

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 658.345:656.0

С. В. СКИРКОВСКИЙ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Д. П. ХОДОСКИН, аспирант, Белорусский национальный технический университет, г. Минск

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АВАРИЙНОСТИ НА ПРИМЕРЕ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ И ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ Г. ГОМЕЛЯ

Рассмотрены некоторые из методов исследования аварийности на примере регулируемых перекрестков (РПК) и регулируемых пешеходных переходов (ППХ) г. Гомеля и представлены результаты исследования с помощью топографического анализа (на примере Центрального района города). Отражены результаты проведенного очагового анализа аварийности, в ходе которого произведена классификация наиболее многочисленных и опасных видов дорожно-транспортных ситуаций (аварий), происходящих на территории РПК и подъездах к нему. Приведена количественная характеристика данных видов дорожно-транспортных ситуаций, внутрифазных и межфазных аварий, а также аварий при нерегулируемом режиме, с материальным ущербом, с ранеными и погибшими. Определена классификация уклончивых маневров от столкновения с ударом сзади перед РПК или ППХ. Представлены количественные результаты по маневрам, предшествующим столкновению с ударом сзади, по наиболее аварийным объектам города. Определены самые распространенные из уклончивых видов маневров. Дано краткое описание других методов анализа и прогнозирования и выводы о результатах их применения для исследования столкновений с ударом сзади.

С каждым днем в мире увеличивается уровень автомобилизации и, как следствие, возрастает аварийность. Ежегодно в мире по оценкам экспертов происходит около 30 млн аварий, в которых погибает около 250 тыс. человек и около 7 млн получают ранения, и многие из них остаются инвалидами [1]. Общий экономический ущерб оценивается в более чем 400 млрд долларов ежегодно. В Республике Беларусь ежегодно происходит около 100000 аварий, в том числе примерно 10000 из них с пострадавшими, в которых погибает более 1700 человек и около 9000 человек получают ранения. Примерно 80 % всех аварий совершается в населенных пунктах. Суммарные потери от них достигают порядка 200 млн долларов ежегодно [2]. В нашей стране на более чем 9 млн жителей приходится свыше двух миллионов автомобилей, то есть примерно два автомобиля на десять жителей. В странах Евросоюза этот показатель намного выше, но, к сожалению, по количеству аварий и их тяжести наша страна не сопоставима с развитыми странами (таблица 1).

В связи с этим для принятия рационального решения по совершенствованию организации дорожного движения необходимо не только определить метод исследования, подходящий для выбранного объекта и целей исследования, а также располагать полной и достоверной информацией, которая может быть получена только в результате соответствующих исследований. В данной статье будут рассмотрены некоторые из методов исследования аварийности на примере РПК г. Гомеля.

Наиболее простым, но в то же время сложным и трудоемким для исследователя, является топографический анализ аварийности. Данный вид

анализа наглядно отражает возникновение и перемещение (с течением времени, при сравнении с предыдущим годом) мест концентрации аварий на исследуемом участке улично-дорожной сети.

Таблица 1 – Уровень аварийности и уровень автомобилизации стран мира на 1 января 2006 г. [2]

Страна	Количество аварий с погибшими на 100000 жителей	Количество легковых автомобилей на 1000 жителей
Литва	22	428
Латвия	19	324
Беларусь	18	235
Греция	15	393
Польша	14	323
Кипр	14	463
Словения	13	471
Чехия	13	386
Эстония	13	367
Болгария	13	329
Португалия	12	397
Словакия	10	242
Испания	10	463
Бельгия	10	468
Люксембург	10	669
Италия	9	590
Австрия	9	503
Франция	9	500
Финляндия	7	462
Германия	7	559
Дания	6	362
Англия	6	469
Голландия	5	434
Швеция	5	459

Был проведен топографический анализ аварийности за 2008 год по г. Гомелю по самым аварийным улицам, соответствующим каждому из четырех районов города. На рисунке 1 для приме-

ра представлен топографический анализ аварийности на основных улицах Центрального района города. Данный вид анализа был проведен по отчетным авариям, то есть по авариям с пострадавшими.

Стоит отметить, что повышенный уровень аварийности на пересечениях проспекта Ленина и улицы Интернациональной, а также улиц Трудовой и Кирова связан с большой интенсивностью автомобильного движения.

Среди общего количества аварий подавляющее

большинство принадлежит неотчетным авариям (85 % – по данным источника [2], 76 % – по данным исследования автора по г. Гомелю за 2008 г.), абсолютное большинство среди которых занимают столкновения с ударом сзади (52 % по г. Гомелю за 2008 г. – в сумме по РПК и РПХ [3]). Чаще всего столкновения с ударом сзади происходят перед РПК и РПХ. Это обстоятельство вызвано спецификой работы этих конфликтных объектов.

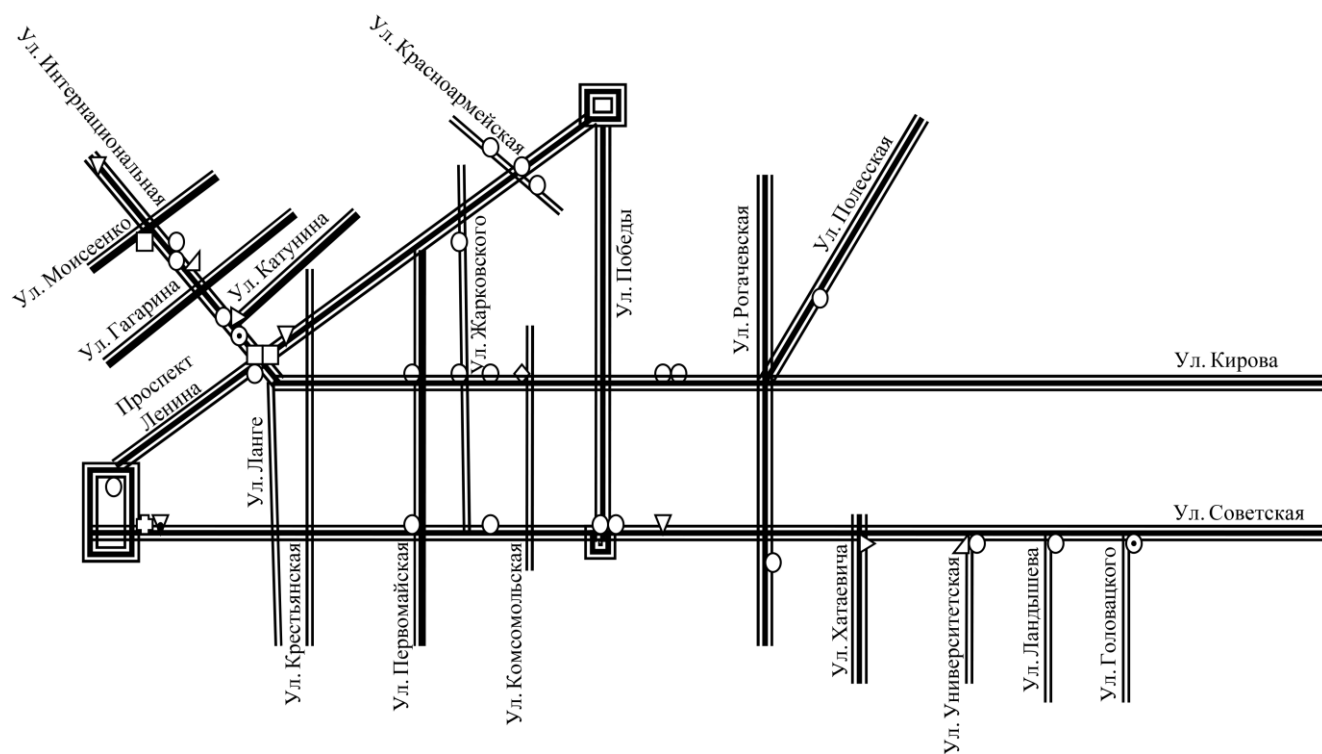


Рисунок 1 – Топографический анализ аварийности на улицах Советская, Кирова, Интернациональная, проспект Ленина:

○ – наезд на пешехода; ◊ – наезд на стоящее транспортное средство, □ – лобовое столкновение; ▽ – наезд на препятствие; ▲ – столкновение с ударом сзади; ▢ – боковое столкновение; ◻ – падение пассажира из-за резкого торможения (поворота) транспортного средства (падение пассажира из транспортного средства).

Примечание – Наличие внутри знаков условных обозначений «*» указывает на смертельный случай.

Для примера рассмотрим аварийность на РПК методом очагового анализа, который был проведен на 38 наиболее аварийных перекрестках города за 2008 г. На рисунках 2 и 3 показан очаговый анализ на РПК улиц Интернациональная и Гагарина.

На рисунках 2 и 3 сплошная линия показывает траекторию движения транспортных средств, пунктирная – траекторию движения пешеходов, звездочка – место совершения аварии. Кружок с порядковым номером аварии указывает виновного участника. Если кружок не заштрихован – авария с материальным ущербом, если наполовину заштрихован – с ранением, полностью заштрихован – с гибелью. Когда совершается несколько аварий одного типа в одном месте, тогда к одной схеме движения приставляется несколько кружков, по количеству аварий.

В спецификации (таблица 2) для каждой аварии приводятся дата, время, номер нарушенного

пункта по правилам дорожного движения (по протоколу ГАИ), состояние дорожного покрытия на момент совершения аварии («М» – мокрое, «С» – сухое, «Ск» – скользкое). Также при наличии можно указывать и другую информацию: нерегулируемый режим (нерег. р.); нетрезвый участник; участие в аварии несовершеннолетних лиц; количество участников аварии (например, 3 транспортных средства – 3ТС).

После проведения очагового анализа каждая авария на 38 РПК была отнесена к одному из основных видов дорожно-транспортных ситуаций (аварий), представленных в таблице 3. В данной статье внимание акцентируется на исследовании самого многочисленного вида аварий – столкновений с ударом сзади, а также на уклончивых действиях от него, поэтому в таблице 3, кроме прочих видов, приведена классификация и данного вида аварий.

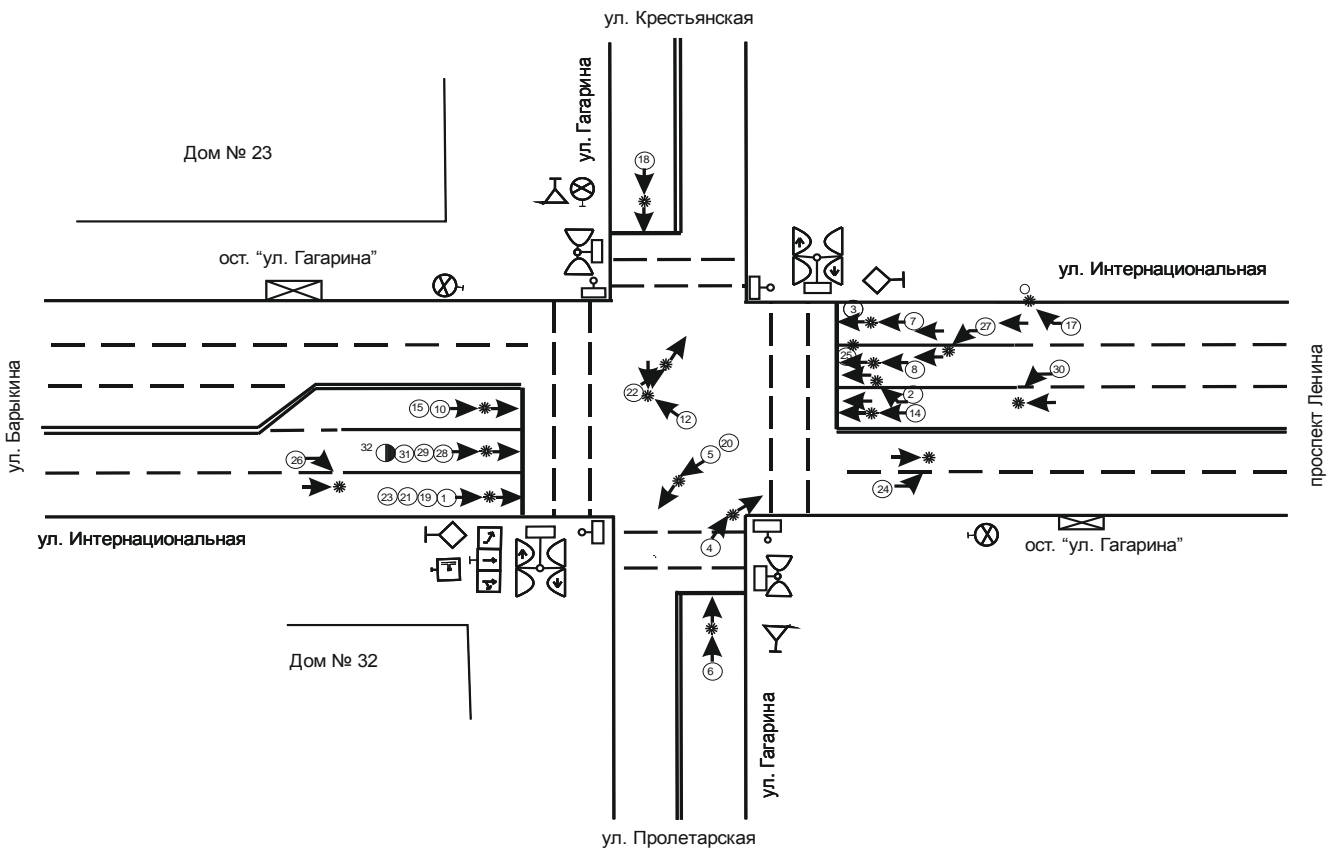


Рисунок 2 – Очаговый анализ на РПК улиц Интернациональная – Гагарина за 2008 г. (ч. I)

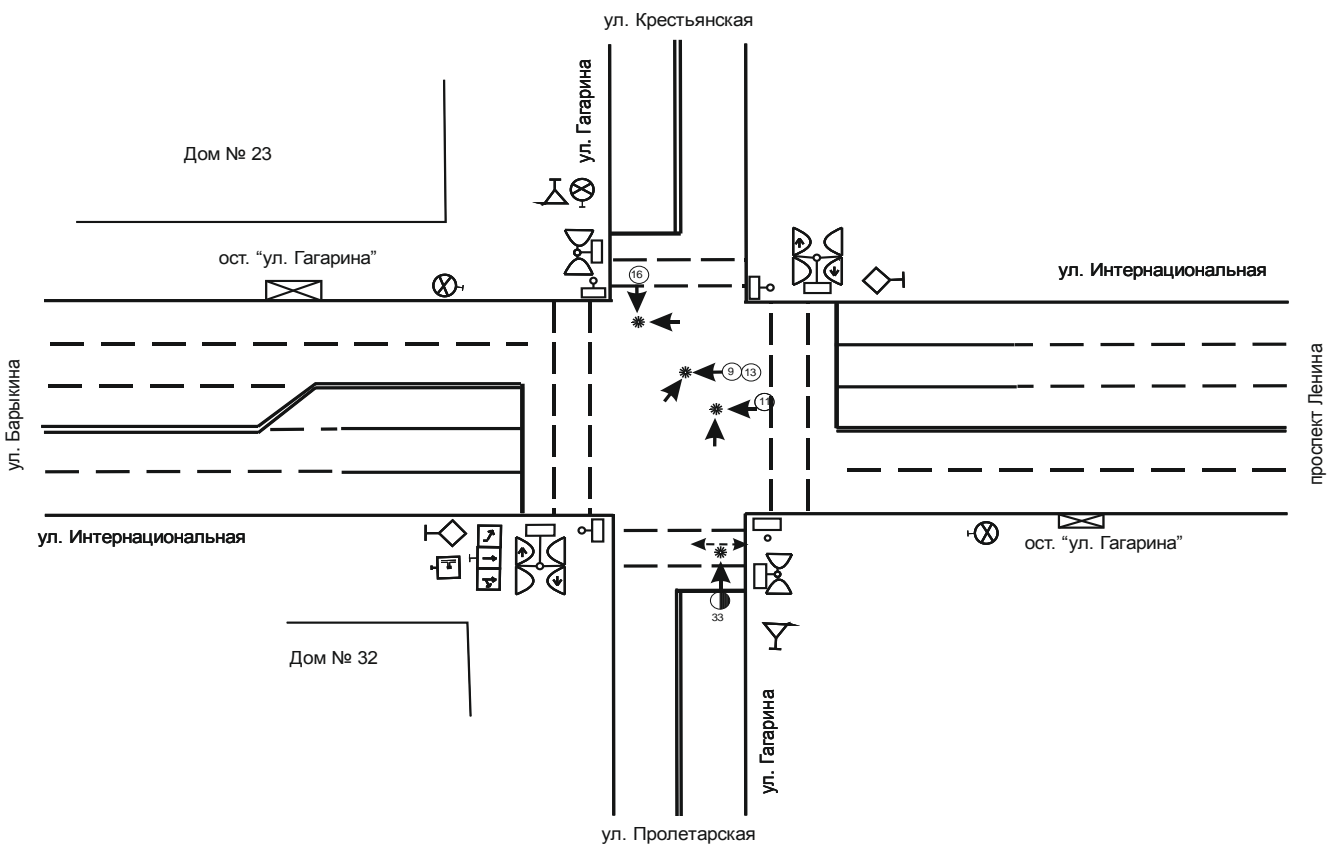


Рисунок 3 – Очаговый анализ на РПК улиц Интернациональная – Гагарина за 2008 г. (ч. II)

Таблица 2 – Спецификация аварий к рисункам 2 и 3

№ аварии	Дата и время совершения аварии	Номер нарушенного пункта ПДД (по протоколу ГАИ)	Состояние дорожного покрытия и другая информация	№ аварии	Дата и время совершения аварии	Номер нарушенного пункта ПДД (по протоколу ГАИ)	Состояние дорожного покрытия и другая информация
1	25.01.08 – 15.45	85	Ск. (ЗТС)	18	04.09.08 – 13.30	87	С.
2	29.01.08 – 15.15	85	Ск.	19	14.09.08 – 15.00	85	С.
3	17.04.08 – 09.40	85	С.	20	19.09.08 – 11.30	85	М.
4	28.04.08 – 07.45	85	С.	21	19.09.08 – 19.20	87	М.
5	25.05.08 – 20.15	85	С.	22	20.09.08 – 09.50	85	М. (ЗТС)
6	01.06.08 – 23.50	87	С. Нерег.р.	23	21.09.08 – 15.00	85	М.
7	02.06.08 – 15.20	87	С.	24	22.09.08 – 11.15	59	М.
8	07.07.08 – 14.10	85	С. (ЗТС)	25	25.09.08 – 15.15	85	С.
9	14.07.08 – 16.40	39.5	С.	26	29.09.08 – 20.00	59	С.
10	18.07.08 – 17.00	85	С.	27	01.10.08 – 19.25	85	С.
11	20.07.08 – 10.25	39.5	С.	28	02.10.08 – 14.50	85	М.
12	04.08.08 – 11.05	111	М.	29	04.10.08 – 19.30	85	М.
13	05.08.08 – 16.20	39.5	М.	30	07.10.08 – 11.45	59	М.
14	12.08.08 – 20.20	85	С. (ЗТС)	31	18.10.08 – 08.15	85	М.
15	17.08.08 – 11.30	85	С.	32	05.11.08 – 09.45	85	М.
16	27.08.08 – 19.40	39.5	С.	33	02.12.08 – 23.30	39.5	Ск. Нерег.р.
17	29.08.08 – 21.00	85	М.				

В условиях повышения интенсивности движения транспортных средств и снижения культуры участников дорожного движения важное экономическое значение имеют исследования столкновений с ударом сзади (по результатам исследований только на РПК – около 41 %, в том числе с уклончивыми действиями).

Следует отметить, что кроме общей количественной оценки аварийности по видам необходимо знать количество внутрифазных и межфазных конфликтов, а также количество аварий, произошедших при нерегулируемом режиме, с материальным ущербом, с ранеными и погибшими.

Результаты обработки данных, полученных в ходе проведения очагового анализа, представлены в таблице 4. В данной таблице приведены 16 (из 25) наиболее многочисленных и тяжелых видов аварий. По результатам обработки видно, что самым многочисленным видом аварий является столкновение с ударом сзади – 289 аварий, что составило примерно 37 % от их общего числа. Следующими видами по численности являются: боковое столкновение (под прямым углом) разноименных потоков – 67 аварий (8,5 %), встречное столкновение одноименных транзитных и левоповоротных потоков – 63 аварии (8 %), касательное столкновение – 57 аварий (примерно 7 %), боковое столкновение при перестроении вблизи перекрестка – 48 аварий (6 %), столкновение с ударом сзади при совершении левого (правого) поворота – 36 аварий (4,5 %).

К авариям с наиболее тяжелыми последствиями относятся аварии с участием пешеходов – наезд на пешехода: при совершении левого поворота – 6 аварий (0,8 %); при совершении правого поворота – 6 аварий (0,8 %); на пешеходном переходе

(ПП) с внешней стороны перекрестка – 34 аварии (примерно 4,5 %); на ПП с внутренней стороны перекрестка – 11 аварий (1,5 %); переходившего проезжую часть в неполюженном месте (вблизи перекрестка) – 11 аварий (1,5 %).

Результаты обработки полученных данных показали, что во внутрифазном конфликте совершается 70,5 % аварий от общего их числа. Это связано с тем, что подавляющее количество аварий на РПК произошло с участием только транспортных средств. На межфазные конфликты приходится примерно 18,5 %, так как данные конфликты подразумевают аварии с участием пешеходов и транспортных средств. На нерегулируемый режим, то есть в вечерние и ночные часы, приходится 11 % от общего числа аварий. Всего аварий с материальным ущербом – 695, что составило 88,5 % от общего числа, аварий с ранеными 85 (10,8 %) аварий с убитыми 5 (0,7 %). В авариях с участием пешеходов в исследуемой выборке пострадало 90 пешеходов, из них 85 ранено и 5 погибло.

Этот вид анализа достаточно эффективно может применяться при изучении мест концентрации такого вида аварий, как столкновения с ударом сзади. В ходе проведения исследования аварийности на конфликтных объектах (РПК и РПХ) было определено пять возможных маневров по уклончивым действиям от столкновения с ударом сзади:

– маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на ТС, стоящее слева на соседней полосе;

– маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на ТС, стоящее справа на соседней полосе;

Таблица 3 – Виды дорожно-транспортных ситуаций (аварий) на регулируемых перекрестках

Дорожно-транспортные ситуации, аварии	Обозначения	Дорожно-транспортные ситуации, аварии	Обозначения
1 Столкновение с ударом сзади		14 Боковое столкновение разноименных транзитных и правоповоротных потоков	
2 Маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на ТС, стоящее слева на соседней полосе		15 Боковое столкновение при перестроении вблизи РПК	
3 Маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на ТС, стоящее справа на соседней полосе		16 Боковое столкновение при левом (правом) повороте с полосы, не предназначенной для движения в данном направлении	
4 Маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на светофорную стойку, бордюр, опору освещения, дерево		17 Наезд на препятствие (бордюр, опору, дерево)	
5 Маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и выезд на полосу встречного движения		18 Наезд на ТС, находящееся сзади (перед стоп-линией)	
6 Столкновение с ударом сзади при совершении левого (правого) поворота		19 Падение в салоне ТС пассажира при резком торможении или повороте	
7 Касательное столкновение (при подъезде к РПК или на РПК, или при левом (правом) повороте)		20 Наезд на ТС, движущееся сзади (на стоянках вблизи РПК)	
8 Боковое столкновение разноименных потоков		21 Наезд на пешехода при совершении левого поворота	
9 Боковое столкновение разноименных транзитных и левоповоротных потоков		22 Наезд на пешехода при совершении правого поворота	
10 Встречное столкновение одноименных транзитных и левоповоротных потоков		23 Наезд на пешехода на ПП с внешней стороны РПК	
11 Боковое столкновение одноименных однонаправленных левоповоротных и правоповоротных потоков		24 Наезд на пешехода на ПП с внутренней стороны РПК	
12 Боковое столкновение разноименных разнонаправленных двух левоповоротных потоков		25 Наезд на пешехода, переходившего проезжую часть в неположенном месте (вблизи РПК)	
13 Встречное столкновение одноименных двух левоповоротных потоков			

– маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и выезд на полосу встречного движения;

– маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на светофорную стойку, опору освещения, бордюр, дерево;

– маневр по уклончивому действию от столкновения с ударом сзади и наезд на ограждение, расположенное слева на разделительной полосе.

На рисунке 4 приведена схема возможных уклончивых маневров от столкновения с ударом сзади перед РПК или РПХ.

Таблица 4 – Результаты обработки наиболее многочисленных и тяжелых видов дорожно-транспортных ситуаций на регулируемых перекрестках г. Гомеля за 2008 г.

№ по таблице 3	Дорожно-транспортные ситуации, аварии	Общее число аварий	% от общего числа	Внутри-фазный конфликт	Меж-фазный конфликт	Нерегулируемый режим	Аварии с материальным ущербом	Аварии с ранеными	Аварии с погибшими
1		289	36,81	283	–	6	284	5	0
2		4	0,51	4	–	0	4	0	0
3		5	0,64	5	–	0	5	0	0
4		11	1,40	8	–	3	11	0	0
5		12	1,53	10	0	2	12	0	0
6		36	4,59	35	–	1	36	0	0
7		57	7,26	56	–	1	56	1	0
8		67	8,54	–	45	22	60	7	0
9		42	5,35	–	34	8	42	0	0
10		63	8,03	53	3	7	59	4	0
15		48	6,12	45	–	3	48	0	0
21		6	0,76	6	–	0	1	5	0
22		6	0,76	5	1	0	1	5	0
23		34	4,33	–	29	5	0	32	2
24		11	1,40	–	9	2	0	10	1
25		11	1,40	–	8	3	0	11	0
Общее количество по всем видам дорожно-транспортных ситуаций (25)		785		554	144	87	695	85	5
Общий %		100	100	70,57	18,34	11,08	88,53	10,83	0,64

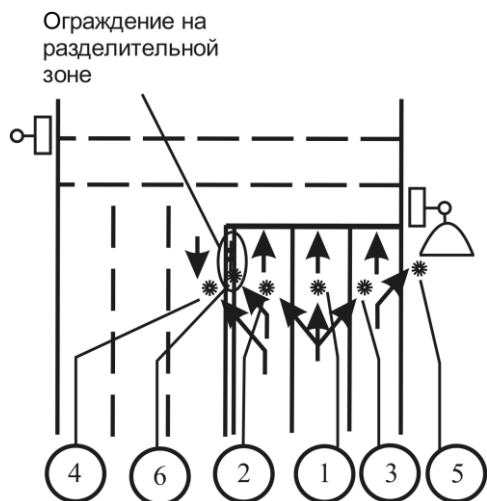


Рисунок 4 – Схема возможных уклончивых маневров от столкновения с ударом сзади перед РПК или РПХ

В ходе проведения анализа на самых аварийных РПК и РПХ города были получены количественные данные, характеризующие искомый ряд уклончивых действий от столкновения с ударом сзади – маневров, предшествующих аварии. Обработка полученных результатов приведена в таблице 5.

Как видно из таблицы, самыми многочисленными результатами уклончивых действий являются: выезд на полосу встречного движения; наезд на правый бордюр или же выезд за пределы проезжей части и наезд на дерево (или светофорную стойку, или опору освещения).

На практике рассмотренные методы (топографический метод и метод очагового анализа) являются наиболее наглядными и могут дать обобщенное представление об уровне аварийности конкретного объекта, района улично-дорожной сети.

Таблица 5 – Обработка полученных результатов по маневрам, предшествующим столкновению с ударом сзади

Виды аварий	Аварии на РПК		Аварии на РПХ		Аварии на РПК и РПХ	
	общее число	% от общего числа столкновений с ударом сзади на РПК	общее число	% от общего числа столкновений с ударом сзади на РПХ	Всего	% от общего числа столкновений с ударом сзади на РПК и РПХ
	289	89,20	127	88,19	416	88,89
	4	1,23	3	2,09	7	1,50
	5	1,54	1	0,69	6	1,28
	12	3,70	6	4,17	18	3,85
	11	3,40	6	4,17	17	3,63
	3	0,93	1	0,69	4	0,85
Общее число аварий	324	100	144	100	468	100

Наибольший эффект исследователь получает, применяя эти методы в комплексе, так как топографический анализ дает достаточный объем количественной, качественной и топографической информации об аварийности на данном участке, а применение метода очагового анализа позволяет получить большой объем разнообразной статистической информации, пригодной для последующего анализа и прогнозирования. В результате возможным становится определение характерных видов аварий и их вероятных причин для каждого конфликтного объекта и разработка на их основе комплекса мероприятий, позволяющих устранить эти причины, что приведет в конечном итоге к уменьшению уровня аварийности и тяжести последствий.

Для исследования аварийности, в частности столкновений с ударом сзади, кроме приведенных выше, также можно использовать и другие методы анализа: вероятностное моделирование движения лидирующего и ведомого автомобилей, упрощенные динамические модели, теория следования за лидером и метод зоны дилеммы. Ниже приведены краткое описание данных методов и выводы о результатах их применения для исследования столкновений с ударом сзади на РПК и РПХ г. Гомеля.

В работе [4] широко используются вероятностные и математические модели. С точки зрения поддержания необходимой дистанции безопасности при попутном следовании столкновение с ударом сзади рассматривается как случайное событие *A*. Такое событие является следствием одновре-

менного появления двух событий: движения ведомого автомобиля в условиях нарушенной дистанции безопасности – событие *B* и экстренного торможения лидирующего автомобиля – событие *C*. Таким образом, событие *A* является производным событий *B* и *C*. Причем события *B* и *C* являются независимыми случайными событиями. Данная модель является достаточно сложной, а ее упрощение и вывод условного закона распределения дистанции безопасности аналитическим методом приводит к искажению результатов моделирования, что затрудняет ее применение на практике.

Процесс исследования взаимодействия между автомобилями подразумевает установление закономерностей режима движения лидирующего и ведомого автомобилей и механизма передачи воздействий автомобилей друг на друга. Для этих целей были разработаны динамические модели [5, 6]. Они позволяют проводить оценку безопасных дистанций между лидирующим и ведомым автомобилями при их движении и в процессе торможения лидирующего автомобиля. Построение таких моделей основано на следующих предположениях: автомобили движутся в потоке с одинаковой скоростью; расстояние между автомобилями достаточное для остановки ведомого автомобиля без наезда на лидирующий.

Однако применение упрощенных динамических моделей подразумевает распространение на весь транспортный поток расстояний, полученных при расчете для лидирующего и ведомого автомобилей. Такая позиция не вполне верна, так как на данном этапе не учитывается разнородность состава движения. Также к недостаткам такого подхода можно отнести то, что не учитывается расстояние, пройденное ведомым автомобилем за время нарастания замедления [5].

Рассмотренные теории используются в большей степени для определения пропускной способности. Однако данные зависимости можно применять и при моделировании движения лидирующего и ведомого автомобилей при торможении.

Для изучения взаимодействия следующих друг за другом автомобилей в работах [5–8] применяется теория «следования за лидером». Она базируется

на гипотезе о наличии определенной «чувствительной» закономерности при взаимодействии автомобилей, следующих друг за другом на небольшом расстоянии. Посредством данной теории можно детально изучить взаимодействие автомобилей, движущихся в попутном направлении. Однако вывод аналитических зависимостей посредством теории «следования за лидером» очень трудоемок.

Следующим методом, используемым для изучения столкновений с ударом сзади, является метод зоны дилеммы. Существует два подхода к определению зоны дилеммы – «активный» и «инертный». Данный метод позволяет, используя три предельных расстояния до стоп-линии, определить параметры зоны дилеммы. Затем при увеличении переходного интервала и постановке соответствующего разработанного знака (из группы предписывающих знаков) возможно трансформировать инертную зону в активную, тем самым устранив влияние зоны дилеммы.

Список литературы

- 1 Врубель, Ю. А. Организация дорожного движения. В 2 ч. Ч. 1. / Ю. А. Врубель. – Мн. : Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 328 с.
- 2 Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении : [монография] / Д. В. Капский. – Мн. : БНТУ, 2008. – 243 с.
- 3 Ходоскин, Д. П. Исследование замедления и начальной скорости торможения на регулируемых перекрестках / Д. П. Ходоскин // Политранспортные системы : материалы VII Всерос. науч.-техн. конф., Красноярск, 25–27 ноября 2010 г. – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2010. – С. 578–583.
- 4 Ноздричев, А. В. Разработка блока оптимальной сигнализации торможения двигателем : дис ... канд. техн. наук : 05.05.03 / А. В. Ноздричев. – Курган, 2001. – 164 с.
- 5 Фишельсон, М. С. Городские пути сообщения / М. С. Фишельсон. – 2-е изд. – М. : Высш. школа, 1980. – 292 с.
- 6 Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании автомобильных дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 301 с.
- 7 Вол, М. Анализ транспортных систем / М. Вол, Б. Мартин; сокр. пер. с англ. С. В. Альбова, П. П. Кобзева; под ред. И. А. Молодых. – М. : Транспорт, 1981. – 515 с.
- 8 Herman, R. Frequency and Amplitude Dependence of Disturbances in a Traffic Streams / R. Herman, R. Rothery // Proceedings of IV International Symposium on Theory Traffic Flow, 1969. – P. 14–22.

Получено 09.03.2011

S. V. Skirkovsky, D. P. Khadoskin. The methods for the example of accidents controlled junctions and controlled pedestrian crossing Gomel.

Address some of the methods of investigation of accidents on the example of controlled intersections (CCR) and controlled pedestrian crossings (CPC) in Gomel and the results of investigations of accidents with the help of topographic analysis (for example, Central District). Reflected the focal analysis of the accident in which a classification of the most numerous and dangerous types of traffic situations (accidents) occurring on the territory of the CCR and the entrances to it. The quantitative characterization of these types of traffic situations, intraphase and interphase accidents, as well as accidents in unregulated regime, with material damage, with the wounded and dead. Defined classification of evasive maneuvers from a collision with a blow from behind in front of the CCR or CPC. Quantitative results on maneuvers preceding a collision with a blow from behind in most emergency facilities of the city: 38 CCR and 20 CPC. Identified the most common types of evasive maneuvers. A brief description and other methods of analysis and forecasting, and conclusions about the results of their application to the study of collisions with a rear impact.