и городских, и загородных очагов. Однако, поскольку основным источником аварийности являются загородные дороги, то эти очаги условно относят к типу загородных. В пособии в основном рассматриваются городские очаги аварийности.

Очаговый анализ включает несколько этапов: выбор (первоочередного) исследуемого очага, нанесение дислокации аварий на плане объекта, анализ и предварительное установление причин аварий, натурное обследование, заключительное установление причин аварий, предварительный выбор предложений по снижению аварийности.

Первым этапом, как правило, является выбор исследуемого очага. В принципе, он должен быть самым «тяжелым» из наблюдаемых и самым

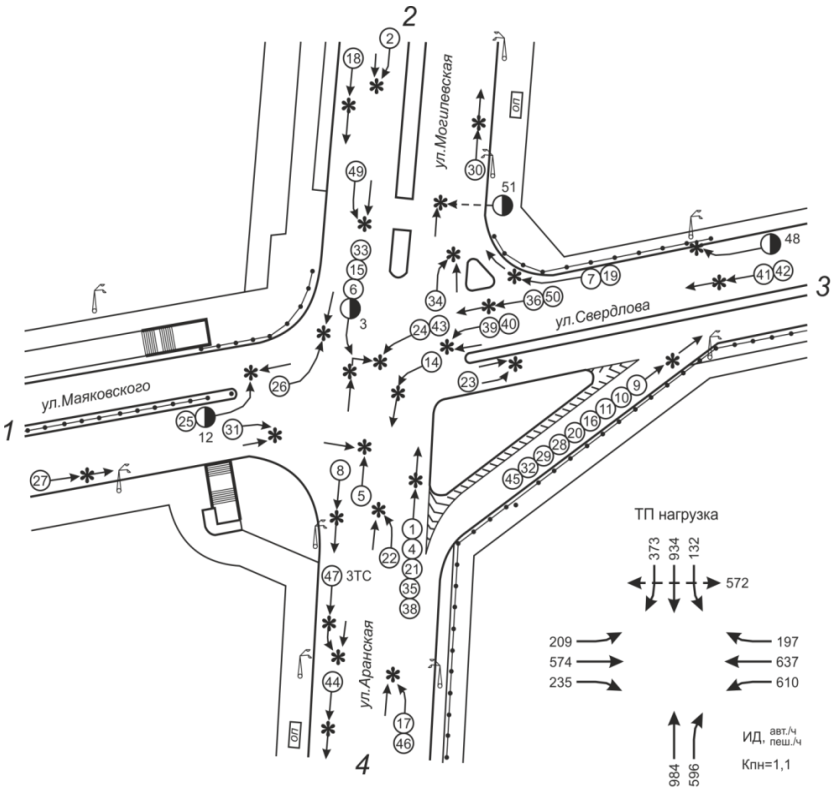
первоочередными по отдаче. Поскольку единой методики определения таких очагов не существует, то выбирают несколько конкурентных очагов и оценивают их с разных сторон: по числу аварий, по приведенному числу аварий, по числу участников, по числу ТС, по (наименьшему) числу причин и т. д. На основании такого анализа выбирают 2–3 очага, которые и признаются первоочередными. Следует отметить, что при самом выборе этих первоочередных очагов аварийности, как правило, всегда не хватает данных, поэтому здесь в значительной мере вынужденно проявляется субъективизм и интуиция.

Дислокацию аварий наносят на масштабный план очага аварийности по возможности с минимальным отклонением от реальной. Звездочкой отмечают ориентировочное место аварии, стрелками – траектории движения конфликтующих участников, при этом сплошной стрелкой – предполагаемую траекторию движения транспортных средств, а пунктирной стрелкой – пешеходов. В конце стрелки, принадлежащей, предположительно, *виновному* участнику, ставится кружок, в котором указывается номер аварии по спецификации, прилагаемой к дислокации аварий. Кружок одновременно указывает и тяжесть последствий аварии: полностью заштрихован (залит) или окрашен в красный цвет – смертельный исход; наполовину заштрихован (залит) или окрашен в синий цвет – ранение; не заштрихован – материальный ущерб. Если в аварии пострадало более одного человека, то кружок делается бóльшего размера и над ним указывается число пострадавших, при этом число погибших выделяется большей по размеру и более жирной цифрой. При повторяющихся однотипных (или типовых) авариях к уже нанесенному кружку сзади по ходу движения добавляется следующий кружок и т. д. (см. рисунки 3.4 и 3.5).

Если в аварии участвовало более двух транспортных средств или более одного пешехода, то над кружком ставятся соответствующие индексы, например, «3ТС» (три транспортных средства) или «2ПШ» (два пешехода). При повторяющихся (однотипных или типовых) авариях к уже нанесенному кружку (с надписями) сзади по ходу движения добавляется следующий кружок и т. д. На план участка тонкими линиями наносится также вся известная ситуационная информация – деревья, опоры освещения, технические средства регулирования, здания, сооружения и т. д. При этом следует стремиться к тому, чтобы дислокация аварий читалась легко и четко.

В спецификации для каждой аварии указываются дата и время ее совершения, тяжесть последствий, а также некоторая другая информация, представляющая интерес для определения причин, например, нетрезвый водитель (НВД), и т. д.

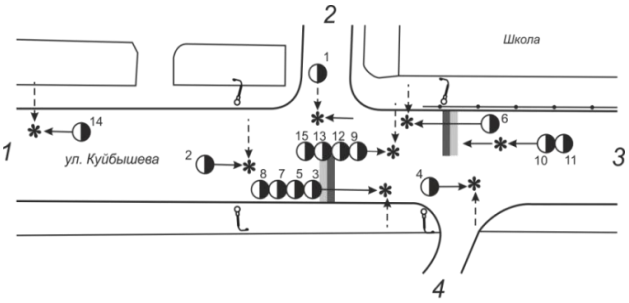
На рисунке 3.4 показана дислокация аварий на сложном перекрестке, на рисунке 3.5 – на перегоне улицы (подход к перекрестку), а на рисунке 3.6 – в зоне остановочного пункта МПТ, расположенного около подземного пешеходного перехода.



Спецификация аварий

N п.п.	Дата	Время суток
1	05.01.2007	17.10
2	21.02.2007	08.45
3	01.02.2007	21.10
4	07.03.2007	22.40
5	03.03.2007	19.00
6	03.03.2007	22.45
7	30.03.2007	17.30
8	11.04.2007	21.15
9	09.04.2007	08.30
10	02.04.2007	15.00
11	21.04.2007	12.45
12	07.06.2007	10.05
13	08.05.2007	16.00
14	28.05.2007	12.45
15	22.05.2007	23.05
16	22.05.2007	08.45
17	12.06.2007	17.50
18	07.06.2007	16.10
19	04.06.2007	12.00
20	27.06.2007	08.00
21	26.06.2007	20.40
22	25.06.2007	19.30
23	23.06.2007	08.00
24	22.06.2007	14.00
25	16.06.2007	12.30
26	15.07.2007	01.00
27	13.07.2007	08.50
28	31.07.2007	14.40
29	26.07.2007	14.50
30	20.07.2007	17.40
31	19.07.2007	17.40
32	18.07.2007	17.30
33	28.08.2007	07.30
34	22.08.2007	08.00
35	18.08.2007	21.35
36	10.09.2007	20.30
37	07.09.2007	11.50
38	19.09.2007	08.40
39	11.10.2007	12.20
40	06.10.2007	15.50
41	05.10.2007	08.30
42	02.10.2007	13.30
43	31.10.2007	17.00
44	26.10.2007	16.20
45	16.10.2007	08.45
46	15.11.2007	11.30
47	05.11.2007	16.35
48	02.12.2007	02.00
49	14.12.2007	17.40
50	12.12.2007	18.28
51	12.12.2007	19.35

Рисунок 3.4 – Очаг аварийности на перекрестке улиц Маяковского – Могилевская – Свердлова – Аранская за 2007 г. (г. Минск)



Спецификация аварий

N	Дата	Время
1	01.12.1999	09.10
2	07.06.2003	21.00
3	17.10.2003	11.00
4	06.02.2004	16.10
5	30.07.2004	16.30
6	13.01.2005	08.10
7	13.04.2005	19.00
8	02.02.2006	12.40
9	04.10.2006	08.25
10	07.03.2007	17.20

N	Дата	Время
11	16.10.2008	17.00
12	22.10.2008	21.30
13	28.05.2009	12.20
14	12.10.2009	13.40
15	23.02.2010	17.50

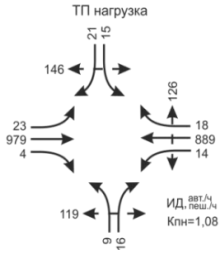


Рисунок 3.5 – Очаг аварийности на искусственной неровности в зоне нерегулируемого пешеходного перехода по ул. Куйбышева, д. 44 (г. Минск)

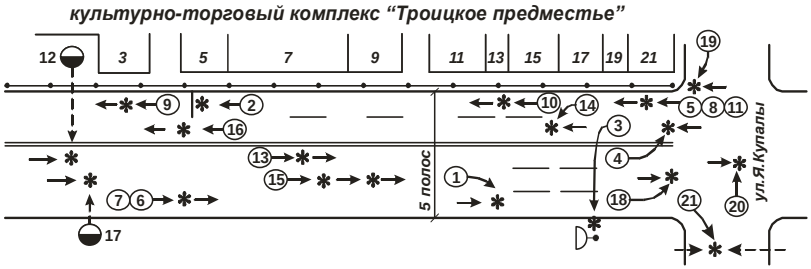


Рисунок 3.6 – Аварийность на перегоне ул. Богдановича в г. Минске в 1990 г.

1 – 20.03, 20:15; *5* – 03.04, 15:40; *9* – 11.08, 21:30; *13* – 03.10, 21:20; *17* – 11.10, 07:05;
2 – 07.03, 12:45; *6* – 12.06, 11:15; *10* – 30.09, 14:30; *14* – 24.10, 13:30; *18* – 27.04, 17:15.
3 – 28.03, 07:50; *7* – 06.07,17: 00; *11* – 12.09, 08:40; *15* – 05.10, 11:30;
4 – 25.04, 16:25; *8* – 19.07, 14:00; *12* – 11.10, 07:20; *16* – 27.12, 16:45;

После детального ознакомления с имеющейся информацией приступают к предварительному установлению причин аварий с использованием перечня типовых причин и сопутствующих обстоятельств, фрагмент которого приведен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – **Основные причины аварий в городских очагах (фрагмент)**

Группа	Режим	Причина	Примечание
Конфликт «транспорт–транспорт», столкновение боковое			
О	Нерегулируемый	Высокая интенсивность движения главных конфликтующих потоков	СТБ 1300
О		Высокая скорость движения главных конфликтующих потоков	–
О		Недостаточная видимость из-за запаркованных перед перекрестком транспортных средств	–
У		Недостаточная боковая обзорность (особенно справа) водителя из-за запотевания стекол, габаритных пассажиров, конструкции автомобиля и т. д.	–
О	Регулируемый	Далеко отнесенные стоп-линии от центра перекрестка	–
С		Неисправность светофоров	–
С		Недостаточный переходной интервал	–
С		Излишний переходной интервал	–
Конфликт «транспорт–транспорт», столкновение левоповоротное			
О	Нерегулируемый	Недостаточное отнесение пешеходного перехода, вследствие чего левоповоротный автомобиль «почти закончив» поворот, вынужден резко остановиться перед переходом	–
Н+О		Несоответствие ПДД реально сложившейся практике при одновременном левом повороте с противоположных направлений при наличии разделительных полос небольших размеров или при отсутствии одной из полос	ПДД
С	Регулируемый	Излишний переходной интервал при включении или выключении зеленого сигнала на дополнительной секции светофора, провоцирующий обоих участников на его использование	–
Конфликт «поворотный транспорт – пешеход»			
О	Нерегулируемый	Большая ширина проезжей части (свыше 4 полос движения в двух направлениях)	–
О		Недостаточное (или отсутствует) освещение	–
Д		Большие (свыше 12 м) радиусы закруглений кромки проезжей части	–
Д+О		Угол поворота менее 90°, позволяющий сохранить высокую скорость движения при повороте	–

Окончание таблицы 3.7

Группа	Режим	Причина	Примечание
Конфликт «транспорт – дорога», наезд на неподвижное препятствие			
О	Нерегулируемый, регулируемый	Наличие недостаточно обозначенных препятствий на проезжей части (островков безопасности, искусственных неровностей и т. п.)	СТБ 1300-2007
Д		Неудовлетворительная ровность дорожного покрытия (наличие колейности, ямочности и т.п.)	СТБ 1291
Д		Отсутствие бортового камня или ограждающих (удерживающих) устройств	–
Д		Скользкая проезжая часть	СТБ 1291
Примечание – Для удобства пользования причины классифицированы по группам возможных недостатков в различных объектах: организация дорожного движения – «О»; светофорное регулирование – «С»; дорога или улица – «Д»; участники движения – «У»; нормативы – «Н».			

После предварительного выбора причин аварий исследователь выбывает на место для проведения натурного обследования очага. Здесь он наносит на план дополнительную информацию, которая может иметь отношение к аварийности – неровности на ПЧ, скользкие места (например, выступание связующего компонента на покрытии), посторонние объекты, которые могут отвлекать водителя и т. д. Методика проведения натурного обследования типовых очагов аварийности приведена в п. 5.3–5.7 [12]. Возможно, придется выполнять прикидочные измерения скорости, интенсивности, состава потока, интервалов движения, фиксировать траекторию движения ТС и т. д. Обычно удается либо подтвердить предварительно установленные причины, либо обнаружить какие-либо новые причины, вызывающие аварии. Если же это сразу не удается выяснить, рекомендуется пройти несколько раз опасный участок, проехать его на различных ТС – от мотоцикла до большегрузного автопоезда, – побывать в роли пешехода, переходящего проезжую часть или идущего вдоль нее по обочине.

Необходимо исследовать участок в различных условиях видимости – днем и вечером. Как правило, после таких исследований, а они могут продолжаться несколько дней, истинная причина аварийности все же находится. Однако если и после этого причины не найдены, следует пригласить специалистов другого профиля – транспортников, дорожников, психологов.

Следует учитывать то обстоятельство, что иногда ключ к разгадке причины аварийности находится не на самом элементарном участке, а за его пределами. Например, после продолжительного запрещения обгона, казалось бы, обыкновенные участки становятся аварийными, потому что после долгого запрета в потоке создается известное психологическое напряжение и при первой же возможности водители производят очень много обгонов, часто с

повышенным риском. Или на пересечениях в разных уровнях, особенно, на левоповоротных съездах, водители после долгого движения по магистрали на высокой скорости еще не адаптировались к уже изменившимся условиям и по инерции продолжают двигаться с гораздо большей скоростью, чем это требуется по условиям безопасности. То же самое можно сказать и о въезде в (малые) населенные пункты, когда первые 200–300 м машины часто движутся с повышенными скоростями. Иными словами, если причина аварийности не находится в самом очаге, ее следует искать на стыках элементарных участков или в самой системе УДС.

После проведения натурного обследования проводится корректировка и заключительное установление причин аварий в очаге. Выполняется детально описание основных причин и сопутствующих обстоятельств для каждой группы типовых (повторяющихся) аварий. Затем проводится обсуждение и согласование заключительных причин аварий, на основе которых будут приниматься соответствующие решения. Установление, подтверждение или корректировка причин аварий сто́ят несоизмеримо меньше, чем те аварии, которые будут происходить из-за возможных ошибок, допущенных при предварительном исследовании.

Вся информация об очаге аварийности документируется в «Дело об очаге аварийности», которое заводится на каждый очаг и периодически обновляется вплоть до исчезновения очага.

3.2.3 Экспертиза отдельной аварии

Экспертиза отдельной аварии проводится для решения специальных задач юридического характера с целью воссоздания условий ее возникновения и механизма ее протекания. Она требует очень точных детальных исходных данных, что, в свою очередь, требует профессионального составления первичных документов и полного отражения в них необходимых деталей. Именно поэтому такие документы должны составляться объективными профессионалами с максимальным использованием компьютерных технологий и объемной фотографии, которые не только ускоряют процесс оформления (что само по себе довольно важно, так как на месте аварии всегда создаются транспортные затруднения), но и фиксируют многие, казалось бы, незначительные детали, которые потом оказываются чрезвычайно важными.

Поскольку результаты экспертизы оказывают непосредственное влияние на судьбу конкретных людей, то она может выполняться только в установленном порядке по утвержденным методикам. Имеется специальная литература, где наряду с методиками приведены единые исходные данные, например, по времени реакции водителя, коэффициенту сцепления, эффективности торможения и т. д.

В принципе, экспертиза одной аварии не есть анализ аварийности, т. е. совокупности аварий. Однако исследование совокупности экспертиз можно считать анализом аварийности, поскольку объектом исследования является не одна

авария, а их множество. Тем более что такой анализ дает уникальную и, как правило, высокоточную информацию. В Республике Беларусь ежегодно проводится более 40 тыс. экспертиз, но, к сожалению, их анализ пока не производится, хотя такая потребность имеется. Представляется, что по мере развития автомобилизации в стране потребность в таком анализе будет неуклонно возрастать и он обязательно войдет в практику анализа аварийности.

Экспертиза аварий изучается в специальном курсе и подразделяется на несколько видов: автотехническая (исследование обстоятельств аварии, технического состояния ТС, автодорожная, транспортно-трассологическая), товароведческая (в том числе транспортных средств) и др. Для того чтобы те студенты, которые по тем или иным причинам не изучали автотехническую экспертизу аварий, имели о ней элементарное представление, ниже приведем фрагмент экспертизы обстоятельств, касающийся определения тормозного и остановочного пути автомобиля.

Тормозной путь автомобиля при полном (до остановки) торможении, м, определяется по формуле

$$S_т = (t_2 + 0{,}5t_3)\,\frac{v'}{3{,}6} + \frac{(v')^2}{26(\alpha_т \cdot \cos\alpha \pm g \cdot \sin\alpha)},$$

где t_2 – время срабатывания привода тормозов, с. Для гидравлического привода легковых автомобилей $t_2 = 0{,}2$ с; грузовых – $t_2 = 0{,}3$ с. Для пневматического привода грузовых автомобилей $t_2 = 0{,}4$ с; для автопоезда при одном прицепе $t_2 = 0{,}6$ с, при двух прицепах $t_2 = 1{,}0$ с. Для автомобилей с гидропневматическим приводом $t_2 \le 0{,}35$ с;

t_3 – время нарастания замедления, с (таблица 3.8). Классификация ТС приведена в таблице 3.9.

v' – скорость в начале торможения, км/ч;

$\alpha_т$ – установившееся замедление, м/с^2 (таблица 3.10);

α – уклон дороги, град ($\alpha \ge 0{,}5$ %);

g – ускорение силы тяжести (9,81 м/с^2).

Таблица 3.8 – **Время нарастания замедления t_3**

Нагрузка	φ	Категория *M*			Одиночные категории *N*			Автопоезда категории *N*		
		*M*1	*M*2	*M*3	*N*1	*N*2	*N*3	*N*1	*N*2	*N*3
С полной нагрузкой	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,7	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,5	0,3	0,55	0,6	0,55	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6
	0,4	0,25	0,4	0,45	0,4	0,4	0,4	0,5	0,45	0,45
	0,3	0,2	0,3	0,35	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35
	0,2	0,1	0,2	0,25	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25
	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Окончание таблицы 3.8

Нагрузка	φ	Категория *M*			Одиночные категории *N*			Автопоезда категории *N*		
		*M*1	*M*2	*M*3	*N*1	*N*2	*N*3	*N*1	*N*2	*N*3
Без нагрузки	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,7	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,5	0,35	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,4	0,3	0,4	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,3	0,25	0,4	0,4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	0,2	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

Таблица 3.9 – **Классификация ТС**

Категория	Тип ТС
*M*1	Предназначенные для перевозки пассажиров с числом сидений не более 8 (кроме водителя) и созданные на их базе модификации для перевозки мелких грузов
*M*2	То же, имеющие более 8 мест для сидения (кроме водителя), с полной массой до 5 т включительно
*M*3	То же, с полной массой свыше 5 т
*N*1	Одиночные или автопоезда, предназначенные для перевозки грузов, с полной массой до 3,5 т включительно
*N*2	То же, с полной массой свыше 3,5 до 12 т
*N*3	То же, с полной массой свыше 12 т

Таблица 3.10 – **Установившееся замедление ТС** $a_т$

Тип ТС	Категория	Без нагрузки при φ			Нагрузка 50 % при φ			Нагрузка 100 % при φ		
		> 0,6	0,6	0,5	> 0,6	0,6	0,5	> 0,6	0,6	0,5
Одиночные и автопоезда	*M*1	6,1	5,9	4,9	5,6	5,6	4,9	5,2	5,2	4,9
	*M*2	5,5	5,5	4,9	5,0	5,0	4,9	4,5	4,5	4,5
	*M*3	5,0	5,0	4,9	4,7	4,7	4,7	4,5	4,5	4,5
Одиночные	*N*1	5,4	5,4	4,9	4,7	4,7	4,7	4,0	4,0	4,0
	*N*2	5,7	5,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,0	4,0	4,0
	*N*3	6,1	5,9	4,9	5,0	5,0	4,9	4,0	4,0	4,0
Автопоезда	*N*1	4,7	4,7	4,7	4,3	4,3	4,3	4,0	4,0	4,0
	*N*2	4,9	4,9	4,9	4,4	4,4	4,4	4,0	4,0	4,0
	*N*3	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5	4, 0	4,0	4,0

Остановочный путь автомобиля при полном торможении, м, определяется по формуле

$$S_0 = S_т + t_1 \frac{v'}{3,6},$$

где t_1 – время реакции водителя, с (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – **Расчетные значения времени реакции водителя**

Условия движения	t_p, с
В районе школ или иных детских учреждений, обозначенных ДЗ, плакатами и т.п.	0,6
В районе пешеходного перехода, в зоне остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта (ОП МПТ), при обгоне и т. п.	0,8
На загородных дорогах при появлении в неустановленных местах пешеходов или животных	1,2
При появлении на ПЧ дороги с усовершенствованным покрытием неожиданных, нестандартных помех, при движении в темное время суток	1,4
Во всех остальных случаях	1,0
В случаях ослепления встречным транспортом или иным источником света в темное время суток время реакции может быть увеличено в сравнении с приведенным на величину до 0,6 с	+ 0,6

Многочисленные испытания показали, что тормозные пути, рассчитанные по приведенной формуле, несколько меньше, чем полученные экспериментально. При этом, чем выше коэффициент сцепления φ, тем существеннее разница. Это объясняется неодинаковым состоянием тормозов и шин, перераспределением веса между осями, неодинаковыми коэффициентами сцепления φ под левым и правым бортом, различной нагрузкой и т. д. Поэтому вводится понятие коэффициента эффективности торможения $K_э$, значения которого приведены в таблице 3.12. Для исследуемого автомобиля коэффициент $K_э$ можно приближенно определить по величине тормозного пути S_t, м, при торможении с известной скорости v, км/ч, на покрытии с известным коэффициентом сцепления φ (таблица 3.13)

$$K_э = \frac{254}{v^2} S_т \varphi.$$

Таблица 3.12 – **Коэффициент эффективности торможения $K_э$**

Тип ТС	Категория	Без нагрузки при φ				Нагрузка 50 % при φ				Нагрузка 100 % при φ			
		0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5
Одиночные и автопоезда	*M*1	1,28	1,12	1,0	1,0	1,40	1,22	1,05	1,0	1,5	1,32	1,13	1,0
	*M*2	1,42	1,24	1,07	1,0	1,56	1,37	1,17	1,0	1,74	1,52	1,30	1,09
	*M*3	1,56	1,37	1,17	1,0	1,66	1,46	1,25	1,04	1,74	1,52	1,30	1,09
Одиночные	*N*1	1,45	1,27	1,09	1,0	1,66	1,46	1,25	1,04	1,96	1,71	1,47	1,22
	*N*2	1,37	1,20	1,03	1,0	1,63	1,43	1,22	1,02	1,96	1,71	1,47	1,22
	*N*3	1,28	1,12	1,00	1,0	1,56	1,37	1,17	1,0	1,96	1,71	1,47	1,22
Автопоезда	*N*1	1,66	1,46	1,25	1,04	1,82	1,59	1,36	1,14	1,96	1,71	1,47	1,22
	*N*2	1,60	1,40	1,20	1,0	1,78	1,56	1,33	1,11	1,96	1,71	1,47	1,22
	*N*3	1,56	1,37	1,17	1,0	1,74	1,52	1,30	1,09	1,96	1,71	1,47	1,22

Примечание – При коэффициенте сцепления от φ = 0,4 и ниже величина $K_э$ = 1 для любых типов ТС и любых нагрузок.

С учетом коэффициента $K_э$ величина замедления, м/с^2, определяется по следующей формуле:

$$a_т = \frac{g}{K_э} \varphi.$$

В качестве расчетного принимается меньшее из двух значений: либо взятое из таблицы 3.10, либо полученное по данной формуле.

Таблица 3.13 – **Коэффициенты сцепления φ для различных дорожных покрытий**

Тип покрытия	Состояние	Коэффициент сцепления φ
Асфальтобетонное, цементобетонное	Сухое	0,70–0,80
	Мокрое чистое	0,50–0,60
	Мокрое грязное	0,25–0,45
	Обледенелое	0,06–0,10
Щебеночное	Сухое	0,60–0,70
	Мокрое	0,30–0,50
Булыжное	Сухое	0,6–0,7
Грунтовое	Сухое	0,50–0,60
	Мокрое	0,20–0,40
Снег	Утрамбованный (укатанный)	0,20–0,30
	Обледенелый	0,07–0,20

Напомним, что при $\varphi \le 0{,}4$ величина $K_э$ для любых категорий автомобилей и для любых нагрузок равна 1.

Скорость автомобиля перед торможением, км/ч,

$$v' = 1{,}8\ \alpha_т\ t_З + \sqrt{26\ \alpha_т\ S_ю}\ ,$$

где $\alpha_т$ – установившееся замедление, м/с^2;

$t_З$ – время нарастания замедления, с;

$S_ю$ – длина следа торможения юзом, м;

С учетом коэффициента $K_э$ формула имеет вид

$$v_н = 17{,}6 \frac{t_З}{K_э} \varphi + \sqrt{\left(254 \frac{S_ю}{K_э} \varphi\right)}.$$

4 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ

Прогнозирование аварийности является составной частью работ по оценке качества возможных вариантов организации дорожного движения. Любое решение, принимаемое на любой стадии организации дорожного движения, должно быть оценено по вероятным последствиям, в том числе и по аварийности. К сожалению, сегодня прогнозирование аварийности, особенно в городских очагах, очень часто не проводится вообще, а если и проводится, то на очень низком уровне. Одной из причин этого является отсутствие точных методов прогнозирования – они только начинают разрабатываться, и здесь есть колоссальное поле для научно-исследовательской деятельности. Представляется, что при современных вычислительных возможностях и автоматизированном получении исходной информации точность прогнозирования аварийности может быть резко повышена и станет приемлемой для практического применения.

В настоящее время существуют следующие основные методы прогнозирования аварийности: статистический, экспертный, линейных графиков, конфликтных точек, конфликтных ситуаций и потенциальной опасности (рисунок 4.1).

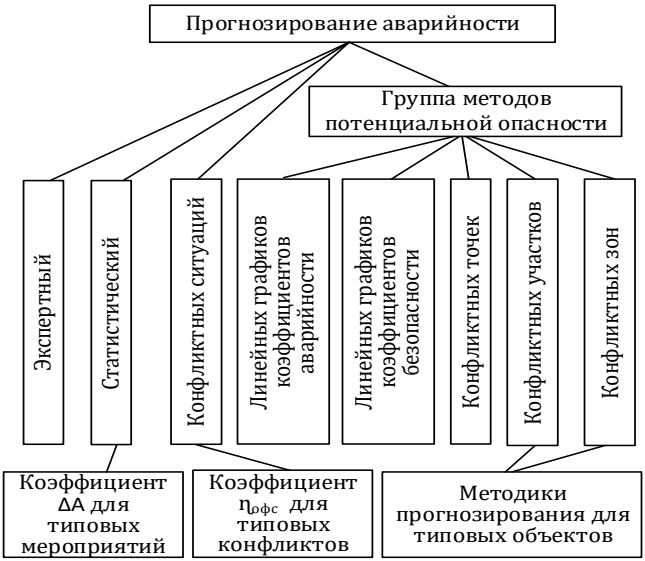


Рисунок 4.1 – Классификация методов прогнозирования аварийности

Статистический метод дает прогноз по статистике аварийности; метод конфликтных ситуаций – на основе натурного исследования конфликтных ситуаций; метод потенциальной опасности – на основе исследования потенциально опасных ситуаций; методы линейных графиков, конфликтных точек, а экспертный метод – на основе интуиции и познаний эксперта – по всему спектру дорожно-транспортных ситуаций (рисунок 4.2).

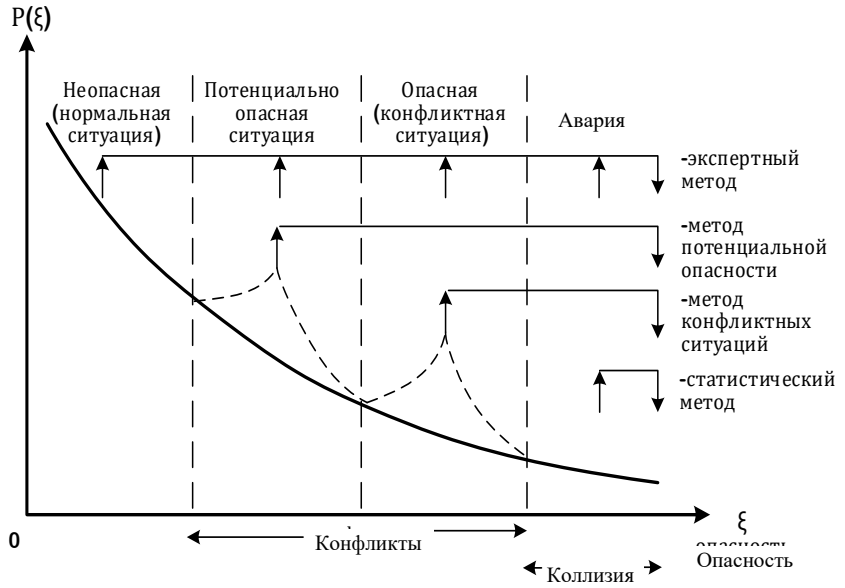


Рисунок 4.2 – Дорожно-транспортные ситуации, используемые для прогнозирования аварийности различными методами

Ниже в кратком изложении будут рассмотрены существующие методы прогнозирования аварийности.

4.1 Статистический метод

Во многих странах ведутся систематические исследования аварийности до и после внедрения типовых мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения. Эти исследования позволили накопить значительный статистический материал о влиянии на аварийность тех или иных мероприятий. В результате при внедрении данного мероприятия можно прогнозировать изменение аварийности на исследуемом участке. Правда, этот прогноз чрезвычайно приблизителен и ограничен целым

рядом условий:

– исследуемое мероприятие должно быть тщательно проработано и наилучшим образом соответствовать конкретным условиям, что само по себе является сложной оптимизационной задачей;

– прогноз касается только тех аварий, которые целиком зависят от внедряемого мероприятия, что также является довольно расплывчатой и трудноразрешимой задачей;

– необходимо вводить поправки, учитывающие срок наблюдения до и после внедрения, изменение интенсивности движения и т. д. А поскольку зависимость между указанными параметрами и аварийностью не является линейной, то поправки вносят дополнительную погрешность.

В некоторых случаях принимаемые меры позволяют снизить аварии одного вида, но увеличивают число аварий других видов. Например, внедрение светофорного регулирования уменьшает число поперечных столкновений, но существенно увеличивает число попутных и столкновений с ударом сзади. Иногда выигрыш, достигаемый в одном месте, сопровождается проигрышем совсем в других, часто не учитываемых местах. Например, запрещение левого поворота в одном месте может вызвать увеличение числа аварий в других местах – поворачивать все равно где-то надо. Возможны случаи, когда при явном выигрыше в данном месте общее число аварий на УДС увеличивается – если, например, тот же левый поворот перенесен в еще более напряженное место.

В таблице 4.1 приведены статистические данные США по снижению числа аварий в случае внедрения соответствующих мероприятий. Знак «–» означает ухудшение безопасности, т. е. рост аварийности (только данного вида) – тем не менее, такие мероприятия все же внедряются, поскольку позволяют значительно увеличить скорость движения или пропускную способность. Индексом «*» отмечены данные, доверительность которых не столь велика из-за недостаточного объема статистической выборки.

В таблицах 4.2 и 4.3 приведены аналогичные статистические данные РБ и ЕС. Обращают на себя внимание некоторые расхождения численных значений коэффициента снижения аварийности в разных странах для одинаковых или подобных мероприятий. Это объясняется различиями в уровнях автомобилизации и в элементах системы ВАДС, главным образом в среде движения. Поэтому пользоваться приведенными цифрами следует с осторожностью.

Таблица 4.1 – **Статистическое прогнозирование аварийности (фрагмент)**

Мероприятие	Город (Г), загородная зона (З)	Число полос	Снижение числа аварий в долях единицы по видам ΔA		
			все виды	с пострадавшими	с материальным ущербом
Отдельные участки дорог					
Запрещение стоянок	Г	>2	0,32	0,03	–
Выделение разделительной полосы	Г	>2	0,12	–	–
Установка пешеходных ограждений (100–1800 м)	Г, З	≥2	0,87	0,68	0,98
Горизонтальная разметка	Г, З	≥2	0,17	0,44	0,54
Перекрестки					
Строительство подземного пешеходного перехода	Г	≥4	0,64	0,54	0,35
Устройство заездного кармана остановочного пункта	З	≥2	0,56	0,73	0,83
Введение одностороннего движения	Г	≥2	0,11	0,06	0,01
Ограничения скорости движения	Г, З	≥2	0,48	0,60	0,86
Введение координированного движения	Г	≥ 2	0,04	0,06	0,51
Освещение проезжей части	Г	≥ 2	0,67	0,60	0,20
Замена стандартного перекрестка кольцевым	Г	≥2	0,51	0,76	0,93
Установка транспортного светофора	Г	2	0,87	0,96	0,99
Установка светофоров с желтым мигающим сигналом	Г, З	≥2	0,77	0,85	0,70
Запрещение поворотов	Г	>2	0,40	0,39	–
Организация полосы для левых поворотов со светофором	Г З	>2 >2	0,27 0,43	0,01 0,58	0,07 –
Устройство обозначенных пешеходных переходов	Г	≥2	1,00	1,00	0,96
Дополнительная секция левого поворота без полосы	Г	>2	0,39	0,57	–
Дополнительная секция левого поворота с дополнительной полосой	Г	>2	0,46	0,76	–
Устройство трясущих полос	З	2	0,27	0,26	0,24

Таблица 4.2 – **Статистическое прогнозирование аварийности по данным Республики Беларусь**

Мероприятие	Снижение числа аварий в долях единицы ΔA	
	Все аварии	Аварии с пострадавшими
Кривые в плане		
1 Улучшение видимости на кривых в плане	0,22	0,65
2 Установка ограждений	0,16	0,32
Участки подъемов и спусков		
3 Устройство дополнительной полосы движения на подъем	0,45	0,25
4 Нанесение разделительной линии на выпуклых кривых в продольном профиле	0,55	0,62
Пересечения и примыкания		
5 Канализирование:		
– на пересечениях	0,50	0,30
– на примыканиях	0,10	0,05
– на пересечениях и примыканиях со светофорным регулированием	0,26	0,15
– устройство островков безопасности разметкой для левоповоротных потоков	0,50	0,35
– устройство островков безопасности барьерного типа для левоповоротных потоков	0,58	0,38
6 Устройство переходно-скоростных полос	0,24	0,13
7 Установка дорожных знаков:		
– предупреждающих	0,37	0,60
– знак 2.5 на второстепенных дорогах перед выездом на главную дорогу	0,31	0,25
8 Сокращение количества примыканий	0,13	0,10
9 Устройство кольцевых пересечений	0,49	0,33
10 Введение светофорного регулирования:		
– на пересечениях	0,52	0,40
– на примыканиях	0,26	0,20
11 Уширение проезжей части	0,20	0,15
Железнодорожные переезды		
12 Установка дорожного знака 2.5	0,58	0,45
13 Установка ограждений	0,6	0,50
14 Установка автоматических шлагбаумов	0,84	0,70
Площадки отдыха, автобусные остановки		
15 Строительство площадок отдыха	0,24	0,21
16 Устройство переходно-скоростных полос в зоне площадок отдыха	0,42	0,45
17 Оборудование автобусных остановок переходно-скоростными полосами, заездными карманами, посадочными площадками	0,34	0,44

Продолжение таблицы 4.2

Мероприятие	Снижение числа аварий в долях единицы ΔA	
	Все аварии	Аварии с пострадавшими
Дорожные знаки		
18 Установка предупреждающих дорожных знаков	0,26	0,41
19 Установка знака «Ограничение скорости движения»	0,50	0,20
20 Установка дорожного знака 2.4	0,07	0,05
21 Установка дорожного знака 2.5	0,32	0,25
22 Установка информационных панно «Аварийно-опасный участок»	0,20	0,15
Дорожная разметка		
23 Устройство осевой разметки	0,23	0,20
24 Устройство краевой разметки	0,15	0,17
Дорожные ограждения, направляющие устройства		
25 Установка ограждений (независимо от типа)	0,19	0,25
26 Установка барьерных ограждений у осветительных опор и опор связи	0,17	0,22
27 Установка направляющих устройств	0,26	0,27
Электрическое освещение		
28 Устройство электрического освещения	0,26	0,25
29 Устройство электрического освещения автопавильона	0,34	0,37
Участки дорог в пределах населенных пунктов		
30 Устройство электрического освещения	0,60	0,50
31 Уширение проезжей части с 7,5 до 9,0 м	0,36	0,34
32 Устройство шероховатой поверхностной обработки	0,28	0,31
33 Устройство тротуаров, пешеходных дорожек	0,30	0,23
34 Устройство велодорожек	0,11	0,15
35 Строительство пешеходного перехода в разных уровнях	0,24	0,15
36 Светофорное регулирование пешеходного движения	0,21	0,10
37 Оборудование стояночных площадок	0,14	0,18
38 Ограничение скорости движения	0,16	0,20
39 Установка пешеходных ограждений	0,20	0,27
40 Устройство разметки типа «зебра» на пешеходных переходах	0,26	0,35
Мосты		
41 Установка барьерных ограждений	0,32	0,42
42 Устройство разметки	0,22	0,30
Реконструкция и строительство дорог		
43 Смягчение продольных уклонов	0,27	0,34
44 Постройка второй проезжей части	0,30	0,40
45 Уширение мостов	0,37	0,30
46 Строительство пересечений в разных уровнях с автомобильными дорогами	0,96	0,40
47 Строительство пересечений в разных уровнях с железными дорогами	0,86	0,80
48 Строительство обходов населенных пунктов	0,80	0,25

Таблица 4.3 – **Статистическое прогнозирование аварийности по данным стран Евросоюза**

Мероприятие	Снижение числа аварий в долях единицы ΔA	
	Все аварии	Аварии с пострадавшими
Пешеходные и велосипедные дорожки		
1 Строительство новой пешеходной и велосипедной дорожки вдоль дороги или улицы	0,07	0,10
2 Физическое разделение транспортного и пешеходного (велосипедного) движения на дорогах и улицах (подземный переход, путепровод и т. д.)	–	0,30
Автомобильные дороги и улицы		
3 Строительство новой магистрали	0,65	0,07
4 Строительство дороги с двумя проезжими частями вместо одной	0,20	0,07
5 Физические барьерные ограждения для предотвращения ослепления	–	0,11
6 Строительство объездной дороги	–	0,25
Перекрестки		
7 Канализирование на пересечении на дорогах общего пользования или перекрестке городских улиц	–	0,10
8 Канализирование на примыкании дорог общего пользования или городских улиц	–	0,05
9 Строительство зоны обгона на примыканиях дорог общего пользования (улиц)	–	0,05
10 Устройство кругового движения	0,70	0,50
11 Замена пересечения двумя примыканиями	–	0,20
Пересечения в разных уровнях		
12 Увеличение радиуса на петле въезда на развязку	0,23	–
13 Строительство развязки в двух уровнях вместо перекрестка	–	0,50
14 Продление полос до 30 м: – разгона – торможения	 0,11 0,07	 –
Обустройство дорог		
15 Строительство барьерного ограждения: – по краям ПЧ – перед препятствием – на центральном разделительном островке	 –	 0,44 0,69 0,43
16 Устройство дополнительной полосы и центрального барьера	–	
17 Устройство нового освещения дороги	–	0,64
18 Замена жестких опор на гибкие (демпфирующие удар)	–	0,50
19 Строительство заграждений, предохраняющих от выхода животных на проезжую часть	–	0,15

Продолжение таблицы 4.3

Мероприятие	Снижение числа аварий в долях единицы ΔA	
	Все аварии	Аварии с пострадавшими
20 Устранение препятствий в ближайшем окружении проезжей части	–	0,15
Улучшение параметров дороги		
21 Строительство протяженного центрального островка: – на улице с четырехполосным движением – на двухполосной улице – на многополосной улице	–	 0,30 0,39 0,22
22 Уполаживание откосов на дорогах общего пользования	–	0,15
23 Улучшение элементов плана и продольного профиля	–	0,15
24 Повышение видимости путем срезки растительности на дорогах общего пользования	–	0,10
25 Реконструкция дороги общего пользования	–	0,20
26 Реконструкция дороги, проходящей по густонаселенному району	–	0,07
27 Обозначение кривой малого радиуса	–	0,20
Содержание дорог и улиц		
28 Повышение класса содержания дороги на один класс	–	0,02
29 Повышенная готовность к выполнению работ по зимнему содержанию	–	0,08
30 Установка нового или замена существующего (неверно установленного, изношенного) дорожного знака	–	0,40
Организация и управление дорожным движением		
31 Организация подъездов к частному сектору	–	0,10
32 Физическое обозначение правил проезда на перекрестке (знаки и т. д.)	–	0,03
33 Введение знака «STOP» на перекрестке	–	0,10
34 Введение светофоров на перекрестке	–	0,15
35 Улучшение светофорного регулирования на перекрестке	–	0,10
36 Введение пешеходных светофоров и центрального островка безопасности на пешеходном переходе	–	0,07
37 Устройство искусственных неровностей на проезжей части улиц («спящие полицейские»)	–	0,48
38 Введение в зонах жилой застройки ограничения скорости 30 км/ч и устройство искусственных неровностей	–	0,44
39 Устройство виброполос (шумовых полос) на подъездах к опасному месту	–	0,33
40 Нанесение отсутствующей краевой линии разметки	–	0,05
41 Устройство светоотражающих «кошачьих глазок» в покрытии	–	0,08

Окончание таблицы 4.3

Мероприятие	Снижение числа аварий в долях единицы ΔA	
	Все аварии	Аварии с пострадавшими
42 Устройство светоотражающих придорожных столбиков на дорогах с ограничением скорости 100 км/ч	–	0,05
43 Устройство отсутствующего пешеходного перехода	–	0,05
44 Переход от парковки по типу «елочка» к парковке параллельно бордюрному камню	0,35	–
45 Переход от свободной стоянки к регулируемой по времени стоянке ТС	0,11	–
46 Перевод улицы с двусторонним движением к улице с односторонним движением	–	0,01
47 Перенос трамвайной остановки с середины улицы к краю	–	0,55
48 Щиты, информирующие водителей об их фактической скорости движения	–	0,05
49 Переход от переезда в одном уровне к переезду в разных уровнях	–	0,64
50 Устройство шлагбаумов на переезде в одном уровне	0,45	0,55
51 Введение ограничения скорости 40 км/ч в районе действия знака «густонаселенный район»	–	0,22
Введение ограничения скорости		
52 Введение ограничения скорости в центре города с 50 до 40 км/ч	–	0,15
Конструктивная безопасность и контроль		
53 Применение светоотражателей пешеходами	–	0,85
54 Использование велосипедных шлемов	–	0,50
55 Использование мотоциклетных шлемов на мопедах	–	0,44
56 Использование детских автомобильных сидений (кресел)	–	0,39
57 Установка и управление автоматической камерой видеонаблюдения за скоростью на дороге	–	0,30
58 Установка и управление камерами контроля на светофорах (проезд на красный)	–	0,12

Прогнозируемое число аварий на исследуемом участке P_a, авт./год, после внедрения одного мероприятия определяется по формуле

$$P_a = n_a(1 - \Delta A)\eta_Q \eta_t,$$

где n_a – среднегодовое число аварий до внедрения, авт./год;

ΔA – снижение числа аварий в долях единицы (принимается из таблиц 4.2–4.3). При этом снижение ΔA касается только тех аварий, которые непосредственно зависят от внедренного мероприятия;

η_Q – поправочный коэффициент, учитывающий возможное изменение интенсивности движения до (Q_1) и после (Q_2) внедрения мероприятия:

$$\eta_Q = Q_2 / Q_1;$$

η_t – поправочный коэффициент, учитывающий сроки исследования аварийности на участке до (t_1) и после (t_2) внедрения мероприятия:

$$\eta_t = t_2 / t_1.$$

Если на каком-либо участке внедрены два или более мероприятия, то расчетное значение коэффициента снижения аварийности определяется по формуле

$$\Delta A = 1 - (1 - \Delta A_1)\,(1 - \Delta A_2) \cdot \ldots \cdot (1 - \Delta A_i),$$

где $\Delta A_{1,\,2,\,\ldots\,,\,i}$ – коэффициенты снижения аварийности для каждого мероприятия.

Следует отметить, что механизм одновременного влияния на аварийность нескольких факторов (или нескольких мероприятий) далеко не выяснен, и приводимые формулы, в том числе и данная, являются не более чем гипотезами, предположениями. Поэтому, наравне с приведенными, имеют право на существование другие гипотезы и выражающие их формулы. В частности, имеется мнение, что при одновременном действии нескольких факторов определяющее влияние оказывает только один из них, а остальные являются как бы подчиненными, вспомогательными, и их влияние заметно слабее. Поэтому, очевидно, необходимо какое-то ранжирование факторов. Например, можно допустить, что расчетное значение коэффициента снижения аварийности будет более скромным, если его определять по формуле

$$\Delta A^* = 1 - (1 - \Delta A_{max}) \sqrt{(1 - \Delta A_1)(1 - \Delta A_2) \cdot \ldots \cdot (1 - \Delta A_i)}\,,$$

где ΔA_{max} – определяющее значение коэффициента снижения аварийности;

$\Delta A_{1,\,2,\,\ldots,\,i}$ – коэффициенты снижения аварийности для остальных мероприятий (кроме определяющего).

Или можно допустить такое построение формулы

$$\Delta A = 1 - (1 - \Delta A_1)\,(1 - \Delta A_2)\,1/2 \cdot \ldots \cdot (1 - \Delta A_i)\,1/i.$$

При этом расположение мероприятий по степени важности (ранжирование) производит расчетчик исходя из субъективного отношения к ним.

Возможны и другие подходы и формулы.

Выполняются исследования по статистическому прогнозированию аварийности не на отдельных объектах улично-дорожной сети (УДС), а в целом по городу, региону, стране. Например, получена зависимость числа аварий с пострадавшими от пробега автомобилей по годам (рисунок 4.3).

Представляется, что статистический метод прогнозирования аварийности применим в основном для грубой, прикидочной оценки эффективности крупных мероприятий на значительных участках УДС. Очевидно, он может

использоваться при разработке планов развития городских районов, планов реконструкции магистралей и т. д. В то же время он малопригоден для прогнозирования аварийности на элементарном участке УДС, поскольку в нем не учитывается множество факторов, оказывающих влияние в данном конкретном случае. Именно поэтому он используется только для *предварительного* выбора мероприятий.

(сплошная линия – линия тренда)

Рисунок 4.3 – Зависимость аварийности с пострадавшими от пробега автомобилей по годам в Норвегии [15, с. 6, рисунок 3]

4.2 Экспертный метод

Экспертный метод прогнозирования аварийности получил наибольшее распространение, поскольку практически не требует проведения никаких исследований. Он заключается в том, что эксперт, используя свои знания, опыт и интуицию, оценивает различные варианты решений и выбирает, по его мнению, лучшие.

Экспертный метод сугубо индивидуален и чрезвычайно субъективен, поэтому результаты прогноза одной и той же ситуации различными экспертами могут разительно отличаться. Результаты прогноза зависят не только от знаний, опыта и интуиции эксперта, но и от его пристрастий и состояния. Чтобы уменьшить влияние этих факторов, часто пользуются комиссионным экспертным прогнозом, когда к прогнозированию привлекают одновременно нескольких экспертов. Детальное обсуждение ситуации, защита каждым экспертом своего прогноза позволяет несколько сгладить субъективизм оценки и влияние психофизиологического состояния каждого отдельного эксперта.

Оценивая заданную ситуацию и делая свой прогноз, эксперт, по сути, проделывает колоссальную аналитическую работу. В частности, он использует

свой опыт, извлекая из памяти аналогичные или заданные ситуации и сопоставляет уже известные ему результаты с возможными результатами данной ситуации. Он использует свои знания, пытаясь применить известные ему зависимости аварийности к данной ситуации. Он знакомится и оценивает результаты прогноза данной ситуации, полученные другими методами – статистическим, линейных графиков и т. д. Если таких результатов нет, эксперт мысленно проделывает эту работу, во всяком случае, для отдельных, привлекших его внимание участков, И, наконец, когда у эксперта уже формируется конкретный прогноз, он интуитивно корректирует его в ту или иную сторону.

Метод Дельфи является наиболее формальным методом экспертного прогнозирования и чаще всего используется на практике. Это групповой метод, при котором проводится индивидуальный опрос группы экспертов относительно их прогноза. Опрос проводится с помощью специальных анкет анонимно, т. е. личные контакты экспертов и коллективные обсуждения исключаются. Полученные ответы сопоставляются и обобщенные результаты снова направляются членам группы.

На основе такой информации они, по-прежнему сохраняя анонимность, делают повторный прогноз, причем этот процесс может повторяться несколько раз. После того как появляется совпадение мнений, результаты используются в качестве прогноза. Однако сходимость оценок отдельных экспертов не всегда свидетельствует о точности прогноза, поскольку возможно коллективное заблуждение в результате субъективного понимания исследуемой ситуации или неправильного подбора экспертов.

Разумеется, трудно ожидать от эксперта точных количественных оценок прогнозируемой аварийности. В принципе, это и невозможно. Поэтому уважающий себя профессиональный эксперт предпочитает не называть конкретные цифры, а оперирует чаще всего с понятиями «больше», «меньше», «опаснее», «безопаснее». Этого вполне достаточно для выбора лучшего из представленных вариантов, для забраковки или одобрения исследуемого решения.

Недостаток экспертного метода заключается в катастрофической нехватке экспертов. Профессиональным экспертом может быть специалист, имеющий соответственную подготовку и длительное время занимающийся вопросами, непосредственно связанными с организацией дорожного движения и аварийностью. Или, как исключение, специалист, которому прогнозирование дано от природы, от Бога. И тех и других – единицы, в то время как объемы экспертной работы чрезвычайно велики – оценка ситуаций, разработка решений, оценка решений, анализ и согласование проектов, корректировка проектных решений и т. д.

Такая ситуация привела к тому, что в качестве экспертов выступают различные специалисты, которым экспертная работа попросту не под силу.

В результате качество прогноза и уровень решений далек от требуемых значений со всеми вытекающими последствиями. Еще более опасно, когда в роли экспертов выступают вообще некомпетентные люди, получившие разными путями доступ к управлению в сфере дорожного движения и обладающие определенной властью. В этом случае принимаемые решения отличаются особо низким качеством и наносят серьезный ущерб дорожному движению.

4.3 Методы линейных графиков коэффициентов аварийности и коэффициентов безопасности

Существуют два метода прогнозирования аварийности по линейным графикам – метод линейных графиков коэффициентов аварийности и метод линейных графиков коэффициентов безопасности, основоположником которых является профессор В. Ф. Бабков (г. Москва) [13].

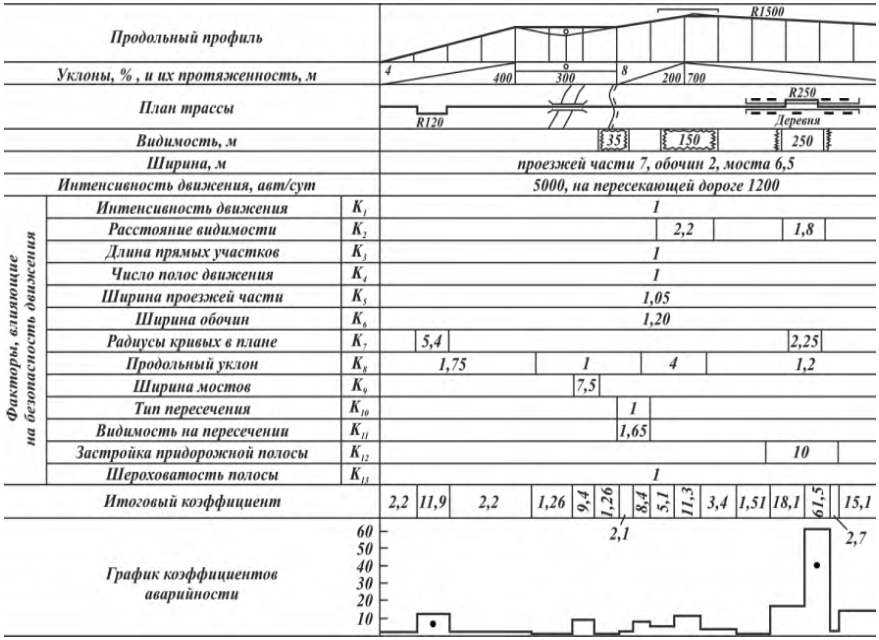
4.3.1 Метод линейных графиков коэффициентов аварийности

Метод позволяет достаточно просто выявлять на реальных дорогах и в проектах дорог опасные участки, нуждающиеся в улучшении. В процессе многолетних исследований для каждого элементарного участка дороги (поворот, уклон, перекресток и т. д.) получены зависимости коэффициентов аварийности $K_{ав}$ (см. подразд. 1.5 пособия) от различных факторов, которые сведены в таблицы. Исследуемую дорогу разбивают на элементарные участки, для каждого из которых определяют все (их около 17) коэффициенты $K_{ав}$ – их называют частными коэффициентами аварийности – K_1–K_{17} (таблица 4.4). Перемножив все частные коэффициенты аварийности для каждого элементарного участка, получают итоговый коэффициент аварийности $K_{итог}$, по которому и оценивают опасность данного участка. И так для всех элементарных участков исследуемой дороги.

Для наглядности на спрямленном плане и профиле дороги строят так называемый *линейный график коэффициентов аварийности*, на котором наносят эпюру итоговых коэффициентов аварийности, а на существующих дорогах – и фактические места совершения аварий (рисунок 4.4).

В результате получают наглядную картину расположения опасных элементарных участков для любой проектируемой или существующей дороги.

Важнейший недостаток метода, на который указывал сам автор, заключается в том, что влияние на аварийность многочисленных факторов, являющееся чрезвычайно сложным и взаимосвязанным, учитывается простым перемножением коэффициентов аварийности. Поэтому метод не может дать относительно точного количественного прогноза, а предоставляет лишь качественную оценку опасности исследуемого участка, показывая, что он выходит (или не выходит) за некие общепризнанные нормы.



(точками обозначены места зарегистрированных аварий)

Рисунок 4.4 – Линейный график коэффициентов аварийности

Метод постоянно совершенствуется. В частности предложена зависимость между числом аварий и итоговым коэффициентом аварийности, по которой, в принципе, можно сделать количественный прогноз (рисунок 4.5).

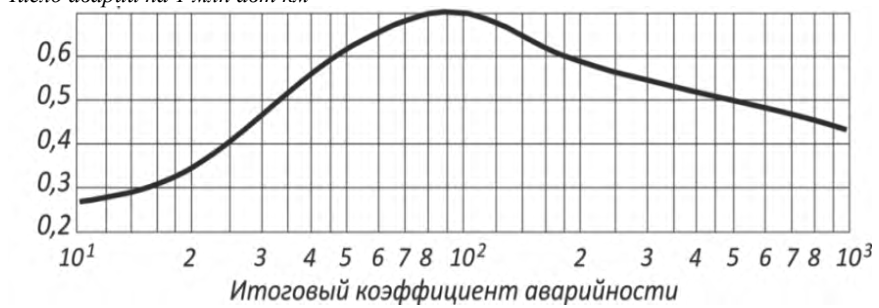


Рисунок 4.5 – Зависимость количества аварий от итогового коэффициента аварийности [12, с. 166, рисунок 3.2]

Таблица 4.4 – **Значения частных коэффициентов аварийности для загородных дорог**

Показатель	Значение										
ИД $\cdot 10^3$, авт./сут	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11	13	15	20
K_1	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,3	1,7	1,8	1,5	1,0	0,6
(для дорог с разделительной полосой ИД − в одном направлении)											
Ширина ПЧ, м		4,5	5,5	6,0	7,5	9,0	10,5				
K_2 при укрепленной обочине		2,2	1,5	1,35	1,0	0,8	0,7				
K_2 при неукрепленной обочине		4,0	2,75	2,5	1,5	1,0	0,9				
Ширина обочины, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0					
K_3	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0					
Продольный уклон, %	2,0	3,0	5,0	7,0	8,0						
K_4	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0						
Радиус кривых в плане, м	50	100	150	250	500	800	1500	2000			
K_5	10	5,4	4,0	2,25	1,6	1,4	1,25	1,0			
Видимость, м		50	100	150	200	250	350	400	500		
K_6 − в плане		3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0		
K_6 − в продольном профиле		5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0		
Различие в ширине ПЧ мостов и дороги, м			−1,0	0	+1,0	+2,0					
K_7			6,0	3,0	2,0	1,0					
Длина прямых участков, км	3	5	10	15	20	25					
K_8	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0					
Тип перекрестка	В разных уровнях	КПК	В одном уровне при Q_2/Q_1								
			<0,1	0,15	0,2						
K_9	0,35	0,7	1,5	3,0	4,0						
Перекрестки в одном уровне при $Q_{сут1}$, авт./сут			1600	2500	4000	5000					
K_{10}			1,5	2,0	3,0	4,0					

Видимость перекрестка с примыкающей дороги, м		60	50	35	25	<20					
K_{11}		1,0	1,1	1,65	2,5	10,0					
Число полос на ПЧ	2	3	3	4	4	4					
	Без разметки		С разметкой	Без разд. полосы		С разд. полосой					
K_{12}	1,0	1,5	0,9	0,8		0,65					
Расстояние от застройки до ПЧ, м	15–20		5–10		<5	<5					
	Имеются полосы местного движения		Имеются тротуары		С тротуарами						
K_{13}	2,5		5,0		7,5	10,0					
Длина населенного пункта, км		0,5	1	2	3	5	6				
K_{14}		1,0	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0				
Длина участков на подходах к населенному пункту, км				<0,2	0,2–0,6	0,6–1,0					
K_{15}				2,0	1,5	1,2					
Характеристика покрытия	Скользкое грязное		Скользкое		Чистое сухое		Шероховатое		Очень шероховатое		
Коэффициент сцепления	0,2…0,3		0,4		0,6		0,7		0,75		
K_{16}	2,5		2,0		1,3		1,0		0,75		
Ширина разделительной полосы, м	1		2	3	5	10	15				
K_{17}	2,5		2,0	1,5	1,0	0,5	0,4				

Примечание – Влияние скорости движения учитывалось только на участках повышенной аварийности: пересечениях и примыканиях, в зонах остановочных пунктов, на участках кривых малых радиусов в плане и в местах скопления пешеходов, а также в зонах наземных пешеходных переходов. Указана скорость 85%-й обеспеченности, как максимально допустимая на рассматриваемом участке.

Видно, что наиболее опасными являются участки с $K_{ит}$ ~ 70…100. При дальнейшем росте $K_{ит}$ аварийность снижается, по-видимому, из-за снижения скорости вследствие ухудшения условий движения.

Имеются попытки установления статистических зависимостей показателя риска аварии от величины итогового коэффициента аварийности на автомобильных дорогах различного типа (рисунок 4.6).

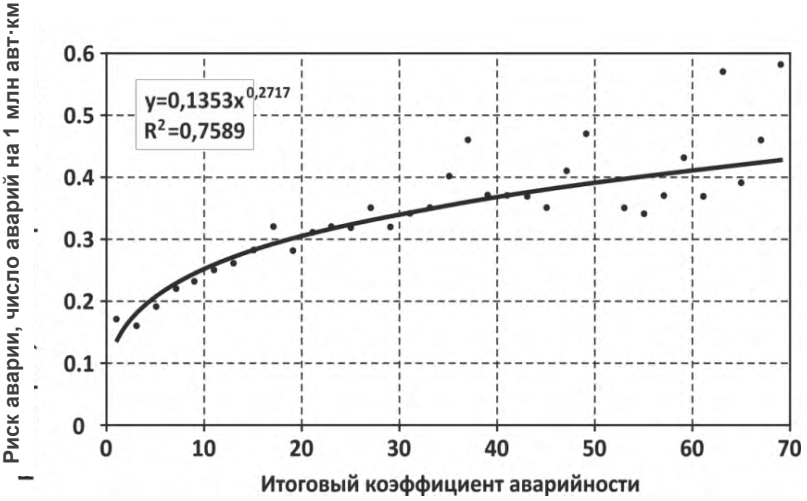


Рисунок 4.6 – Зависимость показателя риска аварии от величины итогового коэффициента аварийности на двухполосных дорогах [12]

Были также сделаны попытки применить этот метод для прогнозирования аварийности в городах. Однако успеха они не имели, поскольку аварийность в городах определяется, как правило, конфликтным взаимодействием участников движения, а исследуемый метод построен, в основном, на взаимодействии транспорта и дороги.

4.3.2 Метод линейных графиков коэффициентов безопасности

Метод основан на построении эпюры возможных скоростей движения, развиваемых расчетным автомобилем, на смежных исследуемых участках дороги, и получил название «линейный график коэффициентов безопасности». Коэффициент безопасности $K_б$ представляет собой отношение скоростей движения на смежных участках:

$$K_б = \frac{v_i}{v_{i-1}},$$

где v_i – скорость движения расчетного автомобиля на исследуемом участке, км/ч;

v_{i-1} – скорость движения на предыдущем участке, км/ч.

В местах перепада скоростей от бóльшей к меньшей возникает опасность. Чем больше перепад, тем больше опасность. Это объясняется тем, что скорость движения изменяется медленно, а условия движения – быстро, ступенчато. Поэтому в местах перепада возникают ситуации, когда условия уже изменились и не соответствуют еще не изменившейся скорости. По величине перепада расчетных скоростей прогнозируют аварийность на данном участке. Оценка опасности участков классифицируется следующим образом:

– безопасные участки – $K_б > 0{,}8$;

– малоопасные участки – $0{,}6 < K_б < 0{,}8$;

– опасные участки – $0{,}4 < K_б < 0{,}6$;

– очень опасные участки – $K_б < 0{,}5$.

На рисунке 4.7 показан линейный график коэффициентов безопасности для участка дороги. Видно, что в ряде мест имеются значительные перепады скоростей, и по величине этих перепадов можно судить об аварийности на исследуемом участке.

Метод также позволяет оценить опасность дорог и путем измерения скорости реальных потоков. При этом в случае, когда в качестве расчетной скорости берут величину, соответствующую 85 % доверительного интервала распределения скорости транспортного потока, классификация опасных участков выглядит следующим образом:

– безопасные участки – $K_б > 0{,}85$;

– малоопасные участки – $0{,}7 < K_б < 0{,}85$;

– опасные участки – $0{,}6 < K_б < 0{,}7$;

– очень опасные участки – $K_б < 0{,}6$.

Метод линейных графиков коэффициентов безопасности обладает рядом существенных недостатков. Он не дает количественного прогноза, а оперирует качественными оценками (типа «малоопасный», «опасный» и т. д.). Существует проблема обоснования выбора расчетного автомобиля, так как при разработке метода использовался автомобиль ГАЗ-24 «Волга», который по динамическим характеристикам уступает современным автомобилям. Имеются трудности в построении линейных графиков на дорогах с кривыми в плане и в продольном профиле. Поэтому метод, как правило, применяется совместно с методом линейных графиков коэффициентов аварийности. При этом в большинстве случаев места зафиксированных аварий совпадают как с пиками на графике коэффициентов аварийности, так и с переломами кривой на графике коэффициентов безопасности, что подтверждает эффективность методов.

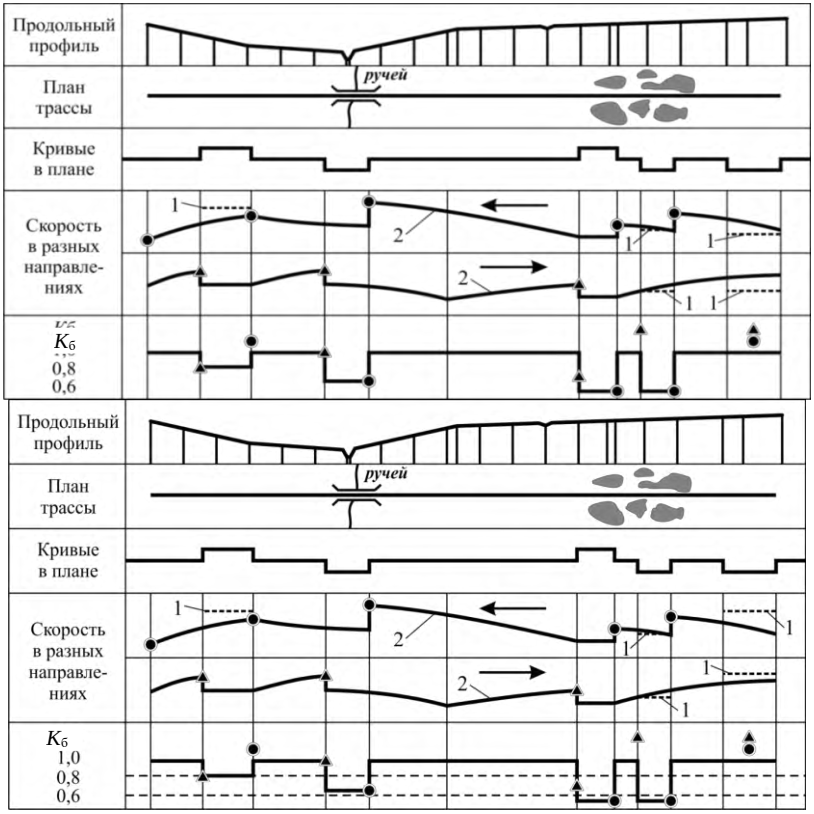


Рисунок 4.7 – Линейный график коэффициентов безопасности:
1 – допустимая скорость на опасных участках; *2* – фактическая скорость движения; ▲ и ● – места перепада скорости движения в обоих направлениях

4.4 Метод конфликтных точек

Этот метод был предложен в 1955 г. Г. Раппопортом (ФРГ) и используется для прогнозирования аварийности на участках взаимодействия транспортных потоков – на маневровых участках и перекрестках. Место, где пересекаются траектории движения конфликтующих участников, называется конфликтной точкой (КФТ). Метод заключается в подсчете опасности для каждой КФТ с последующим суммированием. Различают несколько модификаций метода.

Простейшей из них является подсчет числа КФТ – чем больше это число, тем опаснее исследуемый участок (рисунок 4.8).

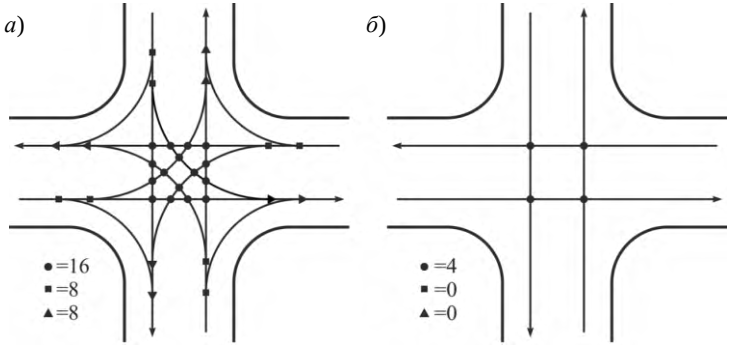


Рисунок 4.8 – Конфликтные точки на четырехстороннем перекрестке:
а – с разрешенными поворотами; *б* – с запрещенными поворотами;
▲, ■ и ● – конфликтные точки, соответственно «слияние», «отклонение»
и «пересечение»

В последующих модификациях КФТ различаются между собой по степени опасности δ_i. Самой опасной считается КФТ пересечения – она оценивается в 5 баллов. КФТ слияния оценивается в 3 балла, а КФТ отклонения – в 1 балл. В зависимости от набранной суммы баллов перекрестки также классифицируются на несколько категорий. Например, в работе [12] предложена следующая классификация перекрестков:

– $m < 40$ – простой;
– $40 < m < 80$ – средней сложности;
– $80 < m < 150$ – сложный;
– $m > 150$ – очень сложный.

Напомним, что опасность определяется по формуле

$$m_a = \sum_{i=1}^{M} (n_i \delta_i),$$

где M – число видов конфликтов на исследуемом объекте;
n_i – число конфликтных точек данного вида;
δ_i – степень опасности конфликтной точки данного вида, балл.

Напомним также, что стандартный четырехсторонний перекресток с двумя полосами на каждом входе оценивается как сложный ($m = 112$), а T-образный с двумя полосами на каждом входе – как простой ($m = 27$).

В дальнейших модификациях в каждую КФТ вводится интенсивность движения конфликтующих потоков. Степень опасности M_a определяется по формуле

$$M_a = \mu \sum_{1}^{i} (Q_1 + Q_2)_i,$$

где μ – коэффициент пропорциональности, приводящий значение M к удобной для восприятия величине от 1 до 1000. Величина коэффициента μ зависит от размерности интенсивности движения – авт./с; авт./ч; авт./сут или авт./год – чем больше численное значение интенсивности движения, тем меньше коэффициент μ. Например, при размерности интенсивности движения «авт./ч», значение μ = 0,01;

i – число КФТ;

Q_1 и Q_2 – интенсивность движения в каждой точке КФТ.

С учетом балльной системы опасности КФТ степень опасности M_a определяется по формуле

$$M_a = \mu \sum_{1}^{i} \left[\delta_i \left(Q_1 + Q_2 \right)_i \right],$$

где δ_i – степень опасности КФТ в баллах.

В таблице 4.5 приведены данные по величине δ_i, предложенные Раппопортом. При этом если КФТ разделены островками или расположены ближе, чем в 15 м друг от друга, то такое расположение называется «тесным». В остальных случаях расположение КФТ считается рассредоточенным, и опасность в 2 раза выше, чем при тесном расположении (в таблице 4.5 приведены данные по тесному расположению КФТ).

Таблица 4.5 – **Степень опасности конфликтных точек**

Конфликтная точка	Степень опасности δ_i	
	Тесное расположение точек	Рассредоточенное расположение точек
Отклонение	1	2
Слияние	2	4
Пересечение под углом, град:		
30	3	6
60	4	8
90	6	12
120	7	14
150	9	18
Встречное движение	10	20

Оказалось, что использование суммы интенсивностей движения конфликтующих потоков для оценки опасности перекрестка может привести к большим погрешностям из-за разного соотношения интенсивностей движения внутри одной суммы. Чтобы устранить этот недостаток, было предложено использовать отношение произведения интенсивностей движения конфликтующих потоков к их сумме:

$$M_a = \frac{\sum_{1}^{i} \left(\delta_i \; Q_{1i} \; Q_{2i} \right)}{Q_{1\text{г}} + Q_{2\text{г}}},$$

где M_a – показатель опасности движения;

δ_i – относительная аварийность в данной КФТ (таблица 4.6);

Q_{1i} и Q_{2i} – ИД конфликтующих потоков в данной КФТ, авт./сут;

$Q_{1г}$ и $Q_{2г}$ – годовая интенсивность конфликтующих потоков на входах в перекресток, авт./год.

Таблица 4.6 – **Значения коэффициента δ_i для перекрестков (по Лобанову)**

Условия движения	Направление движения	Особенности перекрестка	Значение $\delta_i \cdot 10^{-2}$	
			Необорудованный перекресток	Канализированный перекресток
Слияние	Справа	$R < 15$ м	2,5	2,0
		$R \geq 15$ м	0,4	0,2
	Слева	$R < 10$ м	3,2	2,0
		$10 < R < 25$ м	0,25	0,17
Пересечение	Пересекающиеся	$\alpha \leq 30°$	0,8	0,4
		$50° \leq \alpha < 75°$	0,36	0,18
		$90° \leq \alpha < 120°$	1,2	0,6
		$150° \leq \alpha < 180°$	3,5	1,75
Отклонение	Вправо	$R < 15$ м	2,0	2,0
		$R \geq 15$ м	0,6	0,6
	Влево	$R < 10$ м	3,0	3,0
		$10 < R < 25$ м	0,4	0,25
Повороты	Взаимное отклонение	–	0,15	0,10
	Пересечение левоповоротных потоков	–	0,20	0,05
	Слияние правоповоротных потоков	–	0,25	0,12

В зависимости от значения M_a перекрестки делятся на следующие категории:

– неопасные – $M_a < 3$;

– малоопасные – $3 < M_a < 8$;

– опасные – $8 < M_a < 12$;

– очень опасные – $M_a > 12$.

Считается, что опасность вновь проектируемых перекрестков не должна превышать 8, т. е. $M_a \leq 8$.

Для пересечений в разных уровнях В. Ф. Бабков предлагает следующие значения коэффициента опасности КФТ δ_i:

– пересечение под углом, близким к прямому, – 1,00;

– переплетение при смене полосы – 0,30;

– слияние справа – 0,20;

– слияние слева – 0,15;

– отклонение влево – 0,85;

– отклонение вправо – 0,10.

Оценка опасности производится по формулам

$$M_a = \mu \sum_1^i \left[\delta_i \left(Q_1 + Q_2\right)_i\right]; \quad M_a = \mu \sum_1^i \left(\delta_i \; Q_{1i} \; Q_{2i}\right) .$$

Утверждается, что обе формулы «приводят к практически одинаковым результатам в отношении наилучшего типа пересечений».

Имеются и другие модификации метода прогнозирования аварийности по КФТ. Как представляется, этот метод может быть использован лишь для сравнительной оценки вариантов нерегулируемых маневровых участков и перекрестков. Классификация перекрестков на простые, сложные и т. д. носит весьма условный характер и вряд ли может быть использована в практических целях.

4.5 Метод конфликтных ситуаций

Этот метод был предложен в 70-е гг. прошлого столетия шведским исследователем К. Хайденом. Он основан на наличии зависимости между конфликтными ситуациями (КФС) и авариями (см. рисунок 4.2):

$$P_{\text{а}} = \eta_{\text{кф}} \, N_{\text{кфс}},$$

где $P_{\text{а}}$ – прогнозируемое число аварий, авт./год;

$N_{\text{кфс}}$ – число КФС, кфс/год;

$\eta_{\text{кф}}$ – коэффициент приведения КФС к авариям для каждого типового конфликта.

Зная для каждого типового конфликта величину коэффициента $\eta_{\text{кф}}$, экспериментально определив количество КФС и переведя его в годовое число $N_{\text{кфс}}$, легко найти вероятное число аварий в каждом типовом конфликте и на всем исследуемом участке. В результате не надо ожидать длительного периода, когда накопится достаточный статистический материал по аварийности, чтобы выполнить возможно необходимую корректировку решений по повышению безопасности движения. Достаточно сразу после внедрения провести исследования КФС, определить опасные места, рассчитать для них вероятное количество аварий и произвести соответствующие изменения решений.

Метод КФС является весьма действенным для прогнозирования аварийности, особенно на вновь построенных объектах УДС. Напомним, что *под конфликтной ситуацией понимается такая дорожно-транспортная ситуация, при которой в течение последующего времени (1 с и менее) произойдет столкновение или иная коллизия, если хотя бы один из участников не предпримет экстренные уклончивые действия.* По степени опасности КФС традиционно делятся на легкие – опасное маневрирование и умеренная вероятность коллизии; средние – очень опасное маневрирование и высокая

вероятность коллизии и тяжелые – чрезвычайно опасное маневрирование и осень высокая вероятность коллизии или даже наличие самого факта коллизии, однако без значимых физических повреждений (это довольно редкая КФС).

Измерения КФС на объектах УДС производятся, как правило, на стационарных постах, а для участков загородных дорог или магистральных улиц – с помощью ходовой лаборатории. В течение довольно длительного периода (например, 5 часов в день на объекте или 15–20 проездов исследуемого перегона) наблюдатели фиксируют КФС – схему движения, участников, виновность, развитие ситуации, степень опасности, время, условия и т. д. Естественно, в промежутках между возникновением КФС наблюдатели занимаются другими видами исследования, например, измерением параметров транспортных и пешеходных потоков, а в случае КФС они делают отметку времени и переключаются на ее регистрацию.

Метод КФС имеет два трудноразрешимых момента – идентификацию КФС и определение коэффициента приведения.

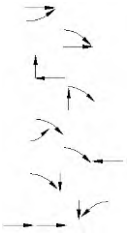
Поскольку КФС, за исключением части тяжелых, происходят без физических контактов между участниками и без значимого нарушения процесса движения, то само их обнаружение представляет определенную сложность. Наблюдатель должен постоянно держать в поле зрения всех участников движения, что, как известно, требует определенной подготовки и физически трудновыполнимо. Здесь, очевидно, неоценимую помощь может и должна оказать видеоаппаратура, производящая постоянную съемку объекта и, при необходимости, запись изображения.

Еще более сложной представляется идентификация КФС. Поскольку оценка ситуации при непосредственном наблюдении является делом глубоко индивидуальным и весьма субъективным, то одни и те же ситуации различными наблюдателями будут оцениваться по-разному. Более того, один и тот же наблюдатель в разное время и в различном состоянии будет давать разные оценки совершенно одинаковым ситуациям. Поэтому необходима очень тщательная подготовка наблюдателей, особенно в области унификации оценки типовых ситуаций. Для этого применяются коллективные обсуждения одной и той же ситуации, просмотр учебных фильмов на основе натурных наблюдений и мультипликации и т. д. И, тем не менее, отсутствие общепринятых мировых эталонов, разброс оценок у обучающегося персонала и другие факторы приводят к тому, что дисперсия оценок КФС очень велика. Известны случаи, когда на международном симпозиуме высококвалифицированные наблюдатели из разных стран, собранные вместе на одном перекрестке, дали совершенно разные оценки наблюдаемым ситуациям.

Не менее сложным представляется численное определение коэффициента приведения $\eta_{кф}$. Во-первых, потому, что для разных видов конфликтов (если их не разделять по видам), для разных скоростей движения и для разных сопутствующих обстоятельств (тормозные качества автомобилей, качество покрытия проезжей части, подготовка и мотивация участников и т. д.) значения

коэффициента $\eta_{кф}$ будут отличными. Во-вторых, потому, что в разных странах и у разных исследователей по-разному фиксируются и сами КФС, и их степень опасности. Поэтому представленные в литературе значения коэффициента приведения, особенно без разделения по видам конфликтов, следует применять с большой осторожностью. Ниже даны некоторые значения коэффициента приведения $\eta_{кф}$, взятые из различных источников (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – **Значения коэффициентов приведения $\eta_{кф}$**

Объект	КФ	Особенность	$\eta_{кф} \cdot 10^{-5}$	Источник
– – – –	Т – Т Т – Т Т – П Т – П	$v \le 30$ км/ч $v > 30$ км/ч $v_0 \le 30$ км/ч $v_0 > 30$ км/ч	2,4 9,6 11,9 34,0	К. Хайден, Швеция
–	Т – Т	$v > 30$ км/ч	53,3	Х. Людвигсен, Дания
–	Т – Т	–	60	Олдер, Спайсер, США
НПК	Т – Т		10,4 20,8 19,2 16,2 12,7 7,1	Х. Эрке, Германия
Улицы городов, перекрестки, дорога 3-й кат., дорога 1-й кат.	Т–Т	–	10,0 1–3 4,5 2,4	В. Шештокас, Д. Самойлов, Литва
– – – –	Т – Т Т – Т Т – П Т – П	$v \le 30$ км/ч $v > 30$ км/ч $v_0 \le 30$ км/ч $v_0 > 30$ км/ч	2,2 24,2 15,4 55,1	Р. Кульмала, Финляндия
–	Т – П	–	25	Д. Антонов, Т. Метсвахи, Эстония
Перекрестки	Т – Т		5,1 5,1 11,9 3,0 0,4 13,0 2,0 0,7 7,0	Р. Дж. Браун, ЮАР

Окончание таблицы 4.7

Объект	КФ	Особенность	$\eta_{кф} \cdot 10^{-5}$	Источник
РПК НПК	Т – Т	–	17,4 15,7	Амундсен, Ларсен, Норвегия
РПК	Т – Т		5,8	Ю. Врубель, БНТУ, Беларусь, 1995
КПК	Т – Т		0,8	
НПХ	Т – П		2	
Необознач.	Т – П		3	
ОП МПТ	Т – П		8	
РПК	Т–П		1,67 1,51	Е. Кот, БНТУ, Беларусь, 2003
РПК	Т–Т		6,2	Д. Капский, БНТУ, Беларусь, 2011
РПК	Т–Т		18,4	
РПК	Т–Т		6,0	
РПК	Т – Т		9,1	
НПХ		$v \le 30$ км/ч	2,9	
РПК	Т – П	$v > 30$ км/ч	7,4	
РПК	Т – П		2,7	
РПК НПК РПК НПК	Т – Т	$v \le 40$ км/ч $v \le 40$ км/ч $v > 40$ км/ч $v > 40$ км/ч	27,6 19,6 28,5 26,9	Олдер, Шиппи, Великобритания

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что значительная разбежка значений $\eta_{кф}$ у разных авторов объясняется субъективной оценкой самого факта появления конфликтной ситуации и ее степени опасности. Кроме того, как представляется, в тех странах, где качество организации дорожного движения и дорожно-транспортной дисциплины выше, конфликтные ситуации встречаются намного реже и весомость каждой из них (коэффициент $\eta_{кф}$) существенно выше. В тех же странах, где организация дорожного движения и дорожно-транспортная дисциплина находятся на невысоком уровне, движение менее аккуратное, с большим числом конфликтных ситуаций и весомость каждой из них (коэффициент $\eta_{кф}$) существенно ниже. Что касается Беларуси, то

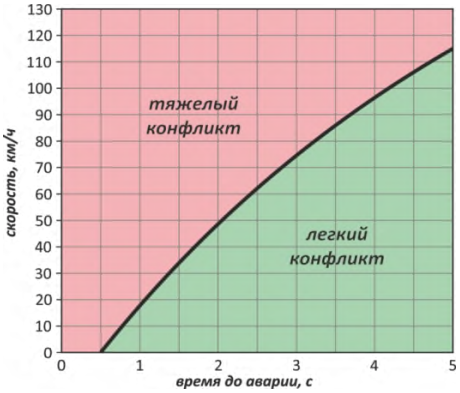
имеет значение и год исследований – с 1995 по 2010 г. число автомобилей в стране увеличилось более чем в 3 раза и характер движения, особенно в городах, существенно изменился.

Таким образом, прогнозирование аварийности по методу КФС позволяет определить вероятное число аварий по результатам краткосрочных исследований существующего участка УДС. Метод особенно пригоден для оперативного внесения корректировок на реконструированных или вновь построенных объектах. Поскольку метод КФС находится в стадии становления, то результаты прогнозирования и оценка действенности самого метода пока противоречивы. Одни авторы утверждают, что сходимость результатов очень высокая (коэффициент корреляции r = 0,88), другие к нему относятся весьма скептически. Представляется, что по мере накопления данных, установления общепринятых эталонов и использования видеоаппаратуры, метод КФС будет применяться значительно шире и приобретать все больше сторонников.

Был предложен метод исследования, позволяющий количественно оценить КФС, связанные с различными маневрами на перекрестке. Метод основан на решении двухмерных уравнений движения пары конфликтующих автомобилей, проезжающих через перекресток, при этом определяется замедление автомобилей. Если суммарное значение превышает некоторое критическое значение (порядка 1,5 м/с^2), то имеет место конфликтная ситуация.

Предложенный метод имеет то преимущество, что он объективен и не зависит от субъективного восприятия, подготовки и взглядов наблюдателя. Однако в методе не устанавливается время до момента возможного столкновения, которое определяет величину замедления. Возможны ситуации, когда при большом замедлении потребности в нем не было, поскольку до момента столкновения оставалось «много» времени – в этом случае КФС вообще могло и не быть, или она была, но гораздо менее опасной.

Были попытки учесть скорость движения и время до момента совершения коллизии (рисунок 4.9).



Линией представлена граница между тяжелыми и легкими конфликтами, рекомендованная шведской техникой конфликта

Рисунок 4.9 – Графическое изображение связи между скоростью движения автомобиля и временем до конфликтной ситуации [12]

В БНТУ усовершенствовали метод КФС, введя в расчетную модель динамическое приведение КФС по степени опасности, динамическое приведение аварий по тяжести последствий и порог чувствительности конфликта. Динамическое приведение КФС проводится с помощью динамических коэффициентов $K_{\text{пк}}^{\text{с}}$ и $K_{\text{пк}}^{\text{т}}$, указывающих, во сколько раз условная опасность средней (с) или тяжелой (т) конфликтной ситуации больше, чем легкой, условная опасность которой принята равной 1. Динамическое приведение аварий по тяжести последствий при прогнозировании аварийности по КФС проводится с помощью коэффициентов $K_{\text{пак}}^{\text{р}}$, $K_{\text{пак}}^{\text{с}}$, указывающих, во сколько раз авария с ранением (р) или со смертельным исходом (с) опаснее аварии с материальным ущербом, условная опасность которой принята равной 1. Порог чувствительности $d_{\text{кфс}}$ представляет собой пороговую величину условной опасности данного вида конфликта в данной конфликтной точке, которая автоматически преодолевается в системе ВАДС и не вызывает аварий. Порог чувствительности выражается в долях от условной опасности одной легкой конфликтной ситуации в час, условная опасность которой принята равной 1. Значение порога чувствительности отнимается от суммарного количества приведенных КФС для каждой конфликтной точки. При этом коэффициент приведения $\eta_{\text{кф}}$ заменен на некую, возможно нелинейную, функцию «*расчетное число приведенных конфликтных ситуаций,* $n''_{\text{кфс}}$ *– число приведенных аварий,* $P'_{\text{а}}$ »:

$$P'_{\text{а}} = f(n''_{\text{кфс}} \cdot 10^{-3}),$$

где $P'_{\text{а}}$ – прогнозируемое число приведенных к легкой (аварии с материальным ущербом) аварий, прив.авт./год;

$f(n''_{\text{кфс}} \cdot 10^{-3})$ – функция пересчета числа расчетных приведенных конфлик-тных ситуаций в число приведенных аварий для каждого типового конфликта; 10^{-3} – коэффициент размерности, вводящий искомые величины в диапазон, удобный для воспри-ятия;

$n''_{\text{кфс}}$ – число расчетных приведенных (к легкой) конфликтных ситуаций.

Определяется по условной приведенной динамической опасности конфликтных ситуаций за вычетом значений порога чувствительности в каждой конфликтной точке.

Все измерения и расчеты проводятся отдельно для каждого вида конфликта, а результаты расчетов суммируются в пределах исследуемого объекта. Более подробно метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям изложен в работе [13].

4.6 Метод потенциальной опасности

Этот метод был разработан в БНТУ (Ю. А. Врубель) и опубликован в 1995 г. Он постоянно совершенствуется – уточняются многочисленные зависимости между факторами, влияющими на аварийность, совершенствуется расчетная модель определения потенциальной опасности (в том числе в нее вводятся новые факторы, влияющие на аварийность), расширяется область применения метода. Имеются большие возможности для дальнейшего совершенствования метода, в том числе и связанные с автоматизированным получением исходных данных. Метод прогнозирования аварийности по потенциальной опасности делает прогноз по набору факторов, влияющих на аварийность, параметры которых можно либо измерить на реальном объекте, либо задать на проектируемом объекте. Это дает возможность оценить и оптимизировать по критерию безопасности организацию движения на существующем объекте либо принимаемые решения по организации движения на стадии разработки или проектирования.

Потенциальная опасность – это риск аварии, выраженный в условных единицах. Она является сложной, закодированной функцией многих факторов и множества их комбинаций, характеризующих взаимодействие в заданных условиях накопленной кинетической энергии конфликтующих транспортных средств, возможностей управления ими и физической защищенности участников движения. Поскольку полностью раскодировать эту функцию пока не удается, то задача сводится к тому, чтобы подобрать такие упрощенные зависимости между факторами, которые давали бы приемлемый по точности прогноз. В принципе это возможно, поскольку имеется огромное количество объектов, для которых хорошо известны входные данные – факторы, влияющие на аварийность, и выходные – статистика аварийности (рисунок 4.10). При современной вычислительной технике и методах анализа такая задача представляется вполне разрешимой.

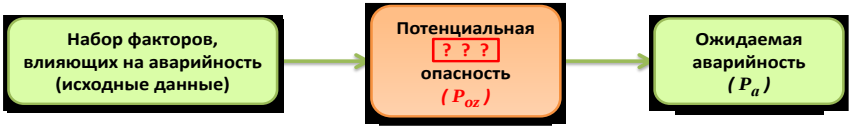


Рисунок 4.10 – Модель прогнозирования аварийности по потенциальной опасности

Прогнозирование аварийности по этому методу выполняется на стадии разработки решений или проектирования. Поскольку оно может быть сильно формализовано и выполняться с помощью ЭВМ, что в значительной мере решает организационные, финансовые и кадровые вопросы, то любое решение по организации дорожного движения должно быть обязательно оценено и

оптимизировано по безопасности. Причем эта оценка и оптимизация должны быть обязательно выполнены еще на стадии разработки решений, что очень важно. Разумеется, в той же мере это решение должно быть оценено и по другим свойствам дорожного движения и соответствующим образом оптимизировано.

Метод позволяет прогнозировать аварийность только на участках конфликтного взаимодействия транспортно-пешеходных потоков. На каждом участке определяется прогнозируемая аварийность по конфликту Т – Т и Т – П.

Исследуемый участок разбивается на элементарные участки (объекты), для которых определяются виды конфликтов и исходные параметры. Вероятное число аварий на объекте P_{a}, авт./год, определяется по формуле

$$P_{\text{a}} = \sum_{1}^{i}\sum_{1}^{k}(P_{\text{az}})_{j,k},$$

где P_{az} – прогнозируемая аварийность в данной конфликтной зоне (КФЗ), авт./год,

$$P_{az} = f\cdot(P^{*}_{\text{oz}}),$$

P^{*}_{oz} – расчетное (ранжированное) значение потенциальной опасности конфликтной зоны,

$$P^{*}_{\text{oz}} = f(P_{\text{oz}}e^{-\gamma}),$$

P_{oz} – начальное значение потенциальной опасности конфликтной зоны,

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

N – количество конфликтных точек в конфликтной зоне;

P_{oi} – потенциальная опасность (за вычетом порога чувствительности) i-х конфликтных точек, входящих в конфликтную зону;

m и n – показатели степени, отличающиеся для каждого режима конфликтного движения (m – от 0,5 до 1,5; n – от 0,5 до 0,85);

γ – зависит от разности максимальных значений потенциальной опасности конфликтных точек главной конфликтной зоны (она выбирается по наибольшему значению потенциальной опасности) и исследуемой конфликтной зоны и расстояниями между этими конфликтными точками. $0 \le \gamma \le 1$;

j – число КФЗ;

k – число режимов движения.

Структурная формула для определения потенциальной опасности в данной конфликтной точке, усл. ед. ПО/год, имеет вид произведения

коэффициентов, представляющих собой влияние на аварийность независимых групп факторов:

$$P_{\text{о}} = K_{\text{он}}^{a_1} K_{v}^{a_2} K_{\text{в}}^{a_3} K_{\rho}^{a_4} K_{\text{н}}^{a_5} K_{\text{у}}^{a_6} K_{t},$$

где $K_{\text{он}}$ – начальная вероятность конфликта. Характеризует вероятность одновременного появления двух конфликтующих участников в конфликтной зоне, под которой здесь понимается пространство вокруг конфликтной точки, одновременное нахождение в котором конфликтующих участников приводит к конфликтным ситуациям. В первом приближении это пространство ограничено неким эллипсом, полуоси которого равны расстоянию, преодолеваемому конфликтующим участником за 1 с. Для большинства конфликтов, имеющих достаточный (более 15º) угол между траекториями движения конфликтующими участниками, величина $K_{\text{он}}$ определяется как произведение интенсивностей (авт./с) конфликтующих потоков. Для столкновений с ударом сзади и, частично, попутных столкновений, величина $K_{\text{он}}$ дополнительно зависит еще и от параметров так называемой зоны дилеммы – пространства перед КФТ, в которой с равной вероятностью водители второстепенного потока могут применять противоположные решения: тормозить и остановиться либо ускориться и проехать. Параметры зоны дилеммы зависят от многих факторов, в том числе от скорости движения, плотности потока, видимости главного конфликтующего участника (или сигналов светофора), прогнозируемости развития событий, скользкости дороги и т. д.;

K_{v} – коэффициент скоростей. Характеризует влияние скорости движения конфликтующих участников на вероятность возникновения коллизии. Зависит от абсолютных и относительных скоростей движения;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент вида конфликта. Характеризует габаритные особенности, присущие данному виду конфликта и геометрическую возможность предпринятия конфликтующими участниками уклончивых действий. Зависит от габаритов (длины и ширины) ТС конфликтующих участников, скорости движения, угла между траекториями движения и условий видимости;

K_{ρ} – коэффициент плотности. Характеризует влияние интенсивности движения и плотности на вероятность коллизии. Зависит от интенсивности движения, состава, плотности и интервальной структуры транспортных потоков;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент нарушений. Характеризует вероятность возникновения конфликтных ситуаций и перерастания их в коллизии при грубых нарушениях Правил движения. Зависит от интенсивности и скорости движения конфликтующих участников, загрузки полос движением (плотности), вероятности нарушения Правил главным и второстепенным конфликтующими участниками и от ожидаемого наличия на участке инспектора;

$K_{\text{у}}$ – коэффициент условий. Характеризует условия, в которых происходит процесс конфликтного движения. Зависит от трех групп факторов: *видимости*,

включающей ранжированные по степени важности подгруппы, – видимость главного и второстепенного потоков в направлении движения, расстояние и качество боковой видимости, одновременность конфликта с несколькими главными конфликтующими участниками, нелогичность строительных или регулировочных решений, видимость средств регулирования, наличие иллюзионных ситуаций; *дорожных условий* – ранжированные скользкость и ровность покрытия и их неравномерность, наличие спуска или сужения проезжей части либо неправильного поперечного профиля перед конфликтной зоной; наличия *пешеходного* движения – ранжированные боковая видимость, расположение переходов и ОП МПТ, наличие функциональных пешеходных ограждений. При этом приведенный перечень может быть дополнен с учетом особенностей исследуемого объекта;

K_t – коэффициент времени, учитывающий продолжительность работы объекта под расчетной нагрузкой;

a_1–a_6 – показатели степени, которые ранжируют коэффициенты структурной формулы, увеличивая или уменьшая их значимость, таким образом, компенсируя существующие несоответствия их расчетных моделей реальным зависимостям.

Таким образом рассмотрены в общем виде все основные составляющие методики прогнозирования. Расчеты потенциальной опасности ведутся для каждого вида конфликта и для всех трех режимов конфликтного движения (если они есть), поскольку каждый из них имеет свои особенности. На регулируемом перекрестке расчеты ведутся для нерегулируемого режима (желтое мигание в вечерние, ночные и утренние часы), внутрифазного (конфликты внутри одной фазы, например, конфликтный левый поворот) и межфазного (в переходном интервале, когда ТС предыдущего направления еще не покинули конфликтную точку, а ТС последующего направления уже пришли в эту точку). На регулируемом пешеходном переходе (вне перекрестка) расчеты ведутся для двух режимов – нерегулируемого и межфазного. Так как расчетные зависимости отличаются для каждого вида конфликта каждого режима движения каждого типового объекта, то для практического применения *метода* необходима разработка соответствующих частных методик прогнозирования аварийности в данном конкретном конфликте данного режима движения данного объекта. «Технология» разработки этих методик имеется, однако для каждой из них требуется большое количество исходных данных для расчета потенциальной опасности (их более 100) для большого числа конфликтов исследуемого вида на исследуемом объекте (не менее 30 объектов) и соответствующая статистика аварийности. Все это связано с определенными организационно-финансовыми и кадровыми проблемами. По этой причине из примерно 30 требуемых частных методик (только для городских объектов) разработано всего лишь 11, касающихся регулируемого перекрестка и нерегулируемого пешеходного перехода, расположенного в зоне установки искусственной неровности. Остальные

методики, в том силе и для городских конфликтных объектов, ждут своего часа. Когда будут разработаны все частные методики, появится возможность создания единой, унифицированной методики, учитывающей все многообразие существующих зависимостей.

Поскольку прогнозирование аварийности по этому методу требует большого количества исходных данных и большого объема вычислительных работ, реально выполнимого только с помощью ЭВМ, то расчетные зависимости и особенности расчета здесь не приводятся. Кратко рассмотрим некоторые отличительные особенности метода.

Ранжирование – повышение или понижение значимости того или иного фактора, параметра или коэффициента – применяется для корректировки приближенных зависимостей. В методе оно применяется при расчетном определении потенциальной опасности:

– при учете одновременного влияния на опасность нескольких факторов из групп «условия движения» (коэффициент $K_{\text{у}}$);

– при учете взаимодействия конфликтных точек внутри одной конфликтной зоны (величина P_{oz});

– при учете взаимодействия конфликтных зон в пределах исследуемого объекта (величина P^{*}_{oz});

– при определении потенциальной опасности в конфликтной точке (величина P_{o}).

Ранжирование проводится различными способами. Степень ранжирования может быть отличающейся для каждой частной методики прогнозирования.

Динамическое приведение аварий вызвано тем обстоятельством, что аварии различной степени тяжести обладают различной накопленной условной энергией разрушения или различной потенциальной опасностью. Одна и та же величина потенциальной опасности может соответствовать меньшему количеству «тяжелых» аварий либо большему числу «легких» аварий, поэтому возникла необходимость приведения динамической опасности аварий различной степени тяжести к общему знаменателю, в частности, аварий с ранением и со смертельным исходом к авариям с материальным ущербом. Приведение аварий производится с помощью $K^{\text{р}}_{\text{пао}}$ и $K^{\text{с}}_{\text{пао}}$ – динамических коэффициентов приведения, соответственно, с ранением и со смертельным исходом, показывающих, во сколько раз их потенциальная опасность больше потенциальной опасности аварии с материальным ущербом, принятой равной 1.

Порог чувствительности конфликта – это средняя пороговая величина потенциальной опасности, которая не приводит к авариям. Значения порога чувствительности отнимаются от рассчитанных значений потенциальной опасности в каждой конфликтной точке.

Пространственная конфликтная точка – это ограниченное пространство

на проезжей части, одновременный проезд через которое двух конфликтующих участников дорожного движения невозможен. Она имеет вид круга либо сектора и занимает площадь, равную примерно $22K_{\text{пн}}^2$, м^2, где $K_{\text{пн}}$ – динамический коэффициент приведения транспортных средств (рисунок 4.11).

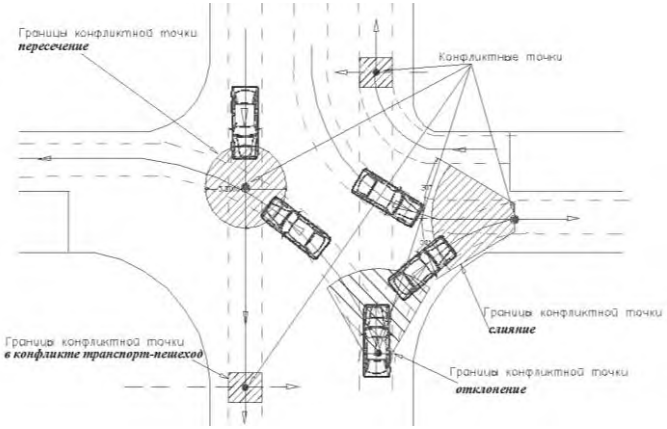


Рисунок 4.11 – Границы пространственных конфликтных точек

Конфликтная зона – это неразрывная группа компактно расположенных и взаимодействующих между собой пространственных конфликтных точек, границы которых пересекаются или соприкасаются. На рисунке 4.12 показана схема образования конфликтных зон.

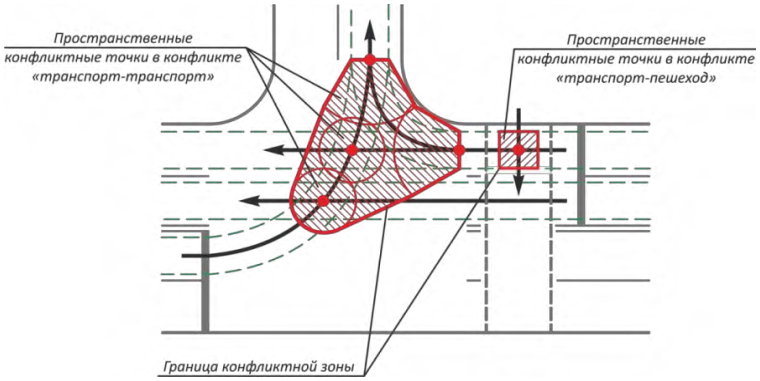


Рисунок 4.12 – Схема образования конфликтной зоны

На каждом объекте для каждого конфликтного режима движения образуются свои, отличающиеся конфликтные зоны. Они могут быть образованы

одной, несколькими либо одновременно всеми пространственными конфликтными точками (рисунки 4.13 и 4.14).

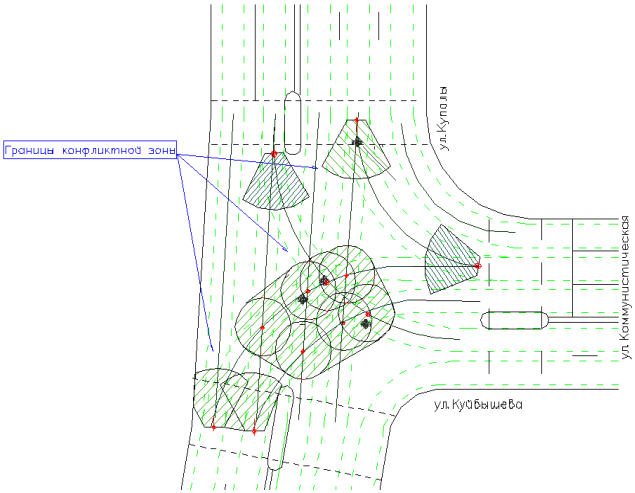


Рисунок 4.13 – Конфликтные зоны в межфазном режиме движения на перекрестке улиц Куйбышева – Купалы, г. Минск

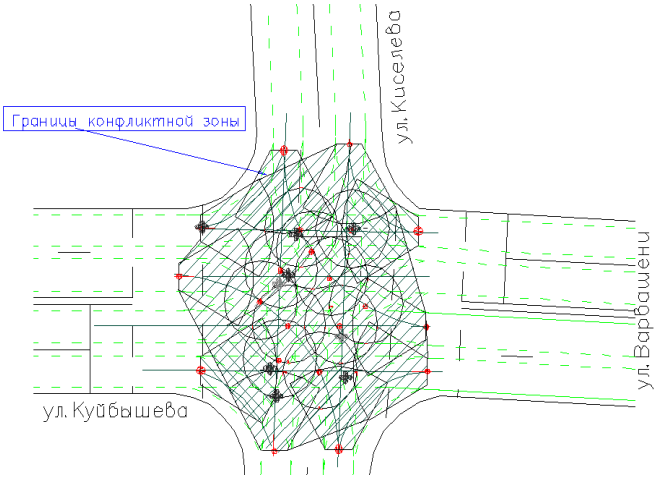


Рисунок 4.14 – Конфликтная зона в нерегулируемом режиме движения на перекрестке улиц Куйбышева – Киселева, г. Минск

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Врубель, Ю. А.** Организация дорожного движения / Ю. А. Врубель. – Минск : Белорус. фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 634 с.

2 **Врубель, Ю. А.** Исследования в дорожном движении : учеб.-метод. пособие к лабораторным работам / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2007. – 178 с.

3 Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-3.03-227–2010 (02250). – Введ. 17.12.2010. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2011. – 49 с.

4 Инструкция о порядке учета дорожно-транспортных происшествий : утв. приказом М-ва внутренних дел Респ. Беларусь 21.03.2013 № 97.

5 СТБ 1300–2014. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения. – Введ. 28.01.14. (с изм. и доп.). – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2014. – 144 с.

6 СТБ 1140–2013. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические условия. – Введ. 31.10.13. (с изм. и доп.). – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 124 с.

7 СТБ 1291–2007. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. – Введ. 30.11.07. (с изм. и доп.). – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 31 с.

8 СТБ 1231–2012. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Общие технические условия. – Введ. 20.04.12. (с изм. и доп.). – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. – 61 с.

9 СТБ 1538–2013. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические условия. – Введ. 23.11.2013. (с изм. и доп.). – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 14 с.

10 ГОСТ 25695–91. Светофоры дорожные. Типы. Основные параметры. – Введ. 01.01.1993. (с изм. и доп.). – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1993. – 14 с.

11 О дорожном движении : Закон Респ. Беларусь от 5 янв. 2008 г. № 313-З.

12 **Капский, Д. В.** Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности : дис. ... д-ра техн. наук / Д. В. Капский. – Минск, 2013. – 250 с.

13 **Бабков, В. Ф.** Дорожные условия и безопасность движения : учеб. по спец. «Строительство автомобильных дорог и аэродромов», «Организация дорожного движения» / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1993. – 270 с. : ил.

14 **Капский, Д. В.** Прогнозирование аварийности в дорожном движении : [монография] / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с. + вкл.

15 **Эльвик, Р.** Справочник по безопасности дорожного движения : обзор мероприятий по безопасности дорожного движения / Р. Эльвик, А. Б. Мюсен, В. Трулс; под ред. В. В. Сильянова. – Осло : [б. и.], 2001. – 753 с. : ил.

Учебное издание

КАПСКИЙ Денис Васильевич
СКИРКОВСКИЙ Сергей Владимирович

АВАРИЙНОСТЬ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ
Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. Г. Привалова*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 14.06.2024 г. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 9,07. Уч.-изд. л. 9,47. Тираж 75 экз.
Зак. № 1139. Изд. № 33.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель.