

**ФГБОУ ВПО «БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

ХРИСТОФОРОВ Е.Н.

САКОВИЧ Н.Е.

НИКИТИН А.М.

Теоретические основы безопасности дорожного движения



БРЯНСК – 2014

УДК 658.382.2(035.3)
ББК 39.808
Х – 93

ISBN 978-5-88517-252-3

Христофоров Е.Н. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ: Монография /Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия», 2014. - 188 с.

Монография посвящена проблеме аварийности на дорогах Российской Федерации. Актуальность темы исследования определялась как практической значимостью этой проблемы в стране, так и недостаточным научным обоснованием теоретических вопросов обеспечения безопасности дорожного движения. Она позволяет расширить количество методов анализа дорожно-транспортных происшествий, выбрать профилактические мероприятия максимально эффективные для снижения показателей аварийности.

Монография предназначена для преподавателей, студентов вузов по специальностям автомобильного транспорта, безопасности жизнедеятельности, работников ГИБДД и автотранспортных предприятий, занимающимися вопросами безопасности дорожного движения.

Рецензенты:

д.т.н, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и химия» ФГБОУ ВПО Брянский ГТУ А.В. Тотай;

д.т.н, профессор кафедры «Высшая математика и физика», ФГБОУ ВПО Брянская ГСХА В.А. Погоньшев.

Рекомендована к изданию учебно – методической комиссией факультета энергетики и природопользования от 8.04.14 г., протокол №3.

ISBN 978-5-88517-252-3

© Христофоров Е.Н., 2014
© Сакович Н.Е., 2014
© Никитин А.М., 2014
© Брянская ГСХА, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Актуальность проблемы обеспечения безопасности дорожного движения.....	7
2 Основные понятия и определения.....	10
Глава 1. Обеспечение безопасности дорожного движения.....	13
1.1 Этапы обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации.....	13
1.2 Основные принципы управления транспортным комплексом Российской Федерации.....	14
1.3 Политика Министерства транспорта Российской Федерации в области безопасности дорожного движения.....	16
1.4 Система «Водитель – автомобиль – дорога – среда»	20
Глава 2 Факторы, влияющие на безопасность дорожного движения. Показатели безопасности дорожного движения.....	23
2.1 Факторы, влияющие на безопасность дорожного движения.....	23
2.2 Показатели безопасности дорожного движения.....	28
2.2.1 Статистические показатели.....	28
2.2.2 Вероятностные показатели.....	33
2.3 Методы расчета показателей безопасности дорожного движения.....	37
2.3.1 Статистические методы расчета показателей безопасности дорожного движения.....	42
2.3.2 Применение корреляционного и регрессионного анализов для оценки влияния эксплуатационных факторов на уровень безопасности дорожного движения.....	47
2.4 Методы расчета вероятностного показателя безопасности дорожного движения.....	50
2.4.1 Логико-вероятностный метод расчета вероятностных показателей безопасности дорожного движения.....	52
2.4.2 Расчет показателей безопасности дорожного движения с использо-	

ванием моделей Марковских процессов.....	58
2.4.3 Оценка безопасности дорожного движения с учетом возможности восстановления системы.....	63
2.4.4 Комбинированный метод определения показателей безопасности дорожного движения.....	66
2.5 Задачи, решаемые с помощью вероятностных показателей безопасно- сти дорожного движения.....	70
Глава 3 Влияние неисправностей транспортных средств на безопас- ность дорожного движения.....	72
3.1 Статистические данные и классификация неисправностей транспорт- ных средств.....	72
3.2 Подход к оценке безопасности дорожного движения при возможных отказах транспортных средств.....	74
3.3 Схема моделей действий водителя при отказах транспортных средств.....	76
3.4 Время запаздывания вмешательства водителя в управление при отка- зах транспортных средств.....	80
3.5 Оценка степени опасности неисправностей транспортных средств...83	
3.5.1 Расчетный (аналитический) метод.....	83
3.5.2 Метод статистических испытаний.....	84
3.5.3 Метод экспертного оценивания.....	86
3.6 Технические устройства повышения безопасности дорожного дви- жения.....	87
3.7 Мероприятия по повышению безопасности дорожного движения и оценка их эффективности.....	94
3.8 Требования к надежности транспортных средств из условия обеспе- чения заданного уровня безопасности дорожного движения.....	96
Глава 4 Влияние ошибок водителя и обслуживающего персонала на безопасность дорожного движения.....	100
4.1 Водитель как элемент системы «Водитель – автомобиль – дорога –	

среда».....	100
4.2 Статистические данные и роль обслуживающего персонала в обеспечении безопасности дорожного движения.....	102
4.3 Методы оценки влияния действий обслуживающего персонала на безопасность дорожного движения.....	104
4.3.1 Оценка безопасности дорожного движения, определяемой действиями обслуживающего персонала.....	108
4.3.2 Мероприятия по повышению безопасности дорожного движения, определяемой действиями обслуживающего персонала.....	112
4.4 Методы оценки влияния действий водителей на безопасность дорожного движения.....	114
4.4.1 Подход к оценке безопасности дорожного движения, обусловленный действиями водителя.....	114
4.4.2 Оценка безопасности выполнения маневра в дорожном движении по найденным законам распределения определяющих параметров.....	118
4.4.3 Оценка вероятности безопасного выполнения маневра по законам отклонения органов управления.....	120
4.4.4 Оценка вероятности безошибочных действий водителя.....	122
Глава 5 Дорожные условия и безопасность дорожного движения...	124
5.1 Анализ дорожно – транспортных происшествий из-за дорожных условий.....	124
5.2 Явления погоды, особо опасные для движения автотранспортных средств.....	125
5.3 Автомобильная транспортная сеть. Классификация автомобильных дорог.....	131
Глава 6 Мероприятия по обеспечению безопасности дорожного движения.....	139
6.1 Обоснование мероприятий по предупреждению дорожно-транспортных происшествий.....	139
6.2 Выбор профилактических мероприятий, максимально эффективных	

для обеспечения безопасности дорожного движения.....	144
6.2.1 Выбор мероприятий, направленных на обеспечение безопасности движения в условиях ограниченных ресурсов и времени.....	144
6.2.1.1 Общая постановка задачи.....	145
6.2.1.2 Нормировка эффективности мероприятий.....	146
6.2.2 Решение задачи достижения максимальной эффективности за минимальное время, ограниченное в интервале $(0, T_p)$ критериальным методом.....	148
6.3 Оценка эффективности мероприятий направленных на снижение аварийности.....	157
6.3.1 Основные принципы и методы оценки.....	157
6.3.2 Определение затрат на проведение мероприятий.....	160
6.3.3 Определение эффективности от проведения мероприятий.....	161
6.3.4 Расчет эффективности мероприятий по снижению аварийности на автомобильных дорогах.....	166
6.4 О методологии построения системы управления безопасностью дорожного движения.....	168
6.4.1 Нормативное прогнозирование аварийности.....	168
6.4.2 Автоматизированная информационная система.....	169
6.4.3 Метод распознавания образов.....	170
6.5 Комплексная программа обеспечения безопасности дорожного движения.....	175
Заключение.....	178
Литература.....	179

ВВЕДЕНИЕ

1 АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Проблема обеспечения безопасности дорожного движения представляет собой одну из актуальнейших, наиболее сложных и недостаточно изученных проблем. Актуальность проблемы состоит в том, что в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) гибнут люди, наносится значительный материальный ущерб, нарушается транспортный процесс. Показатели аварийности на дорогах страны, потери от ДТП, угрожают национальной безопасности страны.

Обеспечение безопасности дорожного движения в стране сложная многогранная проблема. Сложность проблемы состоит в том, что она зависит от многочисленных факторов, случайно проявляющихся на всех этапах существования транспортных средств, начиная от разработки, создания опытного образца, дорожных испытаний, серийного производства и, наконец, массовой эксплуатации. В разработке, создании и применении транспортных средств, принимает участие большое число специалистов автомобильной промышленности, квалификация и добросовестность работы которых, качество оборудования и технический уровень в стране закладывают надежность и уровень безопасности транспортных средств. В обеспечении безопасности дорожного движения принимают участие многочисленные специалисты различных министерств и ведомств, от подготовки и дисциплинированности которых зависит не только полнота реализации заложенных в технике свойств, но и повышение его путем совершенствования методов технической эксплуатации, обслуживания и ремонта. Недостатки и просчеты, допущенные на всех этапах создания, эксплуатации транспортных средств, в явном виде проявляются только на заключительном этапе – в процессе массовой эксплуатации, когда устранение выявленных конструктивно – производственных недостатков уже затруднено, а иногда и практически невозможно.

Несмотря на то, что проблема обеспечения безопасности дорожного движения возникла одновременно с созданием первых транспортных средств, глубокому изучению этой проблемы стали уделять серьезное внимание только последние 30...35 лет. Это объясняется тем, что на разных этапах развития автомобильной техники решение этой проблемы имело различное значение. В первые десятилетия развития автомобильной техники, машины имели ограниченные возможности. Дорожно – транспортные происшествия с такими автомобилями редко приводили к тяжелым последствиям. С другой стороны представляются современные транспортные средства. Улучшение качества дорог, значительное улучшение скоростных характеристик автомобилей, нарушение водителями и пешеходами правил дорожного движения, приводят к катастрофическим последствиям.

Статистические данные аварийности показывают, что развитие автомобильной техники сопровождается неравномерным, но закономерным повышением числа дорожно – транспортных происшествий. Требования повышения уровня безопасности движения отстает от требований, предъявляемых к современной технике. Особую остроту проблема обеспечения безопасности движения приобрела за последние годы, что связано не только с усложнением конструкции транспортных средств, но с расширением функций, их систем, усложнением задач, выполняемых на автомобильном транспорте, который является лидером перевозки пассажиров и грузов. Все это, вместе взятое, повысило актуальность решения проблемы обеспечения безопасности дорожного движения, стимулировало развитие теории безопасности дорожного движения.

На развитие теории и формирование в ВУЗ учебной дисциплины "Теория безопасности дорожного движения" значительное влияние оказали научные исследования, проводившиеся в первую очередь автомобильной промышленностью. Большой вклад в развитие теории безопасности дорожного движения внесли ученые МАДИ, НИИАТ, МАИ, МВТУ (ГТУ) им. Н.Е. Баумана, Вл.ГУ, НИЦ ГИБДД и другие. Теория безопасности дорожного движения должна разрабатывать новые и совершенствовать существующие методы ис-

следования безопасности движения, создавать методы оценки влияния различных факторов на её уровень, отыскивать новые пути повышения безопасности движения. Вместе с тем, необходимо помнить, что без строгого выполнения Правил дорожного движения, укрепления дисциплины и должного порядка при организации и проведении дорожного движения никакая теория, располагающая современными методами, не может гарантировать обеспечение безопасности дорожного движения. К сожалению, практика показывает, что значительная часть дорожно-транспортных происшествий объясняется упущениями в организации и руководстве дорожным движением, нарушениями установленных правил обслуживания и ремонта транспортных средств, недостатками в методике обучения и подготовке водителей, их недисциплинированностью.

2 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Дорожное движение (ДД) – совокупность общественных отношений, возникающих в процессе перемещения людей и грузов с помощью транспортных средств или без таковых в пределах дорог;

2. Безопасность дорожного движения (БДД) – состояние данного процесса, отражающее степень защищенности его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий;

3. Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) – событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб;

4. Обеспечение безопасности дорожного движения (ОБДД) – деятельность, направленная на предупреждение причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, снижение тяжести их последствий;

5. Участник дорожного движения – лицо, принимающее непосредственное участие в процессе дорожного движения в качестве водителя транспортного средства, пешехода, пассажира транспортного средства;

6. Организация дорожного движения – комплекс организационно-правовых организационно-технических мероприятий и распорядительных действий по управлению движением на дорогах;

7. Дорога – обустроенная или приспособленная и используемая для движения транспортных средств полоса земли либо поверхность искусственного сооружения. Дорога включает в себя одну или несколько проезжих частей, а также трамвайные пути, тротуары, обочины и разделительные полосы при их наличии;

8. Транспортное средство (ТС) – устройство, предназначенное для перевозки по дорогам людей, грузов или оборудования, установленного на нем.

9. Безопасность – отсутствие опасности. В понятие БДД будем вкладывать смысл выполнения дорожного движения (рейса) без угрозы жизни и здоровья водителя, пассажиров и пешеходов. В дорожном движении, как и во вся-

ком движении, присутствует некоторая потенциальная опасность (риск) и, чем меньше риск, тем выше БДД.

10. Отказ – событие, заключающиеся в полной или частичной потере работоспособности системы (система техническая объект в целом) или блока (составная часть системы).

11. Транспортная авария – авария на транспорте, повлеченная за собой гибель людей, причинение пострадавшим тяжелых телесных повреждений, уничтожение и повреждение транспортных сооружений и средств или ущерб окружающей природной среде.

12. Причина ДТП – неблагоприятный фактор или их совокупность, приводящие к дорожно-транспортному происшествию.

13. Многофункциональная система «Водитель – Автомобиль – дорога – среда» (ВАДС). В дальнейшем в рассматриваемой системе элемент «среда» входит в элемент «дорога».

14. Неблагоприятный фактор – событие или явление в системе «Водитель –автомобиль – дорога» или во внешней среде, которое приводит к нарушению нормального функционирования системы, сопровождающаяся возникновением опасной ситуации.

15. Опасная ситуация – это ситуация, при которой создается большая вероятность дорожно – транспортного происшествия.

16. Опасность – ситуация, в которой возможно возникновение явлений и процессов, негативно воздействующих на людей и приводящих к материальному ущербу или разрушительно влияющих на окружающую среду.

17. Водитель – лицо, управляющее каким – либо транспортным средством, погонщик, ведущий по дороге вьючных, верховых животных или стадо. К водителю приравнивается обучающий вождению.

18. Участник дорожного движения – лицо, принимающее непосредственное участие в процессе движения в качестве водителя, пешехода, пассажира транспортного средства.

19. Правила дорожного движения (ПДД).

20. *Автотранспортное предприятие* (АТП).

21. *Пассажир* – лицо, кроме водителя, находящееся в транспортном средстве (на нем), а также лицо, которое входит в транспортное средство (садится на него) или выходит из транспортного средства (сходит с него).

22. *Пешеход* – лицо, находящееся вне транспортного средства на дороге и не производящее на ней работу. К пешеходам приравниваются лица, передвигающиеся в инвалидных колясках без двигателя, ведущие велосипед, мопед, мотоцикл, везущие санки, тележку, детскую или инвалидную коляску.

23. *Государственная инспекция дорожного движения* (ГИБДД).

24. *Автотранспортное средство* (АТС) – транспортное средство, тяговое усилие которого создается с помощью двигателя за счет сцепления его колес или колес буксирующего транспортного средства с дорогой, не оборудованной специальными направляющими устройствами для колес.

ГЛАВА 1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

1.1 ЭТАПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

При анализе безопасности дорожного движения в России четко выделяются три характерных периода. В первом периоде до начала 70-х годов XX века наблюдается рост погибших на фоне постоянно увеличивающегося транспортного парка. Рост уровня аварийности вызвал необходимость разработки комплекса общегосударственных мер. Принимаются единые для всей страны правила дорожного движения, образуется всесоюзная комиссия по обеспечению БДД, создаются и укрепляются ведомственные службы БДД, увеличивается численность и изменяется структура Государственной автомобильной инспекции (ГАИ), предпринимаются шаги для ее технического оснащения. Совершенствуется нормативно-правовая база, разрабатываются и принимаются стандарты по активной и пассивной безопасности автомобилей. Все это позволило добиться стабилизации положения, сопровождающейся снижением роста ДТП.

Во втором периоде, до середины 80-х годов, наблюдается дальнейший рост ДТП. Здесь застойные явления в экономике определили хроническое отставание качества и безопасности дорог, автотранспортных средств от мирового уровня. Длительный период замалчивания масштабов потерь от ДТП привел к отставанию массового сознания населения от темпов нарастания проблем БДД, не способствовал современной постановке вопросов перед широкой общественностью, а также объективному анализу, как количественному, так и качественному. В основу наиболее распространенной формы анализа аварийности до настоящего времени положен признак вины участников дорожного движения. Вместе с тем, условия дорожного движения, эксплуатационное состояние и конструкции автотранспортных средств, неполная реализация обычных мер в совокупности и определили низкую эффективность борьбы с аварийностью в эти годы

Третий период начался с 1985 года и продолжается в настоящее время, отмечается значительным ростом ДТП. Этому в первую очередь способствова-

ла перестройка хозяйственной деятельности страны. Идет сокращение ведомственных служб БДД, снизилась правовая, финансовая дисциплина, что привело к вседозволенности, пренебрежительного отношения населения к закону. Падение дисциплины участников движения вызвало изменение ситуации на дорогах страны к худшему, привело к росту числа происшествий всех видов и, в первую очередь, характеризующихся наиболее тяжелыми последствиями: встречные столкновения, наезды, опрокидывания.

1.2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ КОМПЛЕКСОМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Для Российской экономики, находящейся на этапе коренных преобразований, крайне актуальными является формирование новой системы управления транспортом, которая должна не только гарантировать надежную его работу в данных условиях, но и обеспечить глубокое формирование самого транспорта.

С началом реформ в России проблемы управления на транспорте приобрели исключительную актуальность. Наряду с необходимостью изменения управляющих структур стала очевидной невозможность применения прежних принципов и методов административного управления на всех уровнях.

Создание в составе правительства единого Министерства транспорта стало началом формирования государственной ветви новой системы управления транспортом. Одновременно, по мере развития рыночных форм хозяйствования, стала формироваться на принципах рыночной самоорганизации хозяйственная ветвь управления транспортом в виде ассоциаций, концернов, союзов и других объединений субъектов транспортного рынка.

Развитие рыночных реформ потребовало создания новых для России форм и методов финансово-экономического управления, форм государственной поддержки транспорта.

Решение задач управления транспортом в условиях реформы, должно опираться на обновленную систему принципов государственной политики в области транспорта, соответствующую условиям рыночной экономики. Эти принципы могут формироваться следующим образом.

1. Транспорт рассматривается государством как одна из приоритетных инфраструктурных отраслей, опережающее развитие и стабильное функционирование которой является необходимым условием общеэкономического роста в условиях рынка, важнейшим фактором социальной стабильности, одной из гарантий обороноспособности страны.

2. Основой государственного регулирования транспортной деятельности является развитая нормативно-правовая система, предусматривающая в качестве важнейшего приоритета соблюдение интересов грузовладельцев и пассажиров.

3. Государственная политика в области транспорта, а также важнейшие транспортные программы и проекты, формируются и реализуются под контролем единого федерального органа управления.

4. Государственная поддержка транспортной деятельности носит целевой характер и направляется, прежде всего, на обеспечение социально важных видов транспортной деятельности (транспортных услуг), на развитие транспортной инфраструктуры и внедрение перспективных транспортных систем и технологий.

5. Управление в области тарифов реализуют общеэкономическую тенденцию перехода к системе свободного ценообразования. При этом государство принимает меры по ограничению влияния свободных тарифов на уровень инфляции и по защите интересов наименее обеспеченных слоев населения.

6. Государственная лицензионная политика рассматривается как важнейшее административно- правовое средство обеспечения безопасности транспортного процесса, охраны среды, организации рынка транспортных услуг, защиты интересов предпринимателей и потребителей. Осуществляя конкретные меры в области лицензирования, государственные органы:

► исходя из обязательности лицензирования коммерческой транспортной деятельности вне зависимости от формы собственности транспортных предприятий;

► разрабатывают систему лицензионных требований, обеспечивающих профессиональную компетентность, коммерческую добросовестность и финан-

совую состоятельность транспортных предприятий и предпринимателей, а также безусловное соответствие применяемых ими технических средств установленным требованиям;

► определяют ответственность за нарушение лицензионной дисциплины, рассматривая их как несоблюдение правил предпринимательской деятельности на транспорте.

7. Общая политика в области управления транспортом в условиях формирования рынка основывается на ограниченном сочетании принципов рыночной самоорганизации и государственного регулирования.

1.3 ПОЛИТИКА МИНИСТЕРСТВА ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Государственное управление безопасности движения на воздушном, морском, речном, автомобильном и городском наземном транспорте и дорожным хозяйством Российской Федерации осуществляется Министерством транспорта.

Основными функциями управления безопасности движения (БДД) Министерства транспорта являются:

► проведение государственной политики в области БДД на воздушном, морском, речном, автомобильном, городском электрическом транспорте и в дорожном хозяйстве, направленной на удовлетворение государственных нужд, потребностей предприятий, объединений предприятий, организаций, учреждений и граждан при перевозках пассажиров и грузов;

► разработка проектов законодательных и подзаконных актов, стандартов и норм, определяющих безопасное функционирование на территории Российской Федерации воздушного, морского, речного, автомобильного, городского электрического транспорта и дорожного хозяйства, независимо от форм собственности, а также взаимодействия указанных видов транспорта с железнодорожным транспортом.

Формирование и проведение на воздушном, морском, речном, автомобильном, городском электрическом транспорте и в дорожном хозяйстве науч-

но-технической, инвестиционной и социальной политики, области обеспечения безопасности движения.

Одним из главных источников аварийности на автомобильном транспорте России является, имевший ранее место ведомственный подход к решению проблемы безопасности дорожного движения. При этом и нормативные акты носили, как правило, чисто ведомственный характер, разрабатывались и утверждались самими ведомствами, известны были только узкому кругу специалистов, и зачастую оставались нацеленными, прежде всего, на защиту ведомственных интересов, на списание ответственности за ДТП в основном, на водителей. При этом отсутствовала государственная система и организационные структуры, связанные с управлением безопасности дорожного движения.

Значительное влияние на аварийность оказывало также отсутствие материальной заинтересованности различных организаций в обеспечении безопасности дорожного движения. При отсутствии, экономического механизма воздействия на водителей транспортных средств, практически стал формироваться негативный процесс, отражающий стремление эксплуатационных предприятий и предпринимателей обеспечить максимальную прибыль, за счет снижения уровня безопасности дорожного движения. Ранее мероприятия по обеспечению дорожного движения не включались в плановую систему народного хозяйства и, таким образом, автоматически становились неприоритетными, не финансировались государством и не имели материально-технического обеспечения. Проводимые мероприятия не были нацелены на достижение конкретных результатов, т.е. на сокращение дорожно-транспортных происшествий и их последствий.

Указом определено, что основными задачами Минтранса являются общее руководство и государственная координация деятельности Федеральных служб входящих в единую систему транспорта, управление транспортным комплексом Российской Федерации по обеспечению безопасного, эффективного и устойчивого функционирования отраслей транспортного комплекса и осуществления государственного контроля за указанной деятельностью.

Вопросами безопасности движения в Министерстве занимается Управление

ние безопасности дорожного движения, в структуре которого четыре подотдела:

- ▶ безопасности дорожного движения;
- ▶ безопасности полетов;
- ▶ безопасность судоходства;
- ▶ оценки и прогноза.

Кроме того, в Федеральных службах созданы контрольно-надзорные органы или отделы безопасности движения, деятельность которых координирует Управление безопасности движения Министерства. Во всех субъектах Российской Федерации работают отделения Российской транспортной инспекции. Одним из основных направлений работы Министерства является обеспечение безопасности движения всех видов транспорта, в первую очередь через создания нормативно-правовой базы безопасной эксплуатации транспортных средств.

Министерством ведется большая работа по переработке действующих и разработке новых нормативно-правовых актов, исходя из условий перехода к рыночной экономике, изменению форм собственности и структур управления транспортом в Российской Федерации.

Указом президента Российской Федерации от 10 декабря 1995 года за № 196-ФЗ утвержден Федеральный Закон Российской Федерации "О безопасности дорожного движения", который определяет общие принципы, правовые и организационные основы обеспечения безопасности дорожного движения на территории РФ и направлен на охрану жизни, здоровья, имущества граждан и защиты интересов общества и государства путем предупреждения дорожно-транспортных происшествий.

Министерством разработан ГОСТ Р 505597 – 93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию по условиям обеспечения безопасности дорожного движения», который утвержден Госстандартом Российской Федерации и вступил в действие. Государственный стандарт устанавливает перечень и допустимые по условиям обеспечения безопасности движения предельные значения показателей эксплуатационного состояния автомобильных дорог, улиц городов и других населенных пунктов. Определены тре-

бования к техническому оборудованию автомобильных дорог и регламентированы сроки и исправления повреждений и устранения опасных условий движения на дорогах. Внедрение этого стандарта позволит повысить скорость и безопасности движения.

Согласовано с Минтруда РФ "Положение о порядке проведения аттестации лиц, занимающих должности исполнительных руководителей и специалистов предприятий транспорта", связанных с обеспечением безопасности движения. Утверждено приказом Минтранса РФ от 11.03.94г. № 13/11.

Утверждены приказом Минтранса РФ от 30.03.94г. № 15 «Требования по обеспечению безопасности дорожного движения, предъявляемые при лицензировании перевозочной деятельности на автомобильном транспорте».

Разработан ряд нормативных документов, направленных на совершенствование правового регулирования деятельности предприятий по обеспечению безопасности движения и участию граждан в дорожном движении. К ним относятся:

- ▶ положение о режимах труда и отдыха водителей;
- ▶ правила перевозки опасных грузов;
- ▶ проект закона РФ "О перевозках опасных грузов";
- ▶ инструкция по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом;
- ▶ правила проведения государственного технического осмотра автотранспортных средств;
- ▶ положение о порядке выдачи водительских удостоверений и получения права управления транспортными средствами;
- ▶ положение о проведении работ по обеспечению безопасности дорожного движения в предприятиях автомобильного транспорта;
- ▶ руководство по временному прекращению движения автобусов, троллейбусов и трамваев на междугородних, пригородных и городских маршрутах

1.4 СИСТЕМА «ВОДИТЕЛЬ – АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА – СРЕДА»

Специфические особенности проблемы безопасности движения определяются совокупностью взаимодействующих в условиях окружающей среды системы «Водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС), которая строится на обеспечении высокого уровня безопасности составляющих ее элементов. Этим нисколько не принижается важность и роль многоплановой работы, проводимой с пешеходами, и в особенности с детьми. Значение каждого из элементов системы ВАДС в обеспечении безопасности движения различно, но, только совершенствуя каждый элемент можно обеспечить безопасность движения в целом. К каждому элементу предъявляют соответствующие требования по безопасности, регламентируемые нормативными документами (ГОСТ, ОСТ). Отечественный и зарубежный опыт работы автотранспорта свидетельствует о неодинаковом удельном весе в проблеме безопасности движения каждого из элементов системы ВАДС.

Если проанализировать информацию о ДТП в зимний период на скользких дорогах, то можно установить, что большинство происшествий происходит из-за заноса автомобиля на скользкой дороге, складывания автопоезда, отказа рулевого управления и т. д. При оснащении тормозной системы автомобилей антиблокировочной системой (АБС) количество ДТП значительно уменьшается.

Плохая сцепляемость шин с дорогой из-за недостаточной ширины профиля покрышки, неоптимальный рисунок протектора для данных дорожных условий, отсутствие шипов и другие недостатки современного автомобиля также влияют на количество ДТП. Не обеспечивает безопасности и конструкция автомобильной фары, ослепляющей водителей и недостаточно освещающей дорогу. Пункт 10.1 Правил дорожного движения обязывает водителя обеспечивать безопасность дорожного движения в любых условиях путем выбора соответствующей скорости вплоть до полной остановки транспортного средства. Но как раз современный тормоз в таких сложных условиях при снижении скорости может не только не оказать водителю помощь, но и нанести большой вред, если им неумело пользоваться.

Выше были изложены основные положения по влиянию на безопасность дорожного движения транспортного средства. Однако доминирующую роль в системе безопасности играет водитель – более 70% дорожно – транспортных происшествий является следствием неправильных действий водителя.

Поэтому, прежде всего водитель должен быть пригодным к управлению транспортным средством с точки зрения своего психофизиологического состояния, иметь необходимые навыки управления и твердое знание Правил дорожного движения, получаемые в результате специальной подготовки; иметь желание соблюдать установленный порядок, т. е. обладать такими личными качествами, которые исключали бы проявление пренебрежения, эгоистического отношения к интересам других участников движения.

Основной причиной ДТП по вине водителя, как показывает анализ, является нежелание водителя соблюдать установленный порядок. Недисциплинированность является причиной 80% ДТП по вине водителя. Другие факторы, например, несоответствие профессиональной подготовки (недостаточный опыт) к нестандартным ситуациям дорожного движения, в которые внезапно попадает водитель, или снижение психофизиологических возможностей в результате усталости значительно реже бывают причинами ДТП. Статистика свидетельствует, что чаще всего ДТП — результат управления автомобилем в нетрезвом состоянии, превышении скорости движения, нарушении правил обгона, выезда на полосу встречного движения, пренебрежения правилами проезда перекрестков, железнодорожных переездов.

Фактор “Водитель” несравним с факторами “Автомобиль” и “Дорога” в системе безопасности движения в силу своей сложности, специфики и важности в обеспечении надежности работы водителя.

Надежность работы водителя — способность правильно и своевременно оценивать создавшуюся дорожно-транспортную ситуацию и реагировать на ее изменения в течение рабочего дня. В автотранспортных предприятиях повышением уровня надежности работы водителя занимаются соответствующие службы и общественные организации, руководствуясь при этом различными документами, опытом работы, рекомендациями.

Безопасность движения во многом зависит от дорожных условий, требующих дальнейшего улучшения. Их влияние на безопасность значительно большее, чем показывает статистика (8%). Значение конструкции дороги, ее технических параметров и состояния для безопасности движения трудно переоценить. К сожалению, создание обширной сети первоклассных дорог на огромной территории нашей страны с очень разнообразным климатом и рельефом местности с учетом высокой стоимости их строительства и дорожных сооружений потребует много времени. Один километр дороги первой категории в зависимости от рельефа местности стоит многие миллионы рублей. Трудно обеспечить в ограниченные сроки массовое строительство дорог, хотя государство и уделяет этому вопросу большое внимание, так как дальнейшее строительство сети дорог дает огромный экономический, социальный, культурный эффект с одновременным повышением уровня безопасности движения, особенно в сельской местности. Исследования показывают, что многие технические параметры дороги влияют на безопасность движения: интенсивность движения, ширина полосы закругления, разделительная полоса, величина радиусов закругления, видимость, подъемы и др. Но еще большее влияние на безопасность движения, как показывает опыт, оказывает состояние дорог, особенно в неблагоприятных погодных условиях. Факторы, влияющие на состояние дороги: ровность дорожной одежды, скользкость (величина коэффициента сцепления), состояние обочин, уменьшение ширины полосы движения, обустройство дороги, обеспечение видимости и другие.

Сегодня многие дороги не соответствуют интенсивности движения транспортных потоков, поэтому большое значение имеет содержание дорог, особенно в осенне-зимний период. Порядок эксплуатации автомобильных дорог регламентируется различными нормативными актами. В них определяют обязанности дорожных органов по содержанию проезжей части дорог в пригодном для безопасного движения состоянии. Сложные условия интенсивного движения с большим количеством пассажирских перевозок требуют четкого выполнения требований текущего содержания дорог. Задачи работников службы эксплуатации АТП, безопасности движения, по контролю дорожных условий определены в официальных руководящих нормативных документах.

ГЛАВА 2 ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ. ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

2.1 ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Безопасность дорожного движения определяется надёжным функционированием транспортных средств, служб обслуживания и ремонта, служб организации движения, а также условиями внешней среды. Сложность конструкции и оборудования транспортного средства, большое количество людей, участвующих в организации и обеспечении транспортных работ, эксплуатация транспортного средства в различных погодных и климатических условиях, порождают многообразие факторов, влияющих на конечный исход каждого движения. Неблагоприятные факторы могут приводить к неблагоприятному исходу дорожного движения. Как правило, неблагоприятные факторы находятся во взаимосвязи друг с другом, по своему характеру случайные и неустойчивые. Поэтому неблагоприятный исход каждого дорожного движения может быть следствием воздействия не только одного фактора, угрожающего безопасности дорожного движения, но и совокупности целого ряда факторов.

Интегральное влияние всех факторов на уровень безопасности дорожного движения определяется по результатам массовой эксплуатации автомобилей. Для оценки влияния на безопасность дорожного движения отдельных факторов или их сочетаний необходимо рассмотреть природу факторов как по их источникам (причинности) возникновения, так и по характеру отрицательных проявлений.

Уровень безопасности дорожного движения определяется свойствами системы «Водитель – автомобиль – дорога – среда», которая и является объектом исследования безопасности. В общем случае система ВАДС включает в себя следующие взаимодействующие между собой системы, которые показаны на рисунке 2.1.

- систему создания и производства транспортных средств;
- систему обучения и подготовки водителей, обслуживающего персонала, инженерно-технических работников;

– систему организации, выполнения и обеспечения безопасности дорожного движения.

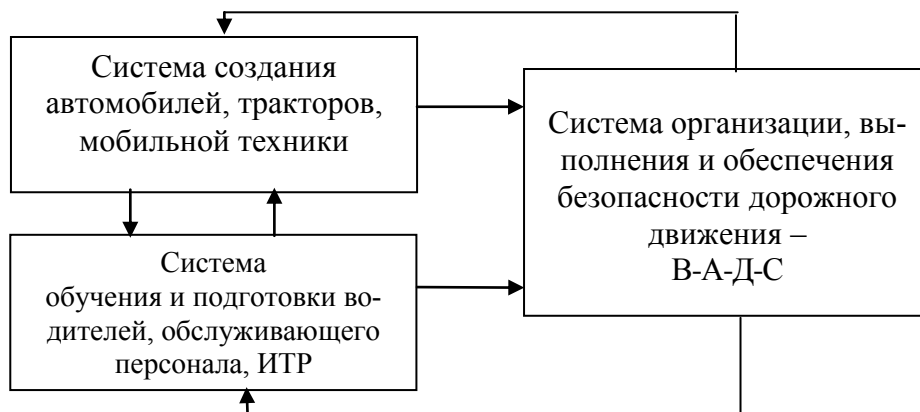


Рисунок 2.1 – Взаимодействие систем в обеспечении безопасности дорожного движения

Поскольку аварийность и эффективность использования автомобилей проявляется только при практическом выполнении дорожного движения, то под системой ВАДС понимают систему организации, выполнения и обеспечения безопасности дорожного движения.

При этом необходимо отчетливо представлять, что уровень безопасности дорожного движения закладывается при создании автомобилей, который в зависимости от качества подготовки кадров, сложности выполняемых задач по перевозке пассажиров и грузов может быть лучше или хуже реализован в процессе функционирования системы ВАДС. Выполнение дорожного движения представляет собой последовательный переход от одной дорожной ситуации (характеризуемой режимом движения, режимами работы отдельных систем, внешними условиями и психофизиологическим состоянием водителя) к другой. Множество дорожных ситуаций состоит из двух подмножеств: нормальных (штатных) и опасных (особых, нештатных) ситуаций. При возникновении опасной ситуации, вызванной каким-либо неблагоприятным фактором, водитель стремится устранить последствия этого воздействия. В некоторых случаях возникающая опасная ситуация может последовательно переходить от одной опасной ситуации к другой, пока дорожное движение закончится благополучным или

неблагополучным исходом. Транспортное происшествие есть результат выхода автомобиля на предельные значения определяющих параметров в результате развития опасной ситуации.

Поскольку частота этого выхода характеризует уровень безопасности дорожного движения, то предметом исследования безопасности дорожного движения являются закономерности возникновения и развития опасных ситуаций, их причины, мероприятия по предупреждению и ослаблению их воздействия.

Задачей безопасности дорожного движения является разработка методологии выявления закономерностей появления и развития опасных ситуаций, разработка критериев и методов оценки их влияния на уровень безопасности дорожного движения, с конечной целью управления этим уровнем. В этом смысле снижение аварийности при выполнении дорожного движения является одной из самых практических теорий.

Учитывая, что система «Водитель – автомобиль – дорога – среда» является сложной эргатической системой, каждое звено которой включает технические элементы и людей, по источникам возникновения все факторы, потенциально влияющие на безопасность транспортных работ, можно разделить на три группы: технические, личностные факторы и факторы внешней среды. Как видно, первые две категории факторов порождаются внутренними свойствами системы ВАДС.

Для каждого из звеньев системы «Водитель – автомобиль – дорога – среда» соотношение технических и личностных факторов и их конкретизация будут различными. Учитывая особую определяющую роль звена «Водитель – автомобиль» в обеспечении безопасности дорожного движения, конкретизируем общие технические факторы для этого звена. Их можно представить следующими группами:

- проектно-конструктивное и технологическое совершенство автотранспортного средства;
- надёжность (безотказность) функциональных систем автотранспортного средства и его оборудования;

- эксплуатационная технологичность автотранспортного средства;
- контролеспособность и ремонтпригодность конструкции и оборудования автотранспортного средства;
- эргономическое совершенство транспортного средства.

Надёжность, эксплуатационная технологичность, контролеспособность и ремонтпригодность в совокупности характеризуют эксплуатационное совершенство автотранспортного средства. Несоввершенство автомобилей по этой комплексной характеристике может приводить к ошибкам персонала в процессе его эксплуатации и ремонта автомобилей и, как следствие, к ее отказам и неисправностям.

Эргономическое совершенство транспортного средства определяет степень соответствия его характеристик возможностям водителя. К числу этих характеристик относятся характеристики устойчивости и управляемости транспортного средства, характеристики систем отображения информации, степень автоматизации процессов управления, другие характеристики, которые определяются качеством контакта между водителем и транспортным средством. Недостаточное эргономическое совершенство транспортного средства может приводить к неправильным действиям водителя во время движения.

Вторую группу факторов – личностные факторы – можно определить как нарушение установленных правил, ошибочное действие или бездействие лиц, связанных с организацией, обеспечением и выполнением транспортных работ. Эти факторы выступают как следствие вполне конкретных причин, заложенных в индивидуальных характеристиках людей, а именно: в их профессиональном уровне, психофизическом состоянии, дисциплинированности и личных особенностях.

Третью группу факторов – факторы внешней среды – можно определить не только как факторы природной среды, но и как наличие в ней любых внешних предметов, потенциально влияющих на безопасность движения. Отдельные природные явления могут непосредственно влиять на безопасность движения, другие вызывать неисправности транспортного средства, третьи вызывать ошибки водителя при дорожном движении.

Из выше изложенного следует, что одинаковые по характеру отрицательных последствий факторы могут иметь различную причину их возникновения.

Разделим неблагоприятные факторы (по характеру отрицательных последствий) на три группы: неисправности автотранспортного средства, ошибки обслуживающего персонала, неблагоприятные внешние условия дорожного движения. Взаимосвязь этих групп факторов с источниками их возникновения изобразим в виде схемы (рис. 2.2).

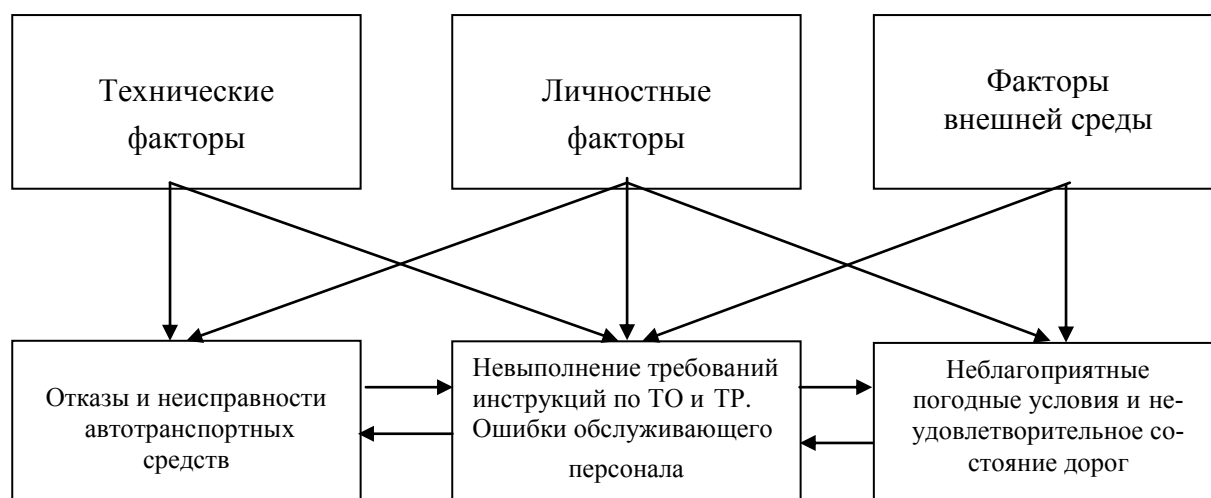


Рисунок 2.2 – Структурная схема взаимосвязи неблагоприятных факторов

Значительное число факторов, влияющих на безопасность движения, требует научного анализа причин их появления, оценки степени их опасности для разработки профилактических мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения. По данным исследований, таких факторов 132.

При организации работы по предупреждению аварийности в первую очередь необходимо учитывать факторы, служащие причиной дорожно – транспортных происшествий.

Изменение факторов в худшую сторону способствует образованию опасных ситуаций. Длительное существование опасных ситуаций и их одновременное проявление являются причиной аварий и катастроф.

2.2 ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

2.2.1 СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В системе обеспечения безопасности дорожного движения все больше возрастает роль математических методов исследования сложных транспортных систем, которые взаимодействуют с более сложными экономическими и социальными системами. Существующая практика анализа ограничивается, как правило, изучением динамики и структуры аварийности по различным показателям (критериям). В настоящее время в исследованиях и на практике применяют два типа показателей – статистические и вероятностные. Статистические показатели выражаются физическими величинами или отношением этих величин, получаемых по статистическим данным массовой эксплуатации. Вероятностные показатели вычисляют методами теории вероятностей, аналитическим путем, поэтому такие показатели иногда называют аналитическими.

Статистические показатели анализа дорожно-транспортных происшествий подразделяются на общие и частные, абсолютные, удельные, относительные.

Абсолютные показатели образуются в результате накопления данных о единичных дорожно-транспортных происшествиях. Основное назначение абсолютных показателей – отражение масштабов аварийности и оценка материального ущерба от дорожно-транспортных происшествий. В практике работы применяются следующие абсолютные показатели: количество дорожно-транспортных происшествий – $n_{дтп}$ (в том числе совершенные водителями в нетрезвом состоянии), число погибших – $n_{п}$, число раненых – $n_{р}$, количество дорожно-транспортных происшествий из-за технических неисправностей – $n_{т.с.}$ и другие. Их применяют, как правило, для сравнения работы организаций за предыдущий период (месяц, квартал, полугодие, год). Абсолютные показатели аварийности обладают рядом недостатков, среди них такой, как неприемлемость сопоставительного анализа.

Удельные показатели представляют собой процентную долю одного абсолютного показателя аварийности от другого. Набор удельных показателей аварийности характеризует её структуру и позволяет сравнивать различные ре-

гионы, транспортные предприятия между собой. Наиболее часто используют следующие показатели:

- удельный вес отдельных видов дорожно-транспортных происшествий, совершенных в общем количестве дорожно-транспортных происшествий или в количестве дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств отдельных видов (грузовых, легковых, автобусов, тракторов и других);

- удельный вес столкновений, опрокидываний, наездов, дорожно-транспортных происшествий других видов в общем их количестве, либо дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств других видов;

- удельный вес дорожно-транспортных происшествий в городах, других населенных пунктах, на автомобильных дорогах в общем количестве дорожно-транспортных происшествий, либо дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств, других видов;

- удельный вес дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств отдельных видов в общем количестве дорожно-транспортных происшествий;

- удельный вес дорожно-транспортных происшествий из-за превышения скорости, нарушений правил обгона, несоблюдения очередности проезда и других причин в общем объеме дорожно-транспортных происшествий;

- коэффициент виновности водителей как отношение количества дорожно-транспортных происшествий, возникших по вине водителей, к общему количеству дорожно-транспортных происшествий;

- удельный вес пострадавших (погибших или раненых) пешеходов, велосипедистов, пассажиров, водителей, женщин и других участников дорожного движения в общем числе пострадавших (погибших или раненых) и другие.

Относительные показатели образуются делением одного показателя на другой. Они дают возможность сравнивать работу регионов, предприятий и организаций для сопоставления уровня аварийности в определенные периоды времени.

При анализе наиболее часто используют такие относительные показатели:

– показатели, характеризующие процесс автомобилизации, например (численность транспортных средств на 100 тыс. жителей страны, региона и другие);

– показатели, характеризующие уровень аварийности по отношению к численности парка транспортных средств (число погибших на 10 тыс. транспортных средств);

– показатели, характеризующие уровень аварийности к численности населения (число погибших на 100 тыс. населения);

– показатели, характеризующие уровень аварийности по отношению к транспортной работе (количество погибших или раненых на 1млн. км.). Кроме того часто пользуются относительными показателями, определяющими тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий. Это число пострадавших на 100 дорожно-транспортных происшествий, число погибших на 100 пострадавших.

В 1938 г. Ф. Ренольдом предложен показатель последствий дорожно-транспортных происшествий:

$$U = \sum P_i \times n_i, \quad (2.1)$$

где U – показатель аварийности;

P_i – коэффициенты тяжести происшествий;

n_i – количество происшествий каждого типа.

Среди показателей наиболее часто используются:

а) коэффициенты относительной опасности:

$$K_1 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i \times K_i}{A \sum_{j=0}^m N_j \times l_j}; \quad K_2 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i \times K_i}{N_j \times l_j};$$

$$K_3 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i \times K_i}{l_j}; \quad K_4 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i \times K_i}{B \times P}, \quad (2.2)$$

где $K_{1,2,3,4}$ – коэффициенты относительной опасности;

R_i – количество ДТП по отдельным видам в год;

K_i – тяжесть последствий ДТП по отдельным видам в год;

M – коэффициент размерности;

A – количество жителей в районе;

N_j – объемы движения транспорта в приведенных единицах авт./ч;

l_j – длина улиц проходящих по району, км;

B – число жителей в регионе, млн.;

P – площадь региона, км².

б) показатель относительной аварийности:

$$K_a = \frac{N_{ДТП} \times 10^6}{L}, \quad (2.3)$$

где $N_{ДТП}$ – количество дорожно-транспортных происшествий за рассматриваемый период времени;

L – суммарный пробег за рассматриваемый период времени, км

Анализ статистических данных выявляет причины дорожно-транспортных происшествий как обобщенно по элементам системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда», так и детально в разрезе каждого

элемента. С помощью этих данных устанавливают влияние на безопасность самых разнообразных факторов: времени года, суток, дней недели и месяцев, погодных условий и периода суток, состояния дорожных условий и технического состояния транспортных средств, возраста водителя и его дисциплинированности, режима и стажа его работы. Изучение статистических данных дает количественную оценку состояния работы по предупреждению дорожно-транспортных происшествий и позволяет наметить цели, пути и методы по ее совершенствованию.

Статистические показатели вычисляются по реальным данным массовой эксплуатации, их главное достоинство – объективность, но вместе с этим статистические показатели имеют ряд недостатков, сужающих область их практического использования. К ним можно отнести следующие:

- оценку уровня аварийности по статистическим показателям производят тогда, когда дорожно-транспортное происшествие уже произошло, то есть регистрируют прошлые факты;

- не учитывают условия эксплуатации, применения транспортных средств, в которых происходят дорожно-транспортные происшествия. Это не даёт возможность применять статистические показатели для прогноза безопасности дорожного движения на будущее при изменении условий эксплуатации;

- невозможность оценки эффективности различных организационных и технических мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения с учётом стоимости и эффективности, ещё до их практической реализации;

- невозможность выявления влияния на уровень безопасности дорожного движения какого-либо конструктивного параметра транспортного средства, оптимизации уровня безопасности дорожного движения с учётом стоимости и эффективности.

Перечисленные недостатки статистических показателей принципиально устранимы или могут быть компенсированы использованием второго типа показателей – вероятностных.

2.2.2 ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Теория вероятностей в обеспечении безопасности дорожного движения использовалась в научных работах многих отечественных и зарубежных ученых: В.В. Амбарцумяна, И.В. Гальянова, В.Г. Галушко, В.М. Кислякова, Г.И. Клинковштейна, Н.В. Смирнова, И.А. Школяренко, М.Н. Усмановой, В.В. Филлипова, В.С. Шкрабака. и др. В частности в своих трудах В.В. Амбарцумян, В.С. Шкрабак используют теорию вероятностей для расчета надежности и безопасности системы «Водитель–автомобиль–дорога–среда».

В.Г. Галушко предлагает использовать в оценках обеспечения безопасности движения закон Пуассона; биномиальное распределение величин; нормальный закон распределения Гаусса - для оценки скорости движения автомобилей; распределение Грама-Шарлье; логарифмическое нормальное распределение – для определения продолжительности рейса; гамма распределение – для определения числа шин с постоянным давлением за время пробега; распределение Эрланга – для определения протяженности пути; показательное распределение – для определения объема груза на складах; распределение Релея – для определения удельных износов задних тормозных накладок; распределение Максвелла – для определения скорости движения, при которой были совершены дорожно-транспортные происшествия.

О.А. Новиков, В.Н. Уваров предлагают использовать теорию вероятностей при определении средней скорости движения, расчета среднего расхода топлива, оценить влияние надежности на работу автомобиля, а также для организации технического обслуживания и ремонта автомобилей.

В.М. Кисляков, В.В. Филлипов, И.А. Школяренко для оценки дорожно-транспортных ситуаций (виды маневров и безопасность движения, критерии оценки безопасного выполнения маневра); оценку ситуаций пересечения автомобильных потоков одиночным автомобилем или пешеходом; оценку ситуации выполнения маневра при регулируемом движении.

В.Я. Волошин, В.П. Романов в анализе дорожно-транспортных происшествий по местам возникновения, анализе пострадавших в дорожно-

транспортных происшествиях, анализе эффективности оказания медицинской помощи, анализе дорожно-транспортных происшествий, произошедших из-за технических неисправностей транспортных средств и их конструктивных недостатков.

Вероятностные показатели безопасности движения объективно отражают такую закономерность, что дорожно-транспортное происшествие – потенциально возможный исход конкретного дорожного движения – является по своей природе случайным событием в силу случайности возникновения во времени и пространстве движения неблагоприятных факторов, вызывающих его.

Примем за уровень безопасности выполнения отдельного рейса вероятность P благополучного его завершения. Вероятность неблагоприятного завершения рейса (уровень риска) обозначим Q . Из физических соображений ясно, что

$$P + Q = 1 \quad (2.4)$$

Вероятности P и Q являются показателями безопасности рейса. Исходя из формулы (2.4) для оценки безопасности одного рейса или уровня риска достаточно знать одну из указанных вероятностей, например, Q .

Безопасность выполнения множества рейсов всецело определяется безопасностью выполнения отдельных рейсов. Формализуем связь понятий “безопасность движения” и “безопасность одного рейса”. Если Q – уровень риска в отдельном рейсе, то для множества N рейсов в качестве такого же смыслового критерия может быть принята вероятность Q_n , то есть вероятность того, что в N рейса произойдёт $n_{ДТП}$ ($n=0, N$). Будем полагать, что все рейсы идентичны по безопасности их выполнения, то есть $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = Q$. При этом предположении для вычисления вероятности Q_n можно воспользоваться частной теоремой теории вероятностей о повторении опытов, в соответствии с которой связь Q_n и Q будет определяться биномиальным распределением:

$$Q_n = C_N^n \cdot Q^n \cdot (1 - Q)^{N-n}, \quad (2.5)$$

где

$$C_N^n = \frac{N!}{n! \cdot (N-n)!} \quad (2.6)$$

Реально всегда выполняются условия $Q \ll 1$ и число рейсов N достаточно велико. В соответствии с этим с достаточной степенью точности для упрощения вычислительных процедур биномиальное распределение (2.5) может быть заменено пуассоновским распределением вероятностей:

$$Q_n = \frac{(N \cdot Q)^n}{n!} \cdot e^{-N \cdot Q} \quad (2.7)$$

Для вероятности благополучного завершения всех N рейсов, полагая в формуле (2.7) $n = 0$ получим:

$$P_{БД} = Q_0 = e^{-N \cdot Q} = e^{-N \cdot (1-P)} \quad (2.8)$$

Вероятность $P_{БД}$ по смыслу является показателем безопасности движения и, следовательно, формула (2.5) является математическим выражением показателя безопасности движения $P_{БД}$ через показатель безопасности одного рейса P . Рассматриваемое в распределении (2.4) число рейсов N реализуется за суммарное время движения t_{Σ} , так что $N = t_{\Sigma} / t_n$, где t_n – продолжительность одного рейса. Учитывая, что в одном рейсе более одного дорожно-транспортного происшествия произойти не может, математическое ожидание числа дорожно-транспортных происшествий на отрезке времени t_n формально можно записать в виде $\Lambda t_n = Q$, где Λ – интенсивность потока дорожно-транспортных происшествий, то есть среднее число дорожно-транспортных происшествий в единицу времени движения. Для всех N рейсов математическое ожидание числа дорожно-транспортных происшествий будет определяться: $m_n = N \cdot Q = \Lambda t_n N = \Lambda t_{\Sigma}$ и соответственно распределение (2.7) можно записать в виде:

$$Q_n = \frac{(m_n)^n}{n!} e^{-m_n} = \frac{(\Lambda t_{\Sigma})^n}{n!} e^{-\Lambda t_{\Sigma}} \quad (2.9)$$

Поток дорожно-транспортных происшествий, описываемый распределением (2.9), является простейшим, то есть обладает свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последствия. Для такого потока время t между двумя соседними событиями (дорожно-транспортными происшествиями), как известно из теории вероятностей, распределено по показательному закону с плотностью вероятностей:

$$f(t) = \Lambda e^{-\Lambda t} \quad (2.10)$$

Применяя к выражению (2.10) операцию определения математического ожидания, вычисляем среднюю продолжительность рейса на одно дорожно-транспортное происшествие:

$$T_{ДТП} = m_t = \Delta \int_0^{\infty} t e^{-\Lambda t} dt = \frac{1}{\Lambda} \quad (2.11)$$

Используя результат (2.11), запишем распределение (2.9) в виде:

$$Q_n = \frac{\left(\frac{t_{\Sigma}}{T_{ДТП}} \right)^n}{n!} e^{-\frac{t_{\Sigma}}{T_{ДТП}}} \quad (2.12)$$

При $n = 0$ получим выражение для показателя безопасности движения:

$$P_{БД} = e^{-\frac{t_{\Sigma}}{T_{ДТП}}} \quad (2.13)$$

Формула (2.13) определяет связь вероятностного показателя безопасности движения со статическим показателем – средней продолжительности рейса на одно дорожно-транспортное происшествие. Из сопоставления формул (2.7) и (2.13) заметим, что

$$Q = \frac{t_{\Sigma}}{NT_{ДТП}} = \frac{t_n}{T_{ДТП}}, \quad (2.14)$$

Связь между вероятностными и статистическими показателями безопас-

ности движения даёт возможность решать ряд практических задач. В частности: определить соответствие фактического уровня безопасности движения заданному; описать наиболее слабые места в безопасности движения; оценить эффективность различных мероприятий, направленных на повышение безопасности движения, и другие.

2.3 МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В настоящее время для анализа проблем аварийности и транспортного травматизма используются различные методы. В частности В.С.Шкрабак и В.В. Амбарцумян предлагают использовать количественные, количественно – качественные (смешанные), интуитивно – логические и другие методы.

Количественные методы служат для выявления структуры и динамики дорожно-транспортных происшествий, основанные на теории вероятностей и математической статистике, теории информатизации, многофакторном анализе, теории надежности, теории риска, алгебре логики и теории цифр, моделировании, программировании и на других математических методах.

Количественно – качественные (смешанные) методы анализа позволяют раскрыть механизм возникновения, характерные особенности и социальную природу дорожно-транспортных происшествий. К этим методам относятся психофизиологические, эргономические, медико – биологические, криминологические, уголовно – правовые и социологические методы.

В интуитивно – логические методы входят такие анализы: системный анализ, морфологический анализ, метод сценариев, метод «Дельфи», имитационный метод и другие. Они служат для обоснованного принятия оптимальных решений по организации и обеспечению безопасности движения (рисунок 2.3.).

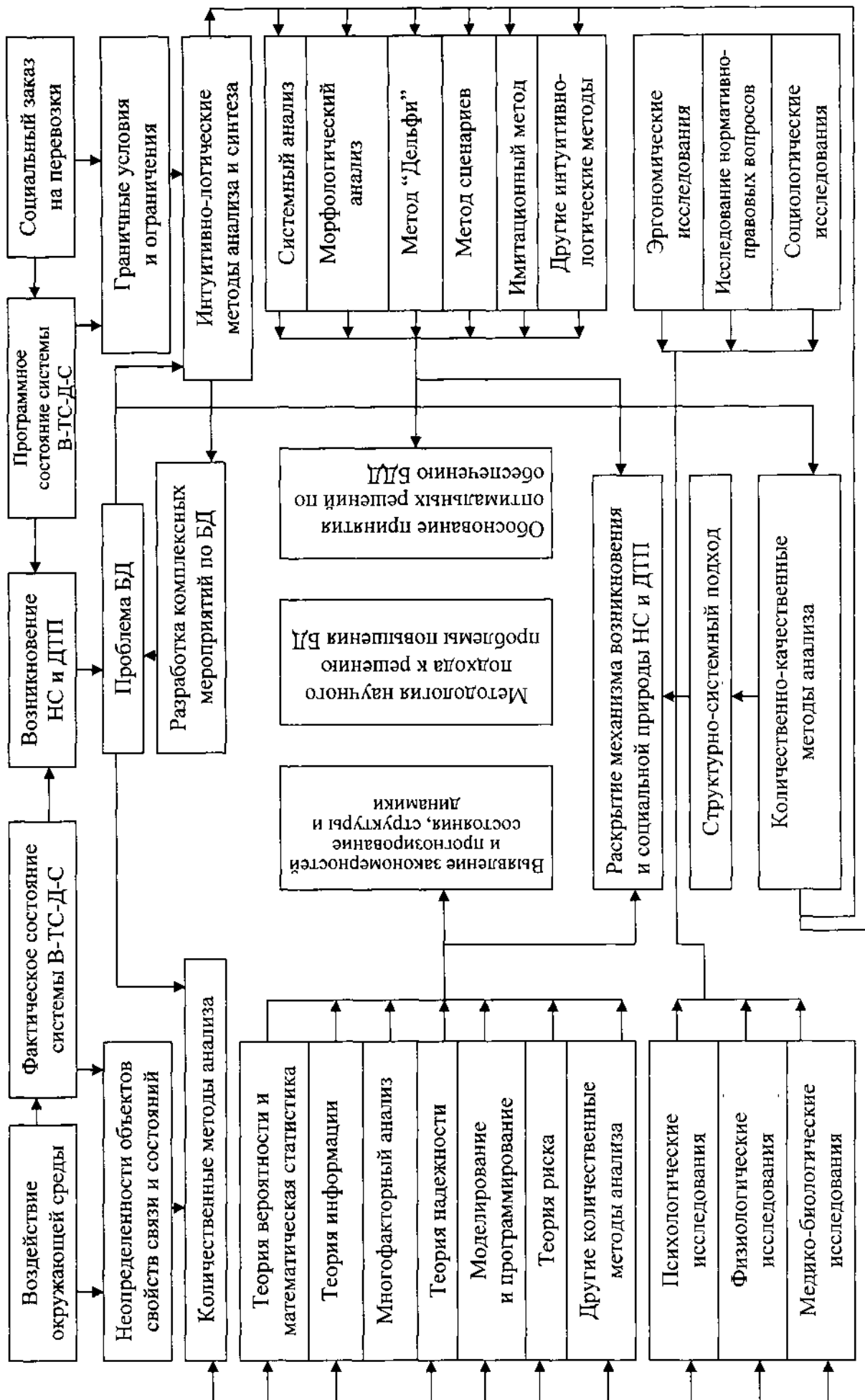


Рисунок 2.3 – Методы анализа проблем безопасности дорожного движения

Особое место в изучении проблем обеспечения безопасности движения отводится вопросам анализа причин дорожно-транспортных происшествий.

В.А. Илларионов, В.И. Суковицин предлагают следующую классификацию методов анализа (рисунок 2.4).

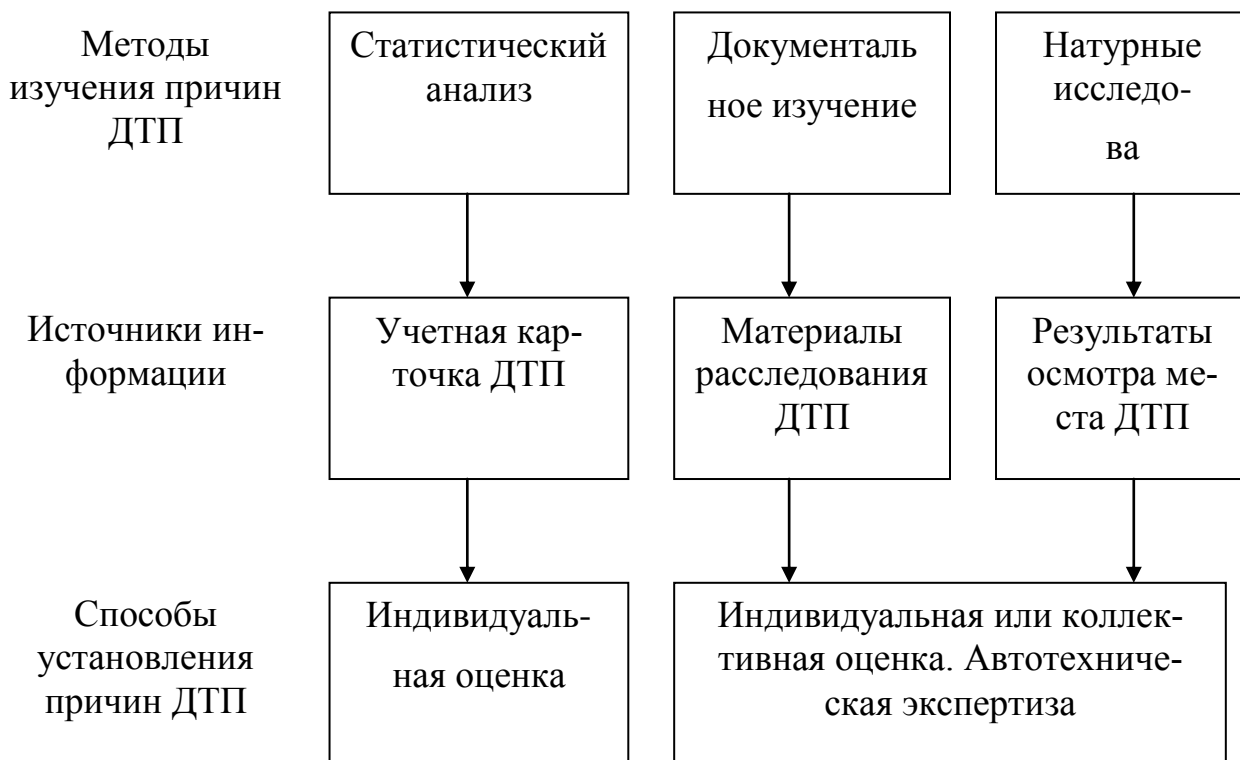


Рисунок 2.4 – Основные методы анализа аварийности

Здесь статистический анализ дорожно-транспортных происшествий основан на действующей в Российской Федерации системе учета, проводимой Государственной инспекцией безопасности дорожного движения и позволяет увидеть количественную характеристику состояния и динамику аварийности.

Отсутствие у работников Государственной инспекции безопасности дорожного движения необходимых навыков и технических средств не всегда позволяют правильно оценить причину дорожно - транспортного происшествия в системе «Водитель – транспортное средство – дорога – среда», что в итоге влияет на статистику причин дорожно-транспортных происшествий. Неверное отражение статистикой реальной картины аварийности служит предпосылкой к снижению тех или иных мероприятий в области обеспечения безопасности

движения. Достоинства метода документального изучения аварийности состоит в том, что исследователи получают данные, которых нет в статистической отчетности, например: скорость движения, действия водителя по предотвращению дорожно-транспортного происшествия, траектория движения автомобиля, пешехода и другие.

При выполнении натурных исследований дорожно-транспортных происшествий научные работники обычно имеют возможность объективно выявить конкретные факты нарушения установленных требований к состоянию элементов системы «Водитель – транспортное средство – дорога – среда». Натурные испытания в настоящее время требуют больших финансовых затрат, поэтому исследователям приходится использовать другие методы анализа.

И.И. Талицкий, В.Л. Чугуев, Ю.Ф. Щербинин предлагают использовать для анализа причин дорожно-транспортных происшествий количественный, качественный и топографический методы анализа.

Под количественным методом подразумевается анализ данных, представленных в цифровом (числовом) виде и выполненный по формальным (математическим) правилам.

Он имеет значение при решении задач прогнозирования аварийности (прогнозирования ущерба от дорожно-транспортных происшествий) в очагах аварийности, при ранжировании причин по степени опасности, тяжести последствий и ущерба от дорожно-транспортных происшествий, а также при прогнозе эффективности мероприятий по повышению безопасности движения.

Под качественным методом подразумевается анализ данных, представленных в цифровом виде или в виде описания в произвольной форме и выполняемый как формальными, так и неформальными методами на основе опыта и знаний анализирующего человека.

Качественный анализ причин дорожно-транспортных происшествий предполагает последующее их ранжирование и учет по степени серьезности опасности, частоты проявления и тяжести последствий, к которым они могут привести.

Анализ подходов при описании признаков причин дорожно-транспортных происшествий – «опасная ситуация» дает возможность провести следующую классификацию признаков причин дорожно-транспортных происшествий:

- по серьезности опасности – катастрофические, критические, предельно-допустимые, вызывающие беспокойство;
- по времени действия – длительные, временные, кратковременные;
- по вероятности проявления – неотвратимые, незначительные, умеренные, небольшие.

Топографический анализ заключается в нанесении на карту (схему) анализируемых сведений и обработке этих сведений количественным и качественным методами. Результаты топографического анализа дорожно-транспортных происшествий оформляют в виде обычной карты, линейного графика или масштабной схемы (ситуационного плана). Карта может быть выполнена в виде обычной карты города (области, района) в соответствующем масштабе. На ней условными обозначениями наносятся данные о дорожно-транспортных происшествиях. В зависимости от целей топографического анализа могут быть условно обозначены места, виды дорожно-транспортных происшествий и тяжесть последствий. В результате на карте наглядно выявляются очаги дорожно-транспортных происшествий. На этой основе можно анализировать причины их возникновения, принимать меры по устранению этих причин.

Линейный график дорожно-транспортных происшествий составляют для автомобильной дороги или ее участка. По сравнению с картой масштаб изображения укрупняют, это позволяет более подробно классифицировать дорожно-транспортные происшествия. Концентрация дорожно-транспортных происшествий на графике свидетельствует о неудовлетворительных дорожных условиях в очагах дорожно-транспортных происшествий.

Масштабную схему дорожно-транспортного происшествия выполняют в крупном масштабе. На ней с помощью символов изображают транспортные средства, участвовавшие в дорожно-транспортном происшествии, направления их движения и другие данные, имеющие отношение к дорожно-транспортному происшествию.

2.3.1 СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Сложившееся положение с аварийностью показывает, что традиционные подходы к решению проблем снижения аварийности и и дорожного травматизма недостаточны. Масштабность и сложность проблемы требуют совершенствования методов анализа аварийности, при этом все больше возрастает роль математических методов исследования.

Статистические методы анализа аварийности и транспортного травматизма базируются на использовании массива данных о каком либо параметре X или совокупности параметров, полученных в результате обработки информации по множеству рейсов и характеризующих состояние какой либо функциональной системы автотранспортного средства, движение ТС или действия водителя. От рейса к рейсу под воздействием различных, в общем случае неконтролируемых причин, параметр X меняется случайным образом, поэтому для обработки массива данных применимы методы математической статистики.

Среди обширного круга задач, которые при этом могут решаться, важное прикладное значение для анализа вопросов снижения аварийности имеют задачи определения, в среднем, запаса до предельного значения $X_{пр}$ и вероятности превышения $X_{пр}$.

Так как совокупность наблюдаемых значений параметра X конечна, то мы всегда имеем дело с некоторой выборкой. Для этого используем основные выборочные характеристики:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \text{ – выборочная средняя; } D = \frac{1}{n-1} \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 \text{ – дисперсия;}$$

$$\sigma = \sqrt{D} \text{ – среднее квадратическое отклонение; } \sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ – ошибка средней;}$$

$$V = \frac{\sigma}{x} \cdot 100\% \text{ – коэффициент вариации.}$$

При условии, если коэффициент вариации лежит в пределах от 10% до 20%, то изменение данной величины в выбранном интервале можно охарактеризовать средней.

Для оценки генеральной средней используется доверительный интервал:

$$\bar{x} - t_\gamma \cdot \sigma_{\bar{x}} < \bar{x} < \bar{x} + t_\gamma \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

Величина t_γ при заданной надежности γ и числе опытов n определяется из таблиц. $t_\gamma \cdot \sigma_{\bar{x}}$ – радиус доверительного интервала.

Использование выборочных значений в качестве оценки параметров случайных величин дает только точечные оценки интересующих нас параметров, они не позволяют судить о степени близости выборочных значений к оцениваемому параметру. Более содержательны процедуры оценивания параметров, связанные не с получением точечного значения, а с построением интервала, который накрывает оцениваемый параметр с известной степенью достоверности, поэтому необходимо построить интервал, который накрывает оцениваемый параметр.

Пусть Q – неизвестное число ДТП в N рейсах, при условии, что эта величина распределена по нормальному закону с некоторым математическим ожиданием Q' . Q' зависит от случайных исходов рейсов. По этим данным необходимо установить такую границу возможных отклонений Q от математического ожидания Q' , так что модуль разности $|Q - Q'|$ не превосходит некоторого числа ε , т.е. $|Q - Q'| < \varepsilon$.

В данном случае возможны две ситуации:

1. Вероятность отклонения задана и достаточно большая (0,9; 0,95 и 0,99), тогда по заданной вероятности находят число ε из условия, что $P(|Q - Q'| < \varepsilon) = \alpha$. Отсюда вытекает, что действительное число ДТП будет находиться в интервале $Q' - \varepsilon < Q < Q' + \varepsilon$

2. Определить искомую вероятность ДТП, если указано ε – отклонение от математического ожидания Q' и среднее квадратичное отклонение σ , тогда вероятность отклонения выразится формулой $P(|Q - Q'| < \varepsilon) = \Phi(\frac{\varepsilon}{\sigma})$, где $\Phi(\frac{\varepsilon}{\sigma})$ – интегральная функция Лапласа и вычисляется по таблице.

Данный метод хорошо применим, если выбран основополагающий критерий, по которому можно оценивать вероятности ДТП (например, рельеф дороги, водительский стаж и другие).

Чтобы исследовать частоту Q^* как оценку вероятности ДТП, воспользуемся формулами для математического ожидания и дисперсии, которые получим следующим образом. Пусть в N рейсах наблюдалось n ДТП с вероятностью ДТП в одном рейсе q . Число ДТП в одном рейсе имеет два возможных значения 0 и 1, вероятности которых равны $1-q$ и q . Поэтому его математическое ожидание $m_{ДТП}$ и дисперсии $D_{ДТП}$ определяются по формулам:

$$m_{ДТП} = 0 \times (1-q) + 1 \times q = q \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned} D_{ДТП} &= (0-q)^2(1-q) + (1-q)^2q = q^2(1-q) + (1-q)^2q = \\ &= (1-q)q[q+1-q] = (1-q)q \end{aligned} \quad (2.16)$$

Для N рейсов получим:

$$MQ^* = \frac{1}{N}(Nq) = q \quad (2.17)$$

$$DQ^* = \frac{1}{N^2}[N(1-q)q] = \frac{(1-q)q}{N} \quad (2.18)$$

Отсюда видно, что математическое ожидание частоты ДТП равно его вероятности, а дисперсия частоты стремится к нулю при неограниченном увеличении рейсов N . Следовательно, частота ДТП сходится средне квадратически к его вероятности при $N \rightarrow \infty$, из которой вытекает и сходимости по вероятности.

Для нахождения доверительных интервалов для каждого значения вероятности $Q \in (0,1)$ задают интервалы $D_\alpha(Q) = [a_\alpha(Q), b_\alpha(Q)]$, концы которого определяются из условия:

$$P_\alpha(Q^* < a_\alpha(Q)) = F(a_\alpha(Q)) \leq 1 - \frac{\alpha}{2}, \quad (2.19)$$

$$P_\alpha(Q^* \geq b_\alpha(Q)) = 1 - F(b_\alpha(Q)) \leq 1 - \frac{\alpha}{2}, \quad (2.20)$$

где $F(X)$ – функция распределения частоты. Тогда будем иметь:

$$P(Q^* \in D_\alpha(Q)) = P(a_\alpha(Q) \leq Q^* < b_\alpha(Q)) \geq \alpha \quad (2.21)$$

При большом числе рейсов N определение доверительных интервалов для Q существенно упрощается.

Воспользуемся стандартной нормальной случайной величиной $Y(X-m_x)/\sigma_x$, подставим в это выражение вместо $X \rightarrow Q^*$, $m_x \rightarrow q$, $\sigma_x \rightarrow \sqrt{(1-q)q/N}$.

$$\text{Тогда:} \quad \xi = \sqrt{N} (Q^* - q) / \sqrt{(1-q)q} \quad (2.22)$$

В соответствии с центральной предельной теоремой с увеличением числа рейсов N распределение случайной величины ξ стремится к нормальному распределению $N(0,1)$ при $N \rightarrow \infty$. В силу симметрии нормального распределения получим:

$$Q^* - q = \xi \frac{\sqrt{(1-q)q}}{\sqrt{N}} \quad (2.23)$$

$$\text{и } a_\alpha(q) = q - \xi \sqrt{(1-q)q/N}, \quad b_\alpha(q) = q + \xi \sqrt{(1-q)q/N}, \quad (2.24)$$

где ξ определяется уравнением:

$$P(|Q^* - q| < \xi \sqrt{(1-q)q/N}) = 2\Phi(\xi) = \alpha \quad (2.25)$$

Поскольку ξ не зависит от q кривые $Q^* = a_\alpha(q)$ и $Q^* = b_\alpha(q)$ в этом случае представляют собой части эллипса с уравнением $N(Q^* - q)^2 = \xi^2 q(1-q)$ с центром в точке $q = Q^* = \frac{1}{2}$, касающегося вертикальных прямых $q=0$, $q=1$. Доверительный границы Q_1 , Q_2 в этом случае находятся из уравнения эллипса:

$$Q_1, Q_2 = \frac{Q^* + \xi^2 / 2N}{1 + \xi^2 / N} \pm \frac{\xi}{1 + \xi^2 / N} \sqrt{\frac{Q^*(1-Q^*)}{N} + \frac{\xi^2}{4N^2}} \quad (2.26)$$

Среднее квадратическое отклонение частоты обратно пропорционально \sqrt{N} . Следовательно, точность оценки вероятностей повышается с увеличением числа рейсов.

При расчете доверительного интервала для Q^* , уровень риска в одном рейсе q может быть получен аналитическими методами на этапе проектирования и уточненным на этапе дорожных испытаний.

Найдем доверительный интервал, к примеру, для математического ожидания числа ДТП $m_{\text{ДТП}}$.

Ежегодные наблюдения за количеством ДТП в автотранспортном предприятии позволяют оформить N -мерный вектор $U = [n_{\text{ДТП}_1} \dots n_{\text{ДТП}_N}]^T$ и введем величину:

$$\frac{(\overline{n_{\text{ДТП}}} - m_{n_{\text{ДТП}}})\sqrt{N}}{\sigma_{n_{\text{ДТП}}}^*} = t_{N-1}, \quad (2.27)$$

где $\overline{n_{\text{ДТП}}}$ – среднее арифметическое количество ДТП;

$$\sigma_{n_{\text{ДТП}}}^{*2} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (n_{\text{ДТП}_i} - \overline{n_{\text{ДТП}}})^2 - \text{дисперсия выборок числа ДТП.}$$

В математической статистике доказывается, что введенная случайная величина при нормальном распределении $\overline{n_{\text{ДТП}}}$ имеет Стьюдентово t -распределение с $N-1$ степенями свободы. Плотность вероятности этого распределения будет иметь вид:

$$f(t_n) = \frac{\Gamma[(n+1)/2]}{\sqrt{\pi n} \Gamma(n/2)} \left[1 + \frac{t_n^2}{n}\right]^{-(n+1)/2} \quad (2.28)$$

где $n=N-1$,
$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} e^{-t_n} t_n^{n-1} dt_n .$$

Доверительный интервал для $m_{n_{ДТП}}$ определяется теперь неравенством:

$$\left[\bar{n}_{ДТП} - \frac{\sigma_{n_{ДТП}}^* t_{N-1; \alpha/2}}{\sqrt{N}} \leq m_{n_{ДТП}} < \bar{n}_{ДТП} + \frac{\sigma_{n_{ДТП}}^* t_{N-1; \alpha/2}}{\sqrt{N}} \right] \quad (2.29)$$

Дисперсия выборок ДТП имеет вид

$$\sigma_{n_{ДТП}}^{*2} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (n_{ДТП_i} - \bar{n}_{ДТП})^2$$

Случайная величина $\frac{\sum_{i=1}^N (n_{ДТП_i} - \bar{n}_{ДТП})^2}{\sigma_{n_{ДТП}}^2} = \chi_{N-1}^2$ или $\frac{(N-1)S^2}{\sigma_{n_{ДТП}}^2} = \chi_{N-1}^2$ имеет

χ_n^2 – квадрат распределение с $N - 1$ степенями свободы с плотностью вероятностей вида:

$$f(\chi_n^2) = [2^{n/2} \Gamma(n/2)]^{-1} (\chi_n^2)^{(n/2-1)} e^{-\chi_n^2/2}, \quad (2.30)$$

где $n=N-1$.

Отсюда находим доверительный интервал для дисперсии:

$$\left[\frac{(N-1)\sigma_{n_{ДТП}}^{*2}}{\chi_{N-1; \alpha/2}^2} \leq \sigma_{n_{ДТП}}^2 < \frac{(N-1)\sigma_{n_{ДТП}}^{*2}}{\chi_{N-1; 1-\alpha/2}^2} \right]. \quad (2.31)$$

2.3.2 ПРИМЕНЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО И РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Для того, чтобы проанализировать уровень аварийности и транспортного травматизма по различным факторам, необходимо выявить, в какой степени зависит от каждого фактора X_1, X_2, \dots, X_n распределение определяющего параметра Y .

С точки зрения математической статистики поставленная задача представляет собой задачу оценивания значения ненаблюдаемой случайной величины Y по данному значению величины x (в частности, по полученному в результате наблюдения значению x случайной величины X).

Пусть $y^* = y^*(x)$ – оценка значения величины Y при данном x . Ошибка этой оценки $y^* = Y$ представляет собой случайную величину. Точность оценки y^* целесообразно характеризовать средним квадратом ошибки при данном значении x :

$$\xi(x) = M[|y^*(x) - Y|^2/x]. \quad (2.32)$$

Рассмотрим сначала случай скалярной величины Y . Средний квадрат ошибки оценки y^* будет минимальным, если принять за y^* математическое ожидание случайной величины Y при данном x

$$y^*(x) = m_y(x) = M[Y/x] \quad (2.33)$$

Эта формула определяет наилучшую оценку величины Y при данном x .

В случае векторной величины $Y = [Y_1, \dots, Y_m]^T$:

$$\xi(x) = M[|y^* - Y|^2/x] = \sum_{p=1}^m M[|y_p^* - y_p|^2/x]. \quad (2.34)$$

Отсюда видно, что величина $\xi(x)$ минимальна тогда и только тогда, когда каждое слагаемое в (2.34) имеет минимальное значение.

Таким образом, необходимо выявить как в среднем изменяется зависимая величина Y при изменении факторов X_1, X_2, \dots, X_n . Для этих целей может быть использован регрессионный и корреляционный анализ.

По имеющимся статистическим данным $X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{kn}$ ($k=1, m$) определяется уравнение регрессии:

$$m_{Y_p} = f(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (2.35)$$

Зависимость (2.35) может быть как линейной, так и нелинейной. Наиболее часто используется предположение о линейности уравнения регрессии:

$$m_{Y_p} = a + \sum_{j=1}^n b_j X_j. \quad (2.36)$$

В этом уравнении a, b_j – коэффициенты множественной регрессии, подлежащие определению. Расчет коэффициентов a, b_j производится методом наименьших квадратов, в соответствии с которым

$$I = \sum_{k=1}^m (Y_k - a - b_1 X_{1k} - b_2 X_{2k} - \dots - b_n X_{nk})^2 = \min. \quad (2.37)$$

На основе критерия (2.37) составляется система нормальных алгебраических уравнений, позволяющая определить неизвестные коэффициенты $\frac{dI}{da} = 0, \frac{dI}{db_j} = 0, (j = 1, n)$.

Разброс значений параметра Y относительно m_{Y_p} определяется уравнением множественной линейной регрессии (2.36), оценивается средним квадратичным отклонением:

$$\sigma_{Y, x_1, \dots, x_m} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (Y_k - m_{Y_p})^2}{n - m - 1}}. \quad (2.38)$$

Корреляционный анализ позволяет выявить, какая доля вариации параметра Y объясняется вариацией факторов X_1, \dots, X_n . Для оценки силы связи между Y и всеми факторами X_1, \dots, X_n используется квадрат коэффициента множественной корреляции:

$$r_{Y, X_1, \dots, X_n}^2 = 1 - \frac{\sigma_{Y, X_1, \dots, X_n}^2 (n - m - 1)}{\sigma_Y^2 (n - 1)}, \quad (2.39)$$

где σ_Y – среднее квадратичное отклонение параметра Y , определяемое выражением:

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (Y_k - m_Y)^2}{n - 1}}. \quad (2.40)$$

Чистое влияние каждого фактора X_j на параметр Y количественно может быть оценено квадратом коэффициента частной корреляции:

$$r^2_{Y, X_j, X_1, \dots, X_{j-1}, X_{j+1}, \dots, X_n} = 1 - \frac{1 - r^2_{Y, X_1, \dots, X_n}}{1 - r^2_{Y, \dots, X_j, \dots, X_{j-1}, \dots, X_{j+1}, \dots, X_n}}, \quad (2.41)$$

где $r^2_{Y, X_1, \dots, X_{j-1}, X_{j+1}, \dots, X_n}$ – квадрат коэффициента множественной корреляции, вычисленного при исключении фактора X_j из анализа.

Коэффициент частной корреляции измеряет корреляцию (вероятную зависимость) между параметром Y и фактором X_j при исключении линейной связи Y с остальными факторами, искажающими эту корреляцию.

2.4 МЕТОДЫ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Дорожно-транспортное происшествие – случайное событие. Оно может произойти при условии, что в движении появился неблагоприятный фактор и его последствия не могут быть предотвращены водителем. Неблагоприятные факторы, являясь следствием вполне конкретных причин, возникают в произвольные моменты времени, и в том заключается их случайность (рисунок 2.5).

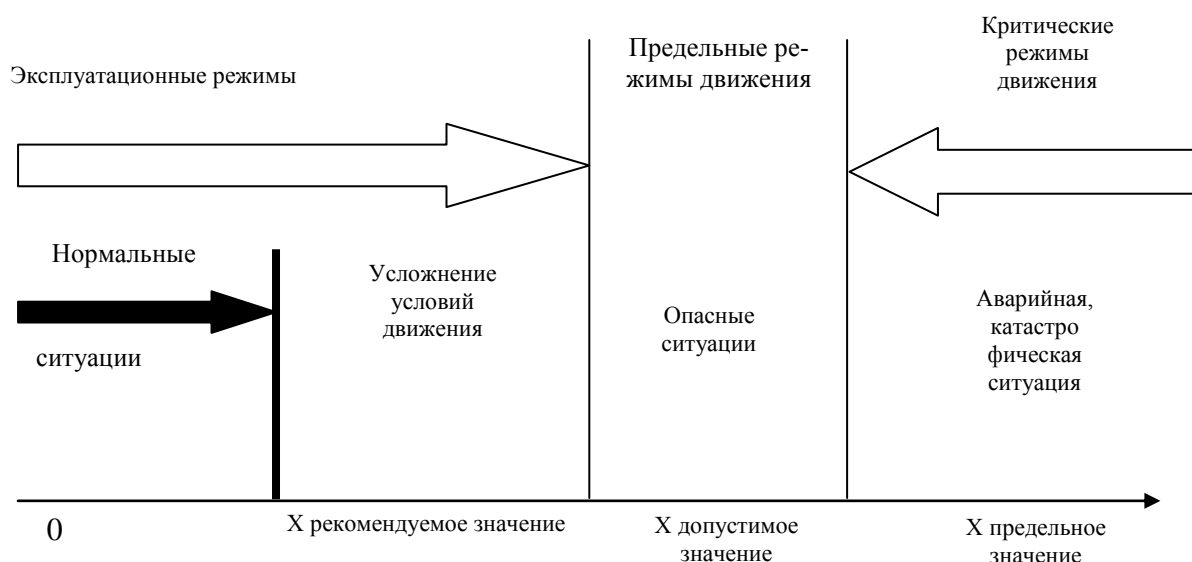


Рисунок 2.5 – Схема связи областей режимов движения, со значением определяющего параметра

За событие предотвращения примем событие невыхода определяющих параметров x_j за свои предельные значения $x_j < x_{jnp}$, $j = 1 \dots \bar{1}$. Строго говоря, событие превышения x_{jnp} не всегда приводит к дорожно-транспортному происшествию. В ряде случаев после превышения x_{jnp} водитель своими действиями может вернуть транспортное средство в область $x_j < x_{jnp}$. В дальнейшем для однозначности суждений выход одного или нескольких определяющих параметров за предельные значения будем полагать за неблагоприятный исход рейса (дорожно-транспортное происшествие). Обозначим: p_i , q_i и – вероятности непоявления и появления i -го неблагоприятного фактора; r_i , s_i – условные вероятности предотвращения и непредотвращения его последствий. В принятых обозначениях вероятностные показатели безопасности движения будут иметь очевидные выражения:

$$Q_i = q_i \cdot s_i;$$

$$P_i = 1 - Q_i = p_i + q_i \cdot r_i. \quad (2.42)$$

Вопрос о методике получения развернутых выражений для показателей Q и P с учетом воздействия на автотранспортное средство множества факторов решается в зависимости от специфики факторов и их последствий. Эта специфика может быть отражена набором признаков, показанных на рисунке 2.6.

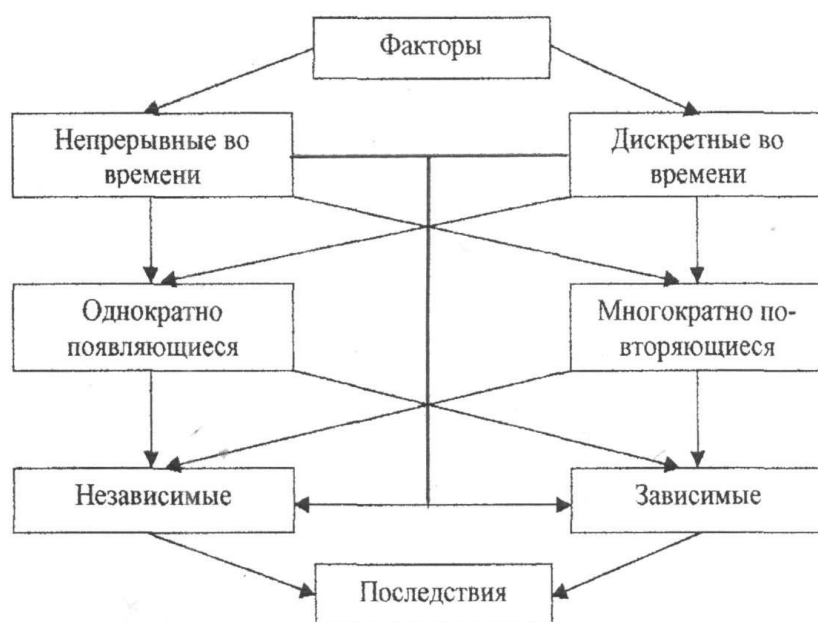


Рисунок 2.6 – Факторы, влияющие на работу транспортных средств

Вероятность появления дискретных во времени факторов не зависит от продолжительности рейса, а определяется в основном характером рейса, уровнем подготовки водителя и других.

К таким факторам, например, можно отнести ошибки водителя автотранспортного средства при выполнении маневров и перестроений автомобиля на дороге. В зависимости от специфики неблагоприятных факторов и их последствий, расчет вероятностных показателей дорожно-транспортного травматизма можно выполнить следующими методами: логико-вероятностным, методом, расчет показателей с помощью дерева (графа) состояний, использованием моделей Марковских процессов и другими.

2.4.1 ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Метод основан на прямом вычислении вероятностных показателей безопасности дорожно-транспортного травматизма P_i и Q_i , через вероятности p_i , q_i , r_i , s_i .

Логико-вероятностный метод применим для оценки влияния на безопасность движения независимых и зависимых факторов, как дискретных, так и непрерывных, но он по своей сущности не учитывает временной последовательности событий, связанных с воздействием на АТС неблагоприятных факторов. В этом состоит ограничение на применение метода.

Математическая формулировка метода определяется принятой моделью безопасности движения, то есть условиями благополучного продолжения движения и его завершения.

Рассмотрим для иллюстрации метода две модели безопасности движения.

Первая модель – рейс выполняется в соответствии с заданием и благополучно завершается, если в движении неблагоприятные факторы не возникали, а если и возникали в любой последовательности, то водитель предотвратил их последствия.

Вторая модель – последующий этап движения выполняется в соответствии с заданием, если на предыдущем этапе не возник неблагоприятный фак-

тор, угрожающий безопасности движения. Рейс заканчивается предыдущим этапом без ДТП, если водитель предотвратил последствия возникшего неблагоприятного фактора и ДТП, если не предотвратил.

Рассматриваемые модели безопасности по отношению к реальной практике являются предельными (оптимистичной и пессимистичной), так как все реально возникающие на практике ситуации укладываются в схемы случаев, занимающих промежуточное положение между первой и второй моделями безопасности движения.

В основу математической формулировки метода для первой модели может быть положена формула полной вероятности, предусматривающая рассмотрение всех физически возможных гипотез, связанных с появлением отдельных неблагоприятных факторов и их комбинаций.

Вероятность благополучного исхода дорожного движения при n возможных независимых неблагоприятных факторах $(1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, n)$ можно записать в виде:

$$P = P(A_0) + \sum_{i=1}^n P(A_i) + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^{C_n^2} P_{i,j}(A_2) + \dots + P_{i,j,\dots,n}(A_n) \quad (2.43)$$

$$i, j, \dots, n=1 \\ i \neq j \neq \dots \neq n,$$

где $P(A_0)$ – вероятность того, что в рейсе не возникнет ни один неблагоприятный фактор;

$P_i(A_1), P_{i,j}(A_2)$ – вероятность того, что в рейсе возникнет точно один неблагоприятный фактор и исход рейса будет благополучен, два фактора и так далее.

Слагаемые (2.43) определяются выражениями:

$$\begin{cases} p(A_0) \dots p_1 p_2 \dots p_n \\ p_i(A_1) \dots p_1 p_2 \dots p_{i-1} p_{i+1} \dots p_n q_i r_i \\ p_{i,j}(A_2) \dots p_1 p_2 \dots p_{i-1} p_{i+1} \dots p_{j-1} p_{j+1} \dots p_n q_i q_j r_i r_j \\ p_{i,j,\dots,n}(A_n) \dots q_1 q_2 \dots q_n r_1 r_2 \dots r_n \end{cases} \quad (2.44)$$

Выражение (2.43) с учетом (2.44) можно преобразовать к виду:

$$P = \prod_{i=1}^n (p_i + q_i r_i) \quad (2.45)$$

В справедливости этого можно убедиться на простейшем примере, рассмотрев выражение (2.43) при $n = 2$ и потом преобразовав его к виду (2.45).

Вероятность ДТП определится из очевидного условия, что каждый последующий неблагоприятный фактор в дорожном движении физически возможен, если перед этим неблагоприятные факторы не возникали, а если и возникали, то предотвращались. В соответствии с этим

$$\begin{aligned} Q &= q_1 s_1 + (p_1 + q_1 r_1) q_2 s_2 + \dots + (p_1 + q_1 r_1) \dots (p_{n-1} + q_{n-1} r_{n-1}) q_n s_n = \\ &= q_1 s_1 + \sum_{i=2}^n q_i s_i \prod_{f=1}^{i-1} (p_f + q_f r_f) \end{aligned} \quad (2.46)$$

Выражение (2.46), учитывая, что $r_f = 1 - s_f$ можно преобразовать к виду

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{i=1}^n q_i s_i - \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^{c_n^2} q_i s_i q_j s_j + - \sum_{\substack{i,j,d=1 \\ i \neq j \neq d}}^{c_n^3} q_i s_i q_j s_j q_d s_d - \\ &- \dots + (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^n q_i s_i \end{aligned} \quad (2.47)$$

Учитывая, что вероятность возникновения в рейсе трех и более неблагоприятных факторов весьма мала, по сравнению с вероятностью возникновения одного или двух факторов, в формуле (2.46) можно ограничиться первыми тремя слагаемыми, а в формуле (2.47) – первыми двумя.

До сих пор все рассуждения, связанные с математической формулировкой метода для первой модели безопасности движения велись безотносительно того, что рейс состоит из m последовательно выполненных этапов $(1, 2, \dots, v, \dots, l, \dots, m)$, а q_i, p_i, r_i, s_i изменяются от этапа к этапу. Будем полагать, что для каждого v m – го этапа ($v = \overline{1, m}$) известны вероятности $q_{iv}, p_{iv}, r_{iv}, s_{iv}$. Тогда, учитывая независимость друг от друга неблагоприятных факторов, к ма-

тематической формулировке метода для первой модели безопасности движения можно подойти, рассматривая вероятности благополучного и неблагоприятного исходов по каждому i -му фактору с учетом этапности выполнения рейса. Последовательность событий, связанных с i -м фактором по этапам рейса может быть представлена деревом состояний (графом), указанным на рисунке 2.7.

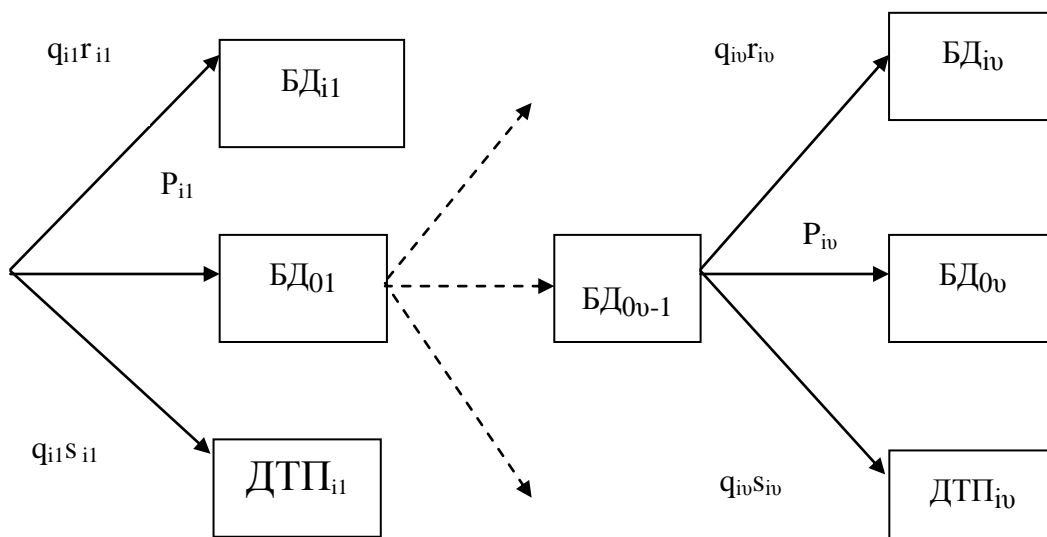


Рисунок 2.7 – Дерево состояний системы

На этом рисунке 2.7 обозначено:

BD_{0v} – событие отсутствия i -го фактора к моменту завершения v -го этапа рейса;

$BD_{iv}, ДТП_{iv}$ – события соответственно благополучного и неблагоприятного исходов при появлении i -го фактора на v -ом этапе рейса.

Дерево состояний графически интерпретирует многошаговый в общем случае процесс перехода системы от одного состояния к другому под воздействием неблагоприятных факторов (и в данном конкретном случае при переходе от одного этапа рейса к другому), начиная от корня дерева (начального состояния) и заканчивая его вершинами – состояниями $BD_{0v}, BD_{iv}, ДТП_{iv}$.

На ветвях дерева проставляются вероятности перехода от одного состоя-

ния к другому, при этом должно соблюдаться условие: сумма вероятностей на всех ветвях, выходящих из одного состояния, должна равняться единице. Вероятности конечных состояний $БД_{ov}$, $БД_{iv}$, $ДТП_{iv}$ определяются как произведение всех вероятностей, указанных на ветвях дерева, начиная от конечного состояния и заканчивая корнем дерева.

Следуя этому правилу, определим вероятность благополучного исхода по i -му фактору для всех m этапов

$$P_i = \prod_{v=1}^m p_{iv} + \sum_{v=1}^m p_{i1} \cdots p_{iv-1} q_{iv} r_{iv} \quad (2.48)$$

Соответственно уровень риска:

$$Q_i = \sum_{v=1}^m p_{i1} \cdots p_{iv-1} q_{iv} s_{iv} \quad (2.49)$$

По всем n неблагоприятным факторам, учитывая их независимость, будем иметь:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i \quad (2.50)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i - \sum_{\substack{i,j=1 \\ i=j}}^{\binom{n}{2}} Q_i Q_j + \sum_{\substack{i,j,k=1 \\ i \neq j \neq k}}^{\binom{n}{3}} Q_i Q_j Q_k - \dots + (-1)^{n-1} \prod_{i=1}^n Q_i \quad (2.51)$$

Условие нормировки $P + Q = 1$ выполняется.

Рассмотрим математическую формулировку метода для второй модели безопасности движения. Схему развития событий, связанных с программным выполнением рейса, его прерыванием при благополучном или неблагополучном исходе при появлении l -го фактора можно представить графом, показанным на рисунке 2.8.

Здесь обозначено:

$БД_{ol}$ – событие отсутствия неблагоприятных факторов к моменту завершения i -го этапа рейса

$БД_{il}$, $ДТП_{il}$ – события соответственно благополучного и неблагоприятного исходов при появлении i -го фактора на l -ом этапе рейса.

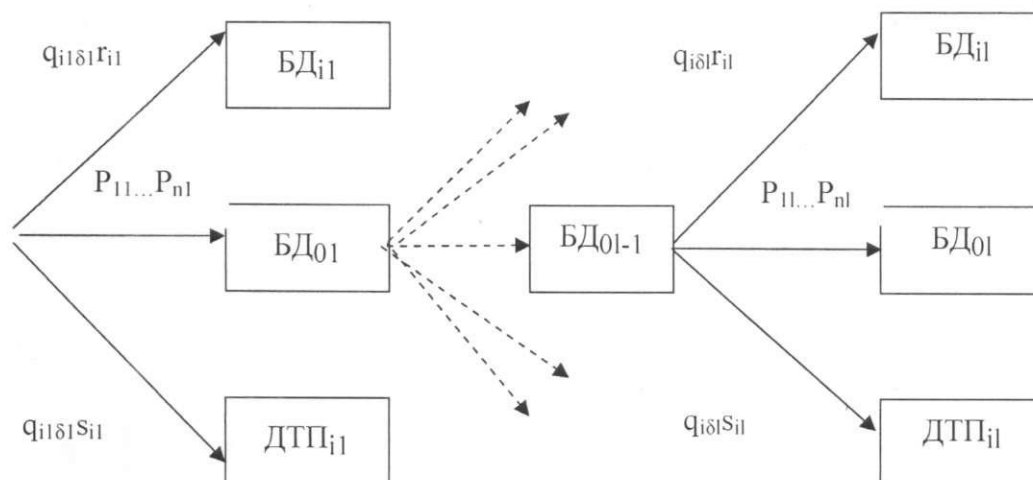


Рисунок 2. 8 – Граф состояния системы

Вероятности этих событий для l -го этапа рейса определяются:

$$P\{БДД_{ol}\} = \prod_{v=1}^l \prod_{i=1}^n p_{iv} \quad (2.48)$$

$$P\{БДД_{il}\} = P\{БДД_{o,l-1}\} q_{il\delta} r_{il} = \prod_{v=1}^{l-1} \prod_{i=1}^n p_{iv} q_{il\delta} r_{il} \quad (2.49)$$

$$P\{ДТП_{il}\} = P\{БДД_{o,l-1}\} q_{il\delta} s_{il} = \prod_{v=1}^{l-1} \prod_{i=1}^n p_{iv} q_{il\delta} s_{il} \quad (2.50)$$

В формулах (2.48) и (2.50) $q_{il\delta}$ – безусловная вероятность появления i -го фактора на l -ом этапе рейса $q_{il\delta} = q_{ol} q\left(\frac{i}{0}\right)$

где q_{ol} – вероятность того, что на l -ом этапе рейса проявится один из n возможных факторов $q_{ol} = 1 - p_{1l} p_{2l} \dots p_{nl}$

$q\left(\frac{i}{0}\right)$ – условная вероятность того, что возникший неблагоприятный фактор будет принадлежать i -му типу.

Условная вероятность $q\left(\frac{i}{0}\right)$ может быть определена на основании форму-

лы Байеса:

$$q\left(\frac{i}{0}\right) = \frac{q_{il}}{\sum_{i=1}^n q_{il}}$$

Показатели безопасности дорожного движения для всех m этапов рейса при сделанных выше предположениях будут определяться выражениями:

$$P = \prod_{v=1}^m \prod_{i=1}^n p_{iv} + \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^n \left(\prod_{v=1}^{l-1} \prod_{i=1}^n p_{iv} \right) q_{il} \delta r_{il} \quad (2.51)$$

$$Q = \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^n \left(\prod_{v=1}^m \prod_{i=1}^n p_{iv} \right) q_{il} \delta r_{il} \quad (2.52)$$

Условие нормировки $P + Q = 1$ выполняется.

2.4.2 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ

Оценка безопасности движения при воздействии на транспортное средство факторов, вероятность проявления которых зависит от продолжительности рейса, может быть произведена на основе представления переходов системы от одного состояния к другому моделью Марковского процесса со счетным множеством состояний и непрерывным временем. Факторы при этом могут быть как зависимые, так и независимые, однократно возникающие и многократно повторяющиеся, с зависимыми и независимыми последствиями, то есть этот метод позволяет производить оценку безопасности движения с учетом воздей-

ствия на транспортное средство обширного класса не благоприятных факторов. Допустим, что все возможные в движении особые ситуации, вызванные неблагоприятными факторами, образуют счетное множество $\{i\}$, $i = \overline{1, m}$. В зависимости от успешности действий водителя по предотвращению последствий неблагоприятных факторов множеству $\{i\}$ будут соответствовать два подмножества: $\{БД_i\}$ – благополучных и $\{ДТП_i\}$ – неблагоприятных исходов движения.

Обозначим вероятности этих исходов соответственно $P_i(t)$, $Q_i(t)$. Так как события из множества $\{i\}$ для текущего момента времени являются несовместными, то на основании теоремы сложения вероятностей запишем

$$P(t) = P_0(t) + \sum_{i=1}^m P_i(t); \quad Q(t) = \sum_{i=1}^m Q_i(t),$$

где $P_0(t)$ – вероятность пребывания системы в нормальном состоянии.

Неизвестные вероятности $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ вычисляются по модели Марковского процесса смены состояний рассматриваемой системы. Для обоснования возможности использования такой модели применим следующие допущения:

1. В начале движения ситуация является нормальной, то есть неблагоприятные факторы отсутствуют.

2. События предотвращения и непредотвращения возникают одновременно с появлением опасных ситуаций.

3. Последовательность возникновения опасных ситуаций (неблагоприятных факторов) i -го типа являются пуассоновским потоком с интенсивностью λ_i . Соответствующие ему потоки благополучных и неблагоприятных исходов в силу предыдущего допущения также являются пуассоновскими. Их интенсивности соответственно равны $\lambda_i r_i$, $\lambda_i s_i$ (пуассоновским потоком событий является поток обладающий свойствами ординарности и отсутствия последствия).

4. Отказавшие при движении элементы не восстанавливаются, а ошибки водителя не повторяются.

Сущность метода расчета вероятностей $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ при использова-

нии модели Марковского процесса состоит в том, что неизвестные вероятности как функции времени определяются из решения дифференциальных уравнений, которыми описывается этот процесс.

Для составления дифференциальных уравнений относительно неизвестных вероятностей $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ Марковский процесс со всеми выявленными и реально возможными при движении состояниями системы представляется наглядно в виде графа состояний (рисунок 2.9).

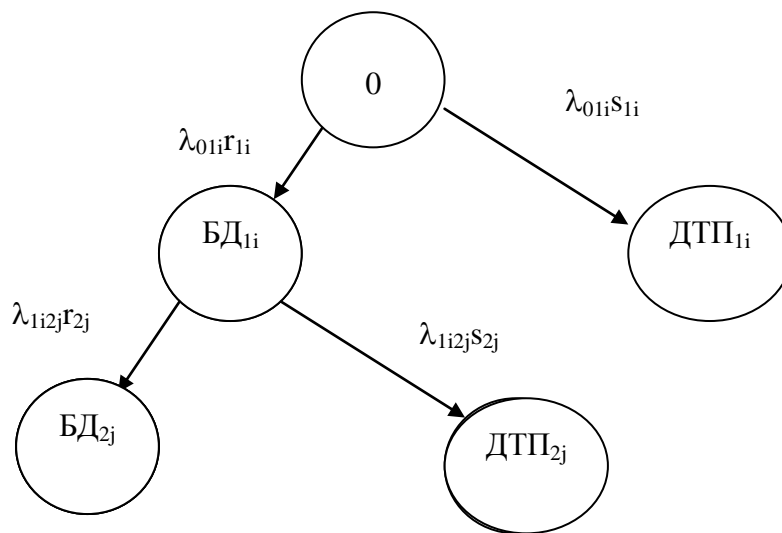


Рисунок 2.9 – Марковский процесс состояния системы

В узлах этого графа обозначаются состояния системы (исходы рейса), вершина графа (состояние 0) соответствует нормальной ситуации. Состояния системы, в которые она переходит непосредственно из нулевого состояния вследствие появления неблагоприятных факторов, называются состояниями первого уровня; состояния, возникающие из состояния первого уровня, - состояниями второго уровня и так далее.

Обозначим эти состояния на первом уровне по i -му фактору – БД $_{1i}$; ДТП $_{1i}$ соответственно для благополучных и неблагополучных исходов; на втором уровне по j -му фактору БД $_{2j}$, ДТП $_{2j}$ и так далее.

На ребрах графа проставляются интенсивности перехода от одного состояния к другому : при переходе от нулевого состояния к состояниям первого уровня – $\lambda_{01i} r_{1i}$; $\lambda_{01i} s_{1i}$ при переходе от состояний первого уровня к состояниям второго уровня – $\lambda_{1i2j} r_{2j}$; $\lambda_{1i2j} s_{2j}$.

Дифференциальные уравнения для определения неизвестных вероятностей составляют по определенному правилу: число уравнений равно числу состояний (исходов), размеченных на графе; в левой части уравнения стоит производная вероятности данного состояния, а правая часть содержит столько членов, сколько стрелок связано с данным состоянием. Если стрелка выходит из этого состояния, соответствующий член имеет знак минус, если она направлена в состояние – плюс. Каждый член равен произведению интенсивности перехода, соответствующей данной стрелке, на вероятность того состояния из которого стрелка исходит.

Дифференциальные уравнения для графа состояний, изображенного на рисунке 2.9 имеют следующий вид:

– для вероятности нулевого состояния:

$$\frac{dP_0}{dt} = -\lambda_{00}P_0; \quad (2.53)$$

– для вероятностей состояний первого уровня:

$$\frac{dP_{1i}}{dt} = \lambda_{01i}r_{1i}P_0 - \lambda_{1i1i}P_{1i}; \quad (2.54)$$

$$\frac{dQ_{1i}}{dt} = \lambda_{01i}s_{1i}P_0; \quad (2.55)$$

– для вероятностей состояния второго уровня:

$$\frac{dP_{2j}}{dt} = \lambda_{1i2j}r_{2j}P_{1i} - \lambda_{2j2j}P_{2j}; \quad (2.56)$$

$$\frac{dQ_{2j}}{dt} = \lambda_{1i2j}s_{2j}P_{1i}. \quad (2.57)$$

В уравнениях (2.53), (2.54), (2.56) величины λ_{00} , λ_{1i1i} , λ_{2j2j} – суммарные интенсивности появления факторов, выводящих систему соответственно из нулевого состояния, из i -х состояний первого уровня и j -х состояний второго уровня:

$$\lambda_{00} = \sum_{i=1}^a \lambda_{0i}; \quad \lambda_{1i1i} = \sum_{j=1}^b \lambda_{1i2j}; \quad \lambda_{2j2j} = \sum_{f=1}^c \lambda_{2j3f} \quad (2.58)$$

где индексы a , b , c означают числа факторов, которые могут соответственно вывести систему из нулевого состояния, из i -го состояния первого уровня, из j -го состояния второго уровня.

Решение системы дифференциальных уравнений производится при начальных условиях: $t = 0$; $P_0 = 1$; $P_{1i} = Q_{1i} = P_{2j} = Q_{2j} = \dots = 0$.

В первую очередь решается уравнение для вероятности нулевого состояния; затем, используя этот результат, производится решение уравнений для вероятностей состояния первого уровня и других. Для оценки безопасности одного рейса достаточно решить только уравнения для вероятностей благополучных исходов (2.53), (2.54), (2.56) и других, но для проверки правильности решения по условию $P(t) + Q(t) = 1$ необходимо решить всю систему дифференциальных уравнений.

В целом ряде случаев для оценки безопасности дорожного движения можно ограничить граф состояниями первого уровня. Это равносильно допущению о том, что за рассматриваемое время рейса более одного неблагоприятного фактора не возникает. Неизвестные вероятности состояний при этом определяются из решения уравнений (2.53), (2.54), (2.57), при условии $\lambda_{1i1i} = 0$ (далее индекс 1 использоваться не будет).

Решая эти уравнения, получаем: $P_0(t) = e^{-\lambda_{00}t}$; $P_i(t) = \frac{\lambda_{0i} \cdot r_i}{\lambda_{00}} (1 - e^{-\lambda_{00}t})$;

$$Q(t) = \frac{\lambda_{0i} \cdot S_i}{\lambda_{00}} (1 - e^{-\lambda_{00}t}), \quad \text{где в соответствии с (2.62), } \lambda_{00} = \sum_{i=1}^a i \lambda_{0i}$$

Выражения для вероятностей благополучного и неблагоприятного исхода рейса примут вид:

$$P = e^{-\lambda_{00}t} + \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^a \lambda_{0i} r_i ; \quad (2.59)$$

$$Q = \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^a \lambda_{0i} s_i . \quad (2.60)$$

Заметим, что $\lambda_{0i} = \lambda_i$, где λ_i – интенсивность появления i -го неблагоприятного фактора.

По формулам (2.59), (2.60) определяем уровень безопасности дорожного движения или уровень риска при известных значениях λ_i , r_i . Как следует из выражения (2.60), удельный вклад i -го фактора в уровень аварийности равен:

$$Q = \frac{Q_i}{Q} = \frac{\lambda_i s_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i s_i} \quad (2.61)$$

Этот критерий позволяет определить факторы, оказывающие наиболее отрицательное влияние на безопасности дорожного движения. Как частный случай для одного неблагоприятного фактора ($a = 1$) показатели безопасности дорожного движения принимают вид:

$$P = e^{-\lambda t} + (1 - e^{-\lambda t}) \cdot r = p(t) + q(t)r; \quad (2.62)$$

$$Q = (1 - e^{-\lambda t})s = q(t)s \quad (2.63)$$

2.4.3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ

В ряде случаев после предотвращения последствий неблагоприятных факторов водитель может с определенной вероятностью вернуть систему в исходное состояние.

Обозначим вероятность восстановления системы после появления i -го неблагоприятного фактора и предотвращения его последствий водителем u_i . Предположим, что события появления неблагоприятного фактора, предотвращения его последствий и восстановления системы происходят одновременно. Граф состояний для этого случая применительно к появлению неблагоприятных факторов только на первом уровне (рисунок 2.10).

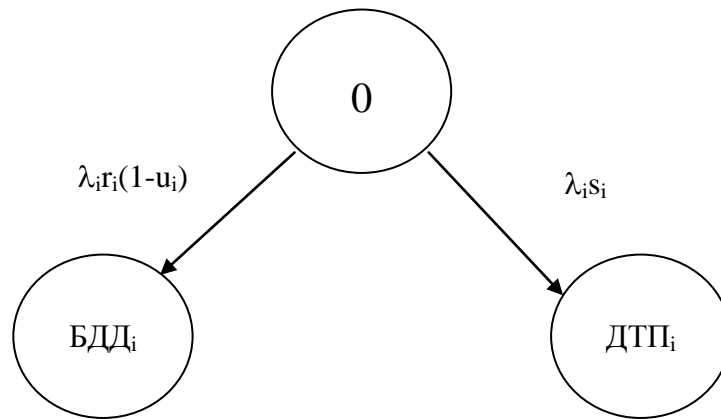


Рисунок 2.10 – Граф состояний первого уровня

Уравнения относительно неизвестных вероятностей записываются в виде:

$$\frac{dP_0}{dt} = -\lambda_{00} P_0;$$

$$\frac{dP_i}{dt} = \lambda_i r_i (1 - u_i) P_0;$$

$$\frac{dQ_i}{dt} = \lambda_i s_i P_0, \quad (2.64)$$

где $\lambda_{00} = \sum_{i=1}^a \lambda_i [r_i (1 - u_i) + s_i] = \sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)$.

Решая уравнение (2.64) получим развернутые выражения для P_0, P_i, Q_i :

$$P_0(t) = e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i) t}; \quad (2.65)$$

$$P_i(t) = \frac{\lambda_i r_i (1 - u_i)}{\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i) t} \right]; \quad (2.66)$$

$$Q_i(t) = \frac{\lambda_i S_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i) t} \right]. \quad (2.67)$$

Для предельного, имеющего большое практическое значение случая $\overline{u_i = 1; i = 1}$, формулы (2.65), (2.66), (2.67) записываются в виде:

$$P_0(t) = e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i S_i t};$$

$$P_i(t) = 0;$$

$$Q_i(t) = \frac{\lambda_i S_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i S_i} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i S_i t} \right]. \quad (2.68)$$

При этом:

$$P = P_{БД} = e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i S_i t}. \quad (2.69)$$

В этой формуле t приобретает смысл (суммарной продолжительности всех рейсов), ранее обозначенных t_Σ , а λ_i, s_i – смысл интенсивности потока дорожно-транспортных происшествий по i -му фактору, которую обозначим Λ_i :

$$P_{БД} = e^{-t_\Sigma \sum_{i=1}^a \lambda_i} = e^{-\Lambda t_\Sigma},$$

где Λ – интенсивность потока дорожно-транспортных происшествий по всем факторам.

Вероятность совершения хотя бы одного дорожно-транспортного происшествия за время t_{Σ} определяется соотношением $Q_{n \geq 1} = 1 - e^{-\Lambda t_{\Sigma}}$

Обозначив интенсивность потока дорожно-транспортных происшествий из-за неисправности техники Λ_T , из-за ошибок обслуживающего персонала Λ_{OP} , из-за воздействия неблагоприятных условий Λ_{HY} , и полагая эти три группы факторов независимыми, показатель $P_{БД}$ возможно представить в виде:

$$P_{БД} = P_T P_{OP} P_{HY} = e^{-\Lambda_T t_{\Sigma}} \cdot e^{-\Lambda_{OP} t_{\Sigma}} \cdot e^{-\Lambda_{HY} t_{\Sigma}}, \quad (2.70)$$

где P_T , P_{OP} , P_{HY} - частные показатели безопасности движения по соответствующим группам факторов.

2.4.4 КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Показатели безопасности дорожного движения в основном являются вероятностными характеристиками. Комбинированный метод предполагает их оценку путем совместного и одновременного использования данных эксперимента (дорожных испытаниях) и теоретических исследований математической модели движения ТС.

При дорожных испытаниях характеристики воздействия на ТС должны соответствовать естественным условиям. Все неслучайные воздействия должны быть одинаковы во всех экспериментах, а у случайных воздействий - одинаковые, но независимые вероятностные характеристики. В этом случае можно считать, все эксперименты являются независимыми и проведены в одинаковых условиях

Важным элементом дорожных испытаний является измерительная система, которая представляет собой совокупность средств, обеспечивающих измерение воздействий на ТС. От того, какие воздействия регистрируются системой измерения, зависит эффективность использования результатов теоретических исследований при оценке характеристик безопасности движения.

Математическая модель движения ТС должна быть составлена с использованием знаний, накопленных в процессе разработки и испытаний АТС. Одни и те же, в физическом смысле, внешние воздействия на ТС и на модель отличаются за счет того, что на ТС воспринимает реальные воздействия $u_{01}, u_{02}, \dots, u_{0N}$, а на модель – либо измеренные значения воздействий u_1, u_2, \dots, u_N , либо воздействия, сформированные на основании вероятностных характеристик, полученных при измерении воздействий U , как изображено на рисунке 2.11.

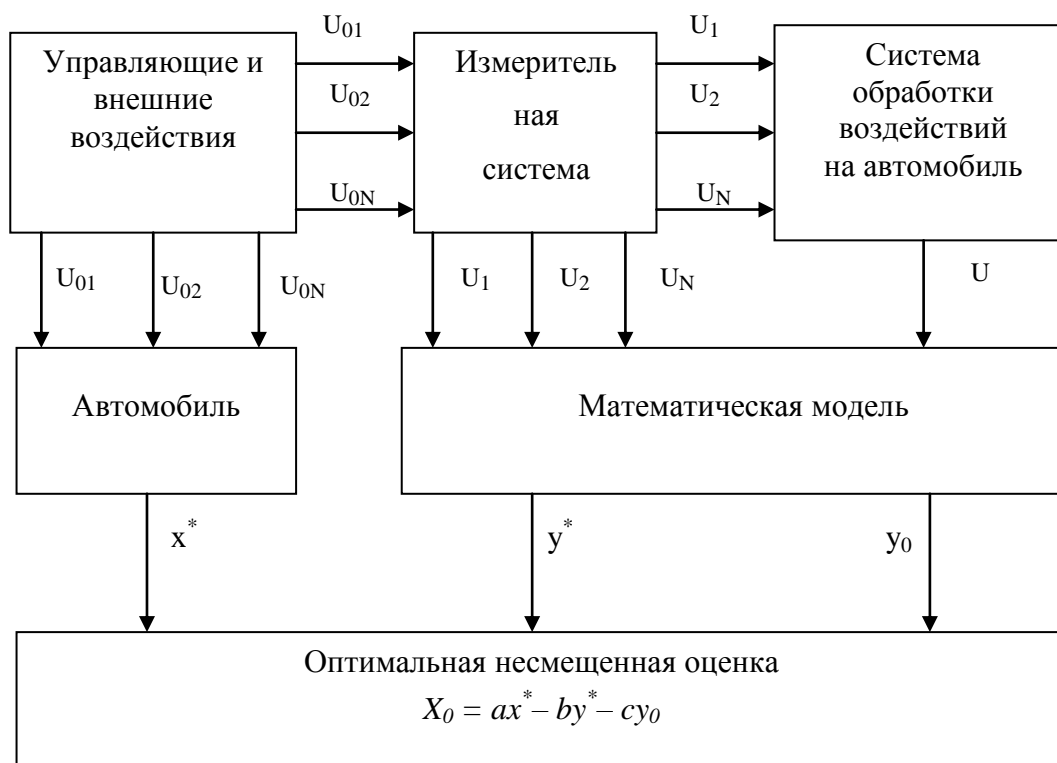


Рисунок 2.11 – Схема воздействий на автотранспортное средство

Обозначим через x искомый показатель безопасности движения. По результатам дорожных испытаний можно вычислить статистическое его значение

$$x^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j \quad , \quad (2.71)$$

где N – число реализаций;

x_j – значения показателя БДД в j – й реализации.

При подаче на модель внешних воздействий u_1, u_2, \dots, u_N определяется статистическое значение показателя безопасности движения

$$y^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j \quad (2.72)$$

По воздействиям на модели, полученным на основании обработки внешних измеренных воздействий на автомобиль, определяются расчетные значения показателя безопасности движения y_0 . Таким образом, модель должна позволять аналитическое ее решение.

Оценка показателя безопасности движения определяется как оптимальная в смысле минимума дисперсии в классе линейных несмещенных оценок по отношению к показателям x^* , y^* и y_0 , т.е.

$$x_0 = ax^* - by^* - cy_0, \quad (2.73)$$

где a, b, c – коэффициенты, выбираемые из условия минимума дисперсии оценки и ее несмещенности.

Условия несмещенности:

$$M[x_0] = aM[x^*] + bM[y^*] + cM[y_0] \quad (2.74)$$

или

$$M[x^*] = x, M[y^*] = y, M[y_0] = y \quad (2.75)$$

На основании формул (1.74) $a = 1, b + c = 0$,

$$x_0 = x^* - c(y^* - y_0) \quad (2.76)$$

Значение коэффициента c находится из минимума дисперсии $D[x_0]$ Поскольку x^* , y^* и y_0 получены через одни и те же воздействия, измеренные при движении, то их значение коррелированы между собой

$$\begin{aligned}
D[x_0] &= M[x_0 - x]^2 = M\{(x^* - x) - c[(y^* - y)(y_0 - y)]\}^2 \\
&= D[x^*] - 2c(\mu_{x^*y^*} - \mu_{x^*y_0}) + c^2\{D[y^*] - 2\mu_{y^*y_0} + D[y_0]\} \quad , \quad (2.77)
\end{aligned}$$

где $D[x^*]$, $D[y^*]$, $D[y_0]$ – дисперсии величин x^* , y^* , y_0 ;

$\mu_{x^*y^*}, \mu_{x^*y_0}, \mu_{y^*y_0}$ – корреляционные моменты величин x^* и y^* , x^* и y_0

y^* и y_0 соответственно.

Для определения значения коэффициента c , дающего минимум дисперсии $D[x_0]$, необходимо взять частную производную от выражения (1.76) по c и приравнять ее нулю, поскольку вторая производная по c положительна, то имеет минимум:

$$c = \frac{\mu_{x^*y^*} - \mu_{x^*y_0}}{D[y^*] - 2\mu_{y^*y_0} + D[y_0]} \quad . \quad (2.78)$$

Для вычисления мы можем располагать фактически только статистическими значениями величин, входящих в выражение (2.78), поэтому действительной оценкой будет не x_0 , а некоторая оценка u . Расчеты показывают, что точность оценок x_0 и x_{0l} одинакова при небольшом количестве экспериментов (от 10 до 30). Выигрыш в точности от использования результатов теоретических исследований определяется отношением дисперсии статистического значения x^* к дисперсии x_0 , то есть

$$\bar{D} = \frac{D[x^*]}{D[x_0]} = \frac{1}{1 - \frac{(\mu_{x^*y^*} - \mu_{x^*y_0})^2}{D[x^*]\{D[y^*] - 2\mu_{y^*y_0} + D[y_0]\}}} \quad . \quad (2.79)$$

Выражение (2.79) представляет собой также выигрыш в числе экспериментов от использования результатов теоретических исследований. Поскольку стоимость эксперимента во много раз превышает стоимость теоретических исследований, то величина D , характеризующая выигрыш в числе экспериментов, будет определять и выигрыш в стоимости исследований

В системе обеспечения безопасности транспортных работ все больше возрастает роль математических методов исследования сложных транспортных систем, которые взаимодействуют с более сложными экономическими и социальными системами. Существующая практика анализа ограничивается, как правило, изучением динамики и структуры аварийности по различным показателям (критериям). В настоящее время в исследованиях и на практике применяют два типа показателей – статистические и вероятностные. Статистические показатели выражаются физическими величинами или отношением этих величин, получаемых по статистическим данным массовой эксплуатации. Вероятностные показатели вычисляют методами теории вероятностей, аналитическим путем, поэтому такие показатели иногда называют аналитическими.

2.5 ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

1. Оценить влияние на безопасность дорожного движения отдельного неблагоприятного фактора или некоторой совокупности неблагоприятных факторов.

2. Отработать требования к уровню безопасности дорожного движения для разрабатываемого транспортного средства на основании опыта эксплуатации прототипа. Если известен $T_{ТП}$ – средний пробег на одно ДТП для прототипа, то для проектируемого ТС уровень риска на основании $Q = \frac{t_n}{T_{ТП}}$ должен удовлетворять условию $Q < \frac{t_n}{T_{ТП}}$, где t_n – предполагаемая продолжительность пробега проектируемого ТС.

3. Определять соответствие фактического уровня безопасности дорожного движения. Эта задача решается аналогично предыдущей, только здесь исходной информацией является величина нормируемого уровня риска. Текущее значение $T_{ТП}$ должно сравниваться в соответствии с выражением $Q = \frac{t_n}{T_{ТП}}$ с заданным уровнем риска.

4. Оценивать эффективность мероприятий на транспортных средствах,

направленных на повышение безопасности дорожного движения, еще до их практической реализации.

5. Задавать требования к надежности автотранспортных средств, параметрам функциональных систем автомобиля из условия обеспечения заданного уровня безопасности.

6. Отыскивать наиболее слабые места в обеспечении безопасности дорожного движения и разрабатывать эффективные мероприятия для ее повышения.

7. Оптимизировать уровень безопасности дорожного движения с учетом стоимости и эффективности автотранспортного средства.

ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

3.1 СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Надежность транспортных средств оказывает существенное влияние на состояние безопасности дорожного движения. Как показывает статистика, из-за технических неисправностей в среднем в год происходит от 3 до 5% дорожно – транспортных происшествий. Этот показатель может значительно отклоняться от среднего значения в зависимости от вида транспортных средств, количества лет эксплуатации, погодных условий, качества эксплуатации, технического обслуживания и так далее. Проводимые НИЦ ГИБДД исследования показывают, что около 50% ДТП по техническим неисправностям связано с неисправностью тормозных систем (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Причины ДТП, связанные с неисправностями автомобилей

Неисправные элементы	Количество ТП из-за технических неисправностей транспортных средств, %
Тормозные системы	49,1
Устройства обзора дороги	13,2
Внешние световые приборы	11,3
Звуковая сигнализация	9,4
Колеса и шины	1,9
Дополнительное оборудование	3,8
Рулевое управление	3,8
Прочие	7,5
Всего	100

При рассмотрении влияния неисправностей транспортных средств на состояние аварийности необходима классификация, учитывающая характер их последствий. Как следует из структуры вероятностных показателей, влияние неисправностей транспортного средства на безопасность движения определяются их интенсивностью λ_i и условными вероятностями предотвращения их последствий r_{Ti} . Интенсивности неисправностей λ_i могут быть рассчитаны мето-

дами теории надежности или определены статистическими данными эксплуатации. Расчет условных вероятностей r_{Ti} является специфической задачей безопасности движения, так как требует знания возможностей водителя и самой техники по устранению последствий неисправности. Наиболее опасными неисправностями техники являются неисправности, приводящие к аварийной или катастрофической ситуации. К числу таких неисправностей относятся: рассоединение элементов системы рулевого управления, заклинивание рулевого управления, неисправности тормозной системы и другие. Такие неисправности недопустимы в эксплуатации ($r_{Ti} = 0$). Часть неисправностей практически не оказывает влияния на безопасность движения ($r_{Ti} \cong 1$). Такие неисправности в дальнейшем рассматриваться не будут. Значительно чаще в движении возникают неисправности, последствия которых с определенной вероятностью ($0 < r_{Ti} < 1$) устраняются водителем. Для этих неисправностей последствия по своему характеру могут быть самые разнообразные, но конечным следствием неисправности, как правило, является отклонение параметров движения транспортного средства от желаемых. По конечному следствию можно выделить следующие группы неисправностей.

1. Активные неисправности вызывают изменение сил и моментов, действующих на транспортное средство, и, как следствие этого, нежелательное изменение параметров движения. В зависимости от природы неисправности, такое изменение параметров может быть быстрым или медленным, аperiodическим или колебательным, кратковременным или постоянным. Примерами таких неисправностей являются неисправности тормозной системы, рулевого управления, отсоединение колеса и другие.

2. Пассивные неисправности не вызывают непосредственно изменения сил и моментов действующих на транспортное средство, но они усложняют условия деятельности водителя, что в конечном счете может привести к изменению параметров движения.

Эту группу неисправностей можно разделить на две категории:

а) неисправности, приводящие к нарушению соответствия свойств транспортного средства свойствам водителя (неисправность гидроусилителя рулевого управления);

б) неисправности, лишаящие водителя определенной информации о состоянии транспортного средства (неисправности спидометра, манометра давления воздуха в тормозной системе).

Автотранспортное средство состоит из множества элементов. Оценить влияние каждой неисправности на безопасность дорожного движения достаточно сложно. Для решения этой задачи необходимо в каждой функциональной системе все многообразие неисправностей свести к нескольким типам.

3.2 ПОДХОД К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ВОЗМОЖНЫХ ОТКАЗАХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Действия водителя по предотвращению последствий отказов ТС должны быть направлены в первую очередь на устранение нежелательного изменения параметров движения. Вмешательство в управление может выражаться в отклонении органов управления, включения системы (например, тормозной). Последствия неисправности водитель обнаруживает не сразу, не мгновенно, а через определенное время, то есть вмешивается в управление с запаздыванием. Допустим, что в некоторый момент времени $t=0$ в движении возникла неисправность агрегата или системы, что привело к изменению параметров движения (рисунок 3.1).

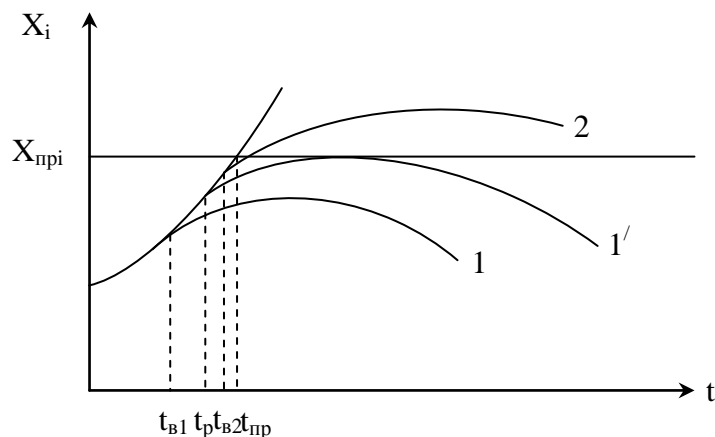


Рисунок 3.1 – Схема вмешательства водителя в управление транспортным средством

Без вмешательства водителя в управление определяющий параметр x_i , спустя некоторое время t_{np} , достигнет, а в дальнейшем и превысит предельное значение. В простейшем случае можно полагать, что это приведёт к транспортному происшествию. Время t_{np} зависит от интенсивности возмущающегося действия, явившегося следствием неисправности, а также условиями движения. Время t_{np} случайно, так как в процессе изменения параметра x_i транспортное средство может подвергнуться случайным воздействиям внешней среды, например, сильному порыву ветра, наезду на препятствие и другим.

Реально водитель, обнаружив отклонение параметра движения x_i от заданного значения, вмешивается в управление с целью недопущения его выхода за предельное значение, а в дальнейшем и для стабилизации.

Успех действий водителя при прочих заданных условиях будет зависеть от времени его запаздывания с вмешательством t_b и от характера его действий (например, угла δ и скорости $\dot{\delta}$ отклонения рулевого колеса). При этом можно выделить три характерных случая вмешательства водителя в управление: своевременное вмешательство в управление ($t_b = t_{b1}$) – параметр x_i не достигает x_{inp} (кривая 1); несвоевременное вмешательство в управление ($t_b = t_{b2}$) параметр x_i превысит x_{inp} (кривая 2); граничный случай – запаздывание водителя t_b и характер его вмешательства таковы, что параметр x_i лишь достигает x_{inp} , но не превышает его (кривая 1'). Время запаздывания вмешательства водителя при этом соответствует его располагаемому времени t_p . Реально и время запаздывания вмешательства водителя t_b , и его располагаемое время t_p случайны.

Если последствия неисправности проявляются только на начальном этапе, непосредственно следующим за неисправностью, то достаточным условием предотвращения последствий неисправности является своевременное вмешательство водителя в управление, и вероятность этого события запишется формулой:

$$r_{Ti} = p \cdot (x_i < x_{inp}) = p_0 \cdot (t_b < t_p), \quad (3.1)$$

где x_i – параметр, претерпевающий наиболее быстрое изменение при неисправности, так называемый критический определяющий параметр.

Если последствия неисправности проявляются и на последующих этапах движения $(1, 2, \dots, k, \dots, m)$, то условие своевременного вмешательства водителя в управление $t_e < t_p$ является необходимым, но недостаточным для предотвращения последствий неисправности. Достаточным условием предотвращения последствий неисправности является при этом невыход определяющих параметров движения за свои предельные значения на всех этапах движения, где проявляются последствия неисправности. Вероятность этого сложного события при условии независимости событий предотвращением последствий неисправности на разных этапах запишется:

$$r_T = p_0 p_1 \dots p_k \dots p_m, \quad (3.2)$$

где p_k – вероятность предотвращения последствий неисправности на k -ом этапе движения, определяемая как $p_k = p(x_{jk} < x_{jknp})$, $j = \overline{1, n}$ то есть вероятность того, что ни один из n определяющих параметров не выйдет за предельные значения.

Вероятности (3.1) и (3.2) могут быть определены в дорожных испытаниях. Для оценки безопасности движения расчетным путем или моделированием необходимо располагать сведениями о характеристиках модели действий водителя при неисправностях ТС.

3.3 СХЕМА МОДЕЛЕЙ ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЯ ПРИ ОТКАЗАХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Под моделью действий водителя будем понимать алгоритм, характеризующий последовательность и структуру действий водителя в опасной ситуации. Модель может содержать качественное описание действий водителя (их логику) или их количественные характеристики. В последнем случае модель является математической, она представляется определенным математическим выражением: дифференциальным уравнением, передаточной функцией, функциональными соотношениями и так далее.

Структура модели действия водителя существенно зависит от характера

опасной ситуации, к которой приводит появление неблагоприятного фактора. Поэтому создание универсальной модели действий водителя, пригодной для исследования безопасности движения при любых неблагоприятных факторах, сопряжено с большими трудностями. В настоящее время ученые идут по пути создания частных моделей вполне конкретных опасных ситуаций.

Рассмотрим структуру модели действий водителя для опасной ситуации, при которой наблюдается быстрое изменение параметров движения автомобиля (резкое отклонение в траектории движения). Для устранения этой причины в двигательных реакциях водителя можно выделить три этапа:

– первый этап – запаздывание по времени с вмешательством в управление (водитель вмешивается в управление отклонением рулевого колеса X_B спустя

$t_B > 0,3$ секунды);

– второй этап – устранение нарастания изменения параметров движения (отклонив рулевое колесо, водитель выдерживает его в отклоненном положении до тех пор, пока угол поворота автомобиля, разворота не начал изменяться в сторону возвращения к исходному значению);

– третий этап – стабилизация параметров движения рулевого колеса направлена на стабилизацию нужных значений параметров движения. Указанным закономерностям в двигательных реакциях водителя соответствует модель действий водителя, схема которой изображена на рисунке 3.2.

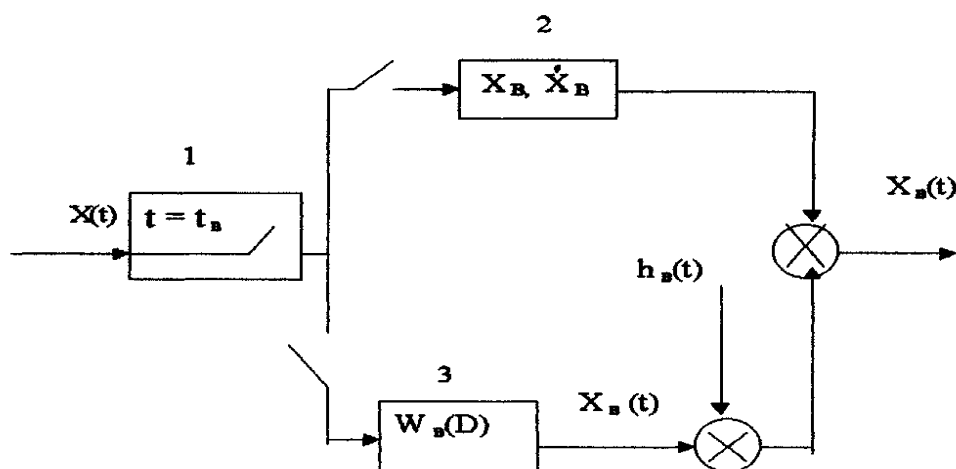


Рисунок 3.2 – Схема модели действий водителя

Входом модели является отклонение параметра движения Δx от заданного значения, например, отклонения от заданного радиуса траектории движения, выходом модели является отклонение X_B рулевого колеса водителем. Модель включает три звена: звено 1 учитывает запаздывание вмешательства водителя в управление $t = t_B$; звено 2 характеризует параметры первой двигательной реакции водителя (X_B, \dot{X}_B) , направленной на прекращение нарастания параметров движения (X_B, \dot{X}_B) – соответственно величина отклонения рулевого колеса и его скорость); звено 3 характеризует динамические свойства водителя при стабилизации им заданных значений параметров движения и представляется квазилинейной передаточной функцией $W_B(D)$.

К выходу звена 3 приложен «шум» в модели действия водителя $h_B(t)$, являющийся той частью его двигательной реакции, которая не определяется передаточной функцией $W_B(D)$, $h_B(t) = X_B(t) - X_{BO}(t)$. «Шум» в модели водителя учитывает нестационарность, дискретность и нелинейность его моторных реакций.

Переключение модели со звена 1 на звено 2 происходит в момент $t = t_B$ со звена 2 на звено 3 – в момент $t = t_B + \Delta t$, соответствующий нулевому значению производной по времени от определяющего параметра.

В соответствии с моментами переключения звеньев в модели соотношения выход – вход модели могут быть приведены в виде:

$$\begin{aligned}
 X_B(t) &= 0 \quad \text{при} \quad t < t_B; \\
 X_B(t) &= \dot{X}_B(t - t_B) \quad \text{при} \quad t_B \leq t < t_B + \Delta T; \\
 X_B(t) &= X_B \quad \text{при} \quad t_B + \Delta T \leq t < t_B + \Delta t; \\
 X_B(t) &= W_B(D)\Delta x(t) + h_B(t) \quad \text{при} \quad t \geq t_B + \Delta t,
 \end{aligned}$$

где $\Delta T = \frac{X_B}{\dot{X}_B}$

В зависимости от варианта использования модели возможны различные ее модификации, схемы которых изображены на рисунке 3.3.

Модель 1 учитывает только временное запаздывание водителя t_B . В момент $t = t_B$ водитель мгновенно устанавливает рулевое колесо в положение, со-

ответствующее полной компенсации возмущающего момента. Такую модель можно использовать при упрощенных аналитических расчетах, где требуется получение сравнительной оценки.

Модель 2 учитывает временное запаздывание водителя и параметры его первого вмешательства X_B , \dot{X}_B (или ΔT). Такая модель может быть использована для оценки опасности таких неисправностей, при которых стабилизация измененного движения не вызывает у водителей трудностей.

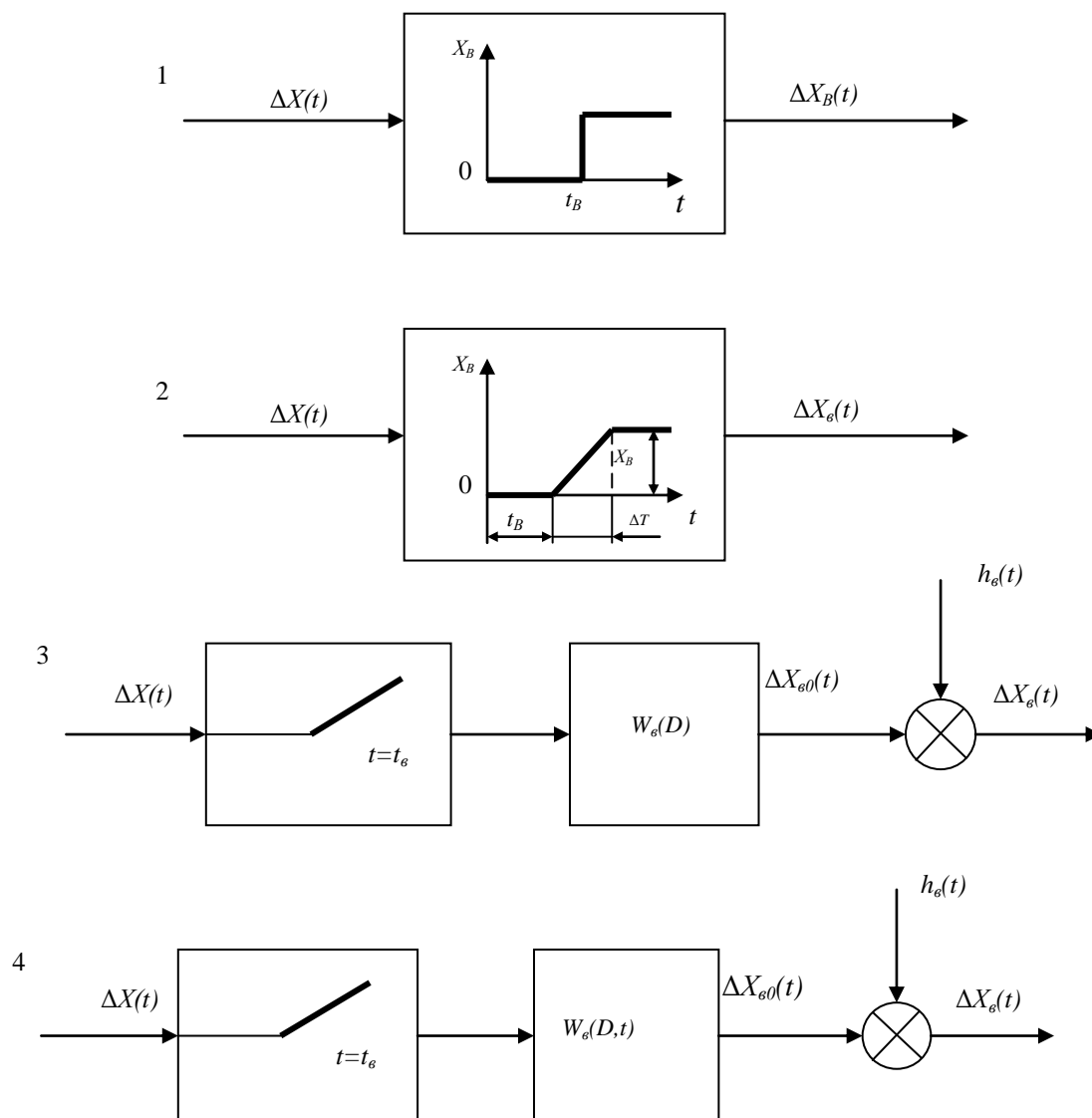


Рисунок 3.3 – Схемы моделей действий водителя в опасных ситуациях

В моделях 3 и 4 моторные действия водителя полностью описываются передаточной функцией и «шумами». При этом в модели 3 передаточная функция $W_B(D)$ стационарная, то есть её коэффициенты постоянны во времени, а в

модели 4 передаточная функция $W_B(D, t)$ нестационарная, то есть коэффициенты зависят от времени.

В рассмотренных выше моделях водителя случайность его двигательных действий адекватно отображается случайностью времени запаздывания t_B первой двигательной реакции X_B, \dot{X}_B , коэффициентов передаточной функции водителя и его «шумов».

3.4 ВРЕМЯ ЗАПАЗДЫВАНИЯ ВМЕШАТЕЛЬСТВА ВОДИТЕЛЯ В УПРАВЛЕНИЕ ПРИ ОТКАЗАХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

При анализе причин ДТП отмечается, что важнейшее значение для безопасности дорожного движения имеют значения личные качества водителя, то есть его физические и физиологические возможности. В упрощенном виде работа психического аппарата водителя протекает следующим образом. Водитель через органы зрения воспринимает информацию в виде сигналов, преобразующихся в электрические импульсы и поступающие в головной мозг, от него к спинному мозгу, который посылает сигналы по нервным волокнам исполнительные импульсы мышцам рук, ног по действию соответствующими рычагами и управлению транспортным средством. Таким образом, передача сигналов в нервной системе длится определенное время, что обуславливает задержку (реакцию) в выполнении действий водителя по управлению транспортным.

Под временем запаздывания вмешательства водителя в управление понимается интервал времени с момента возникновения неисправности до начала действий водителя по предотвращению последствий неисправности. В дальнейшем для краткости время t_B будем называть временем вмешательства. По своей природе оно случайно, и на него оказывают влияние многочисленные факторы. В общем случае время вмешательства состоит из времени обнаружения неисправности или его последствий Δt_0 , времени опознания неисправности и принятия решения по действиям в особой ситуации Δt_n , времени запаздывания по началу этих действий после принятия решения (нервномышечное запаз-

дывание) Δt_n , то есть $t_B = \Delta t_0 + \Delta t_n + \Delta t_n$. В зависимости от информативности, психофизиологических свойств водителя время вмешательства может изменяться в широких пределах от десятых долей секунды до десятков секунд.

Если неисправность приводит к быстрому изменению параметров движения, то факт возникновения неисправности водитель обнаруживает по акселерационным ощущениям и вмешивается в управление рефлекторно. Тогда в этих случаях $\Delta t_n = 0$, $t_B = \Delta t_0 + \Delta t_n$.

Обработка данных специальных исследований показывает, что время вмешательства водителя в управление, определяемое акселерационными ощущениями, составляет от 0,5 до 2,0 секунд и более.

Порог ощущения зависит от индивидуальных особенностей человека, возраста, тренировки и других. Нижний порог чувствительности изменяется в сторону увеличения при воздействии таких факторов, как усталость, вибрация, болезнь, алкоголь. Величина порогов оказывает существенное влияние на обеспечение надежности работы водителя. Водитель в основном получает зрительную информацию. Скорость поступления информации прямо пропорциональна количеству объектов, требующих внимания, количеству информации, которую несет каждый элемент, скорости движения автомобиля и обратно пропорциональна глубине информационного поля, то есть расстоянию, на котором водитель оценивает ситуацию

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i V}{L},$$

где C – скорость получения информации, бит/с;

λ_i – количество информации, которое дает каждый элемент информационного поля водителя, бит;

n – количество элементов информационного поля водителя;

V – скорость автомобиля, м/с;

L – глубина информационного поля, м.

Зависимость надежности восприятия информации показана на рисунке 3.4.

Под располагаемым временем водителя следует понимать отрезок времени с момента возникновения неисправности до начала вмешательства, обеспечивающего не превышение критическим определяющим параметрам своего значения.

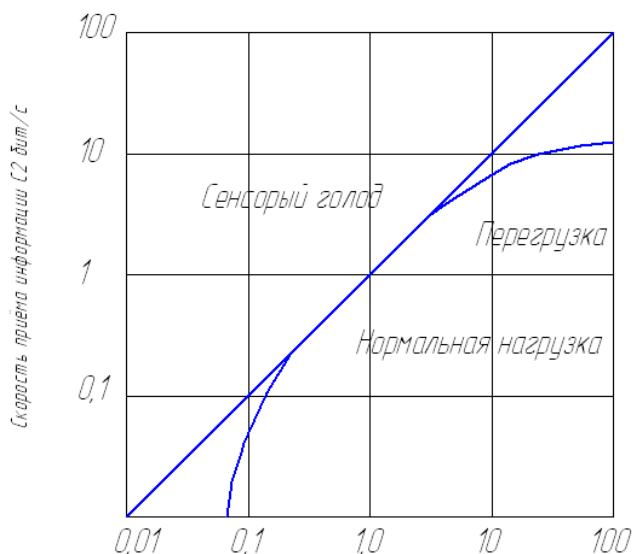


Рисунок 3.4 – Зависимость надежности восприятия информации от скорости ее поступления

Работа водителя по своей сути состоит из ответных действий, и несвоевременное или неточное действие (реакция) может привести к опасности движения.

Реакции бывают простыми и сложными. Простая реакция – это ответное действие на один заранее известный сигнал. Время простой реакции в среднем составляет 0,2 с. Сложная реакция будет в случае необходимости выбора характера действия из ряда возможных. Время сложной реакции в несколько раз больше простой (0,4...2,6 с) и может существенно изменяться из-за различных факторов: личных особенностей водителя, его возраста, усталости, принятых лекарств, профессионального опыта и так далее. Значительно сокращается время реакции при готовности водителя к возможному появлению опасности. А предвидеть опасность водитель может всегда, если анализировать дорожную ситуацию, учитывать её типичный характер. Различают реакцию скрытую (латентную) и моторную (движения). Так время моторной реакции на перенос ноги с педали на педаль может быть 0,05 – 0,29 с, на перенос взора на угол 15° около 1 с.

3.5 ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Количественной характеристикой степени опасности неисправностей ТС является условная вероятность устранения их последствий r_T . В зависимости от средств реализации поставленной задачи и характера неисправности r_T может быть определена одним из следующих методов: расчетным (аналитическим), методом статистических испытаний, экспертным оцениванием.

3.5.1 РАСЧЕТНЫЙ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ) МЕТОД

Этот метод применяется в тех опасных последствиях, когда неисправности проявляются только на начальном этапе движения, сразу после его возникновения. К таким последствиям приводят неисправности, вызывающие быстрое изменение моментов, действующих на транспортное средство. Параметры движения транспортного средства претерпевают при этом быстрое изменение, и один или несколько из них могут превысить предельное значение, если водитель своевременным вмешательством не предотвратит их нежелательное изменение. Вероятность устранения последствий таких неисправностей определяется как вероятность своевременного вмешательства водителя в управление по формуле $r_T = p(t_B < t_P)$. Если известны законы распределения времени вмешательства $f(t_B)$ и располагаемого времени водителя $f(t_P)$, то вероятность рассчитывается по соотношению:

$$r_T = p(\Delta t > 0) = \int_0^{\infty} f(\Delta t) \cdot dt, \quad (3.3)$$

где $f(\Delta t)$ - закон распределения разности располагаемого времени и времени вмешательства ($\Delta t = t_P - t_B$), определяемый композицией законов $f(t_B)$ и $f(t_P)$.

При детерминированной манере вмешательства водителя, когда величина t_P неслучайная, вероятность (3.3) может быть рассчитана по соотношению:

$$r_T = \int_0^{t_p} f(t_B) dt_B = 0,5 + \Phi_0 \left[\frac{1}{\sqrt{D}} \ln \frac{t_p^x}{t_{\epsilon_0}^x} \right], \quad (3.4)$$

где $t_p^x = t_p - 0,82$; $\Phi_0(X)$ – функция Лапласа, определяемая по табличным данным.

Последовательность расчета r_T по выражению (3.4) следующая:

- определяем выражение для возмущающего момента, явившегося следствием неисправности;
- интегрированием уравнений движения транспортного средства при воздействии возмущающего момента определяем критический определяющий параметр;
- определяем математическое ожидание времени вмешательства m_{t_ϵ} и параметр $t_{B_0}^*$;
- определяем располагаемое время водителя по данному критическому определяющему параметру;
- по известным значениям D , t_p^* , $t_{B_0}^*$ вычисляем аргумент X функции $\Phi_0(X)$ и по значению аргумента находим ее табличное значение.

Достоинством расчетного метода определения r_T является его относительная простота реализации, недостатком – необходимость существенного упрощения исследуемого явления с целью его формализации в виде пригодном для аналитического решения. В силу этого расчетный метод определения r_T является приближенным.

3.5.2 МЕТОД СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Под статистическими испытаниями понимается многократное моделирование динамики движения автотранспортного средства при данной неисправности в условиях, изменяющихся случайным образом от опыта к опыту (случайные начальные условия, случайные внешние воздействия и другие). В зависимости от

средств реализации статистические испытания могут быть натурные, полунатурные или представлять чисто математическое моделирование.

Натурные испытания – это целенаправленный дорожный эксперимент. Достоинства этого способа испытаний очевидны, недостаток – эксперимент дорог и сложен, и главное – небезопасен, поэтому не все неисправности могут быть имитированы в движении.

Полунатурные испытания – это испытания на стендах (тренажерах). Достоинство этого способа испытаний – безопасность экспериментов, недостаток – трудность обеспечения условий деятельности водителя, соответствующих условий реального движения по чувству ощущений и чувству опасности неисправности.

При статистических испытаниях методом математического моделирования (статистическое моделирование) испытаниям подвергается математический аналог замкнутого контура «Водитель – система управления – транспортное средство». Динамические свойства звеньев этого контура описываются соответствующими математическими алгоритмами.

Оценка вероятности устранения последствий неисправности техники по данным статистических испытаний производится или по частоте появления события $X_j < X_{jnp}$, $j = \overline{1, m}$, или по законам распределения экспериментальных значений определяющих параметров движения $F(x_j)$.

В первом случае условная вероятность предотвращения водителем последствий неисправности i -того типа оценивается частотой $r_{T_i}^* = \frac{n_j}{N}$, где N – число проведенных испытаний, n – число испытаний, в которых регистрировались события $x_j < x_{jnp}$ $j = \overline{1, m}$. Соответственно $S_{T_i}^* = 1 - \frac{n}{N}$. Ввиду ограниченного числа опытов N оценки $r_{T_i}^*$ и $S_{T_i}^*$ имеют приближенный характер, и для истинных вероятностей r_{T_i} и S_{T_i} по этим оценкам могут быть определены лишь доверительные интервалы, в которых они могут находиться с заданной доверительной вероятностью.

Во втором случае условная вероятность $r_{T_i}^*$ определяется как

$$r_{T_i}^* = \min\{F^*(X_{jnp})\}, \quad j = \overline{1, m}, \text{ где } F^*(X_{jnp}) - \text{значение эмпирической функции}$$

распределения экстремальных значений j -го определяющего параметра при аргументе $x_j = x_{инр}$;

3.5.3 МЕТОД ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Сущность расчета $r_{T_i}^x$ экспертным оцениванием заключается в следующем. Коллектив квалифицированных специалистов-экспертов оценивает опасность неисправности j -го типа для заданного этапа движения и заданных метеоусловий по определенной шкале оценок. Обработкой статистики этих оценок определяют условную вероятность устранения последствий неисправности. Шкалы оценок могут быть различные. В частности, если применяется пятибалльная система оценки опасности неисправности, то ранжировка производится следующим образом:

- балл 5 приписывается таким неисправностям, когда, по мнению эксперта, рейс наверняка закончится транспортным происшествием;
- балл 4 – рейс чаще всего закончится транспортным происшествием, чем без него;
- балл 3 – возможные два исхода рейса равновероятны;
- балл 2 – рейс чаще будет заканчиваться благополучным исходом, нежели транспортным происшествием;
- балл 1 – по мнению эксперта, рейс всегда будет заканчиваться благополучно.

По результатам экспертизы K экспертов рассчитывается оценка $r_{T_i}^x = 1,25 - 0,25 z_{cp}$, где $z_{cp} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K z_j$; z_j – оценка опасности, неисправности, выставленная j -м экспертом. Величина $r_{T_i}^x$, вычисленная таким способом, имеет приближенный характер.

Метод экспертного оценивания для расчета r_T можно применять в тех случаях, когда другие методы неприемлемы из-за дефицита времени или отсутствия исходных данных, необходимых для их реализации.

3.6 ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Технические устройства повышения безопасности выполняют следующие основные функции:

- контроль работоспособности систем и сигнализации оператору об их отказах и неисправностях;
- автоматическое отключение отказавшей системы (элемента) и подключение исправной;
- определение критических значений параметров движения ТС на различных режимах движения и сигнализации оператору о подходе к ним;
- автоматическое снижение скорости движения, увод ТС с опасных режимов движения.

Различают активные и пассивные технические устройства повышения безопасности. Активные, воздействуя на контролируемую систему или на органы управления ТС, сами ликвидируют последствия отказов состояния. Пассивные технические средства выдают только сигнализацию оператору о возникшей неисправности или приближении ТС к опасному режиму, а ликвидацию опасной ситуации осуществляет оператор.

В общем случае, технические средства повышения безопасности включают в себя следующие элементы (рисунок 3.5): датчики первичной информации 1, вычислитель 2, состоящий из блока обработки информации 3 и блока формирования команд 4; исполнительное устройство 5; устройство самоконтроля 6. Сигналы с датчиков первичной информации 1 поступают в вычислитель 2 на блок обработки информации 3, где они приводятся к виду, необходимому для подачи в блок формирования команд 4. При возникновении неисправности в контролируемой системе или при приближении ТС к опасным ре-

жимам движения на исполнительное устройство 5 поступает управляющий сигнал, по которому исполнительное устройство либо само будет устранять опасную ситуацию (активная система), либо только выдаст оператору сигнализацию (пассивная система).

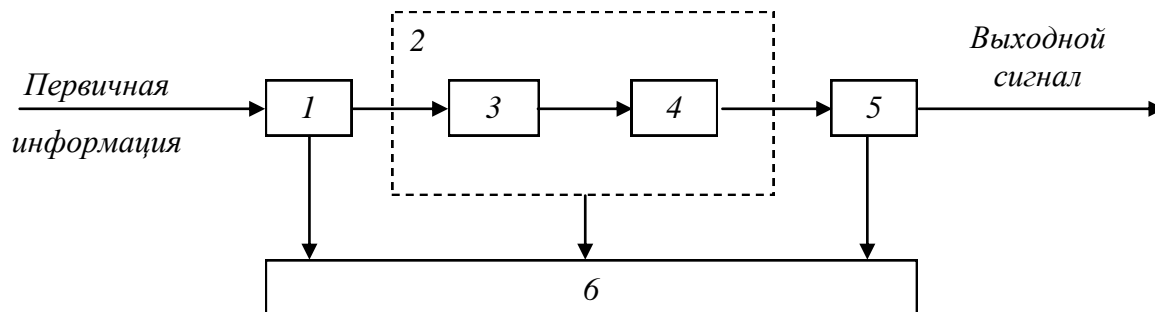


Рисунок 3.5 – Схема системы технического средства безопасности

Устройство самоконтроля 6 служит для проверки работоспособности самого технического средства повышения безопасности.

В настоящее время применяют следующие основные методы контроля состояния объекта: пороговые методы, методы сравнения и методы пробных сигналов. На практике эти методы используются, как правило, во взаимном сочетании.

При пороговом методе контроля техническое средство повышения безопасности выдает командный сигнал при достижении каким-то параметром x_i своего предельного значения.

Работа вычислителя по выработке управляющего сигнала ($U_{УПР}$) может быть представлена релейным звеном (рисунок 3.6).

Верхняя и нижняя границы порогов срабатывания в ней ($x_{iПВ}$ и $x_{iПН}$) могут быть как одинаковыми, так и разными, что зависит от характера ограничений, накладываемых на контролируемый параметр x_i . Для снижения вероятности "ложного" срабатывания системы с пороговым методом контроля используют:

- изменение порога срабатывания по режимам движения;
- включение задержки по времени выдачи управляющего сигнала.

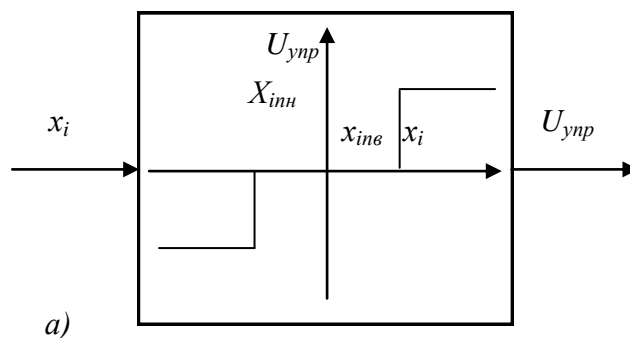


Рисунок 3.6 – Схема применения порогового метода

Метод сравнения применяется при использовании двух и более источников информации для контроля состояния объекта, В этом случае возможны следующие варианты получения информации: от нескольких однотипных устройств (Д1 и на Д2, (рисунок 3.7, а); от устройств различного типа (Д1 и Д2 (рисунок 3.7, б) с преобразованием с помощью оператора (А) сравниваемых сигналов к одному виду.

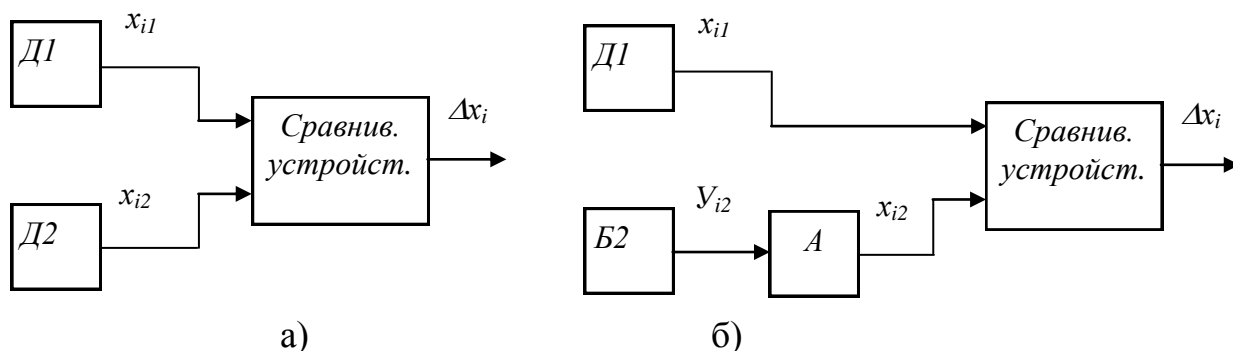


Рисунок 3.7 – Схема применения метода сравнения

Полученные таким образом однотипные сигналы (x_{i1} и x_{i2}) сравниваются между собой, а сигналы рассогласования (Δx_i) после обработки по пороговому методу контроля используются для формирования команд. Метод сравнения используется для обнаружения тех отказов, которые не проявляются одновременно на всех источниках информации. Он наиболее пригоден для контроля работы резервированных систем (элементов). Этот метод контроля сложнее по технической реализации, чем пороговый метод, но обеспечивает более высокую достоверность распознавания отказа и более плавное отключение отказавшего элемента.

Метод пробных сигналов основан на оценке реакции контролируемого объекта на некоторый пробный сигнал (тест-сигнал; гармонический, импульсный), вырабатываемый специальным генератором в устройстве повышения безопасности. Сигналы могут подаваться либо непрерывно, либо дискретно

При непрерывной подаче сигнала не нарушается функционирование контролируемого объекта. Пробный сигнал по форме, величине, частотному составу или по дискретности подачи должен быть таким, чтобы он не отразился на правильной работе всей системы и в то же время его можно было бы обнаружить в выходном сигнале контролируемого объекта. Затем методом сравнения ответной и эталонной реакции оценивается состояние объекта.

При дискретной подаче сигнала объект выключается из нормального функционирования на время контроля. Поэтому такую схему можно применять в полете только для тех устройств, которые позволяют их отключение на время проверки.

Контроль по непрерывной схеме осуществить сложнее, чем по дискретной, но он имеет ряд преимуществ: объект контролируется во время его функционирования; более высокая достоверность оценки состояния объекта благодаря непрерывности контроля.

Для примера рассмотрим следующую условную задачу. На автомобиль установим разработанную автором систему контроля количества жидкости в тормозной системе, которая автоматически отключает систему зажигания двигателя при уменьшении уровня жидкости ниже оптимальной. Требуется оценить эффективность влияния встроенной системы контроля на снижение вероятности неблагоприятного исхода движения, связанного с неисправностями из-за понижения уровня жидкости, если известно:

- интенсивность отказов тормозной системы $\lambda_{тс}$, системы контроля λ_k ;
- условные вероятности предотвращения последствий неисправности тормозной системы с работающей системой контроля $r_{тск}$, без контроля $r_{тс}$ и неисправностей r_k .

Соответствующие условности вероятности непредовращения последствий неисправностей составят: $s_{тск} = 1 - r_{тск}$; $s_{тс} = 1 - r_{тс}$ $s_{к} = 1 - r_{к}$. При отказавшей тормозной системе система контроля не работает. Поскольку явление неисправностей тормозной системы и системы контроля зависят от продолжительности движения (рейса), то для оценки влияния их на уровень безопасности движения воспользуемся теорией цепей Маркова. Граф возможных состояний системы изображен на рисунке 3.8.

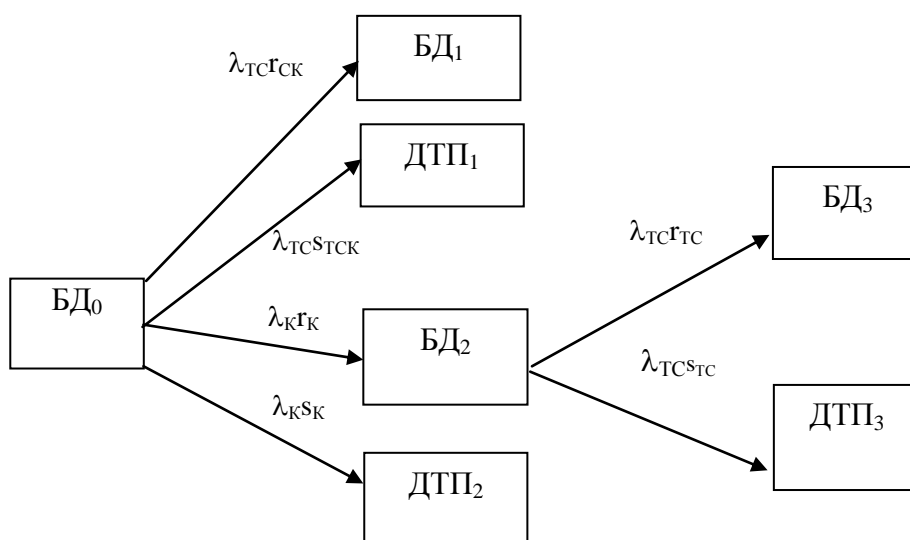


Рисунок 3.8 – Граф состояния системы

Через $БД_i$ ($i = 0,3$) обозначены благополучные исходы движения, а через $ДТП_j$ ($j = 1,3$) – неблагоприятные исходы движения, то есть транспортные происшествия (ДТП). Состояния $БД_1$ и $ДТП_1$ соответствуют исходам движения при неисправностях тормозной системы с работающей системой контроля, $БД_2$ и $ДТП_2$ – при неисправности системы контроля, а $БД_3$ и $ДТП_3$ – при неисправности тормозной системы с неработающей системой контроля. Обозначим P_i вероятности пребывания в состоянии $БД_i$, а через Q_j – в состояниях $ТП_j$

Вероятности благополучного и неблагоприятных исходов движения соответственно будут равны:

$$P = \sum_{i=0}^3 P_i,$$

$$Q = \sum_{j=1}^3 Q_j \quad (3.5)$$

Для нахождения вероятностей пребывания системы в различных состояниях составим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0}{dt} &= -\lambda_0 P_0; & \frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{TC} r_{TCK} P_0; \\ \frac{dQ_1}{dt} &= \lambda_{TC} s_{TCK} P_0; & \frac{dP_2}{dt} &= \lambda_K r_K P_0 - \lambda_{TC} P_2; \\ \frac{dQ_2}{dt} &= \lambda_K s_K P_0 & \frac{dP_3}{dt} &= \lambda_{TC} r_{TC} P_2 \\ \frac{dQ_3}{dt} &= \lambda_K s_K P_2, \end{aligned}$$

где $\lambda_0 = \lambda_{TC} + \lambda_K$

Проинтегрировав эту систему при начальных условиях $P_0(0) = 1$, $P_i(0) = Q_j(0) = 0$ для $i, j = \overline{1,3}$ и подставив найденные выражения для Q_j в формулу (2.5), получим

$$Q = \frac{\lambda_{TC} s_{TCK} + \lambda_K s_K - r_K s_{TC} \lambda_{TCK}}{\lambda_0} (1 - e^{-\lambda_0 t}) + r_K s_{TC} (1 - e^{-\lambda_{TC} t}).$$

Уровень риска при неисправностях тормозной системы контроля в соответствии с формулой полной вероятности будет равен $Q_0 = (1 - e^{-\lambda_{TC} t}) S_{TC}$

Обычно $\lambda_0 t \ll 1$ и $\lambda_{TC} t \ll 1$, поэтому можно принять $(1 - e^{-\lambda_0 t}) = \lambda_0 t$ и $(1 - e^{-\lambda_{TC} t}) = \lambda_{TC} t$

Тогда эффективность влияния системы контроля на снижение вероятности неблагоприятного исхода можно оценить соотношением

$$K_Q = \frac{Q_0}{Q} \approx \frac{S_{TC}}{S_{TCK} + \frac{\lambda_K}{\lambda_{TC}} S_K} \quad (3.6)$$

Выражение (3.6) показывает, что на достаточно высоком уровне надежности системы контроля по сравнению с контролируемой системой ее влияние на снижение вероятности неблагоприятного исхода движения пропорционально отношению S_{TC} / S_{TCK} , то есть снижению степени опасности неисправности. Если же система контроля недостаточно надежна ($\lambda_K > \lambda_{TC}$) и неисправности самой системы контроля также опасны, как и неисправности тормозной системы ($S_K > S_{TC}$), то система контроля окажется неэффективной и она повышает уровень риска. Это наглядно показано на рисунке 3.9, где изображена зависимость

$$K_Q = f\left(\frac{S}{S_{TC}}; \frac{\lambda_K}{\lambda_{TC}}; \frac{S_K}{S_{TC}}\right), \text{ при } \lambda_{TC} = 1 \times 10^{-3} \text{ 1/ч, } S_{TC} = 0,2.$$

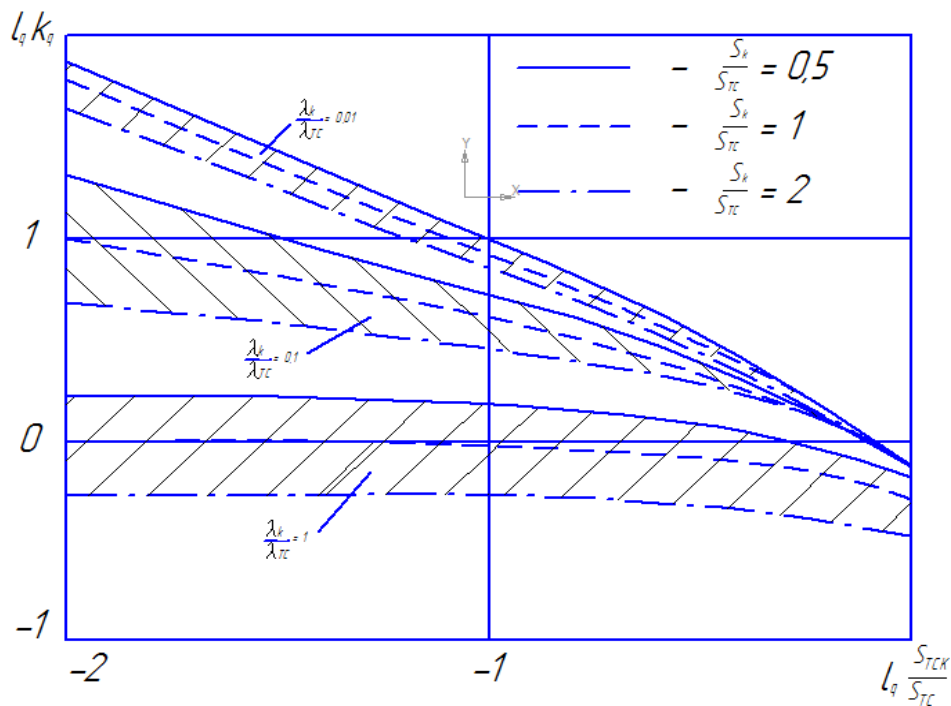


Рисунок 3.9 – Зависимость соотношения K_Q от интенсивности неисправностей и вероятностей непредотвращения их последствий

Такой выход характерен для всех технических устройств.

Для повышения безопасности средства повышения безопасности должны быть, по крайней мере, на порядок выше контролируемых систем.

3.7 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Для повышения безопасности дорожного движения, обусловленной надежностью ТС, существуют два пути – повышение надежности, то есть безотказности работы ТС в движении, и повышение отказобезопасности, то есть увеличение вероятности предотвращения водителем последствий ее отказов. Обеспечение надежности работы ТС – основной путь повышения безопасности. Именно на это направлены основные усилия организаций, проектирующих, производящих, эксплуатирующих и ремонтирующих ТС. На поддержание высокого уровня надежности ТС в первую очередь направлены все мероприятия водителя и обслуживающего персонала.

Оценим эффективность мероприятий, направленных на уменьшение интенсивности отказов элементов ТС. Примем за критерий эффективности мероприятий отношение:

$$K_{Q_i} = \frac{Q_{T2}}{Q_{T1}}, \quad (3.6)$$

где Q_{T1}, Q_{T2} – уровни риска соответственно до и после проведения мероприятий.

Используя для Q_T – выражение

$$Q_T = \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} s_i, \quad (3.7)$$

где λ_i – интенсивность появления i -го неблагоприятного фактора, и предполагая интенсивности неисправностей элементов до проведения мероприятий равными λ_i , а после проведения мероприятий $\lambda_i / K_{\lambda_i}$, где $K_{\lambda_i} > 1$ и учитывая, что $e^{-\lambda_{00}t} \approx 1 - \lambda_{00}t$, получим

$$K_{Q_{\lambda}} = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i}{K_{\lambda_i}} S_{T_i}}{\sum_{i=1}^n \lambda_i S_{T_i}} = \sum_{i=1}^k \frac{\overline{Q_{T_i}}}{K_{\lambda_i}}, \quad (3.8)$$

где k – число элементов в рассматриваемой системе;

$$\overline{Q_{T_i}} = \frac{\lambda_i S_{T_i}}{\sum_{i=1}^k \lambda_i S_{T_i}} \quad \text{– удельный вклад неисправностей } i\text{-го элемента в уро-}$$

вень риска, обусловленного возможными отказами рассматриваемой системы.

Результат (3.8) подтверждает тот очевидный факт, что мероприятия по повышению надежности проводятся в первую очередь для тех элементов, которые вносят наибольший вклад в уровень аварийности. Эффект мероприятий по повышению надежности наиболее «аварийного» j - элемента в системе определяется выражением.

$$K_{Q_{\lambda_j}} = \frac{\sum_{i=1}^{k-1} \lambda_i S_{T_i}}{\sum_{i=1}^k \lambda_i S_{T_i}} + \frac{\frac{\lambda_j}{K_{\lambda_j}} S_{T_j}}{\sum_{i=1}^k \lambda_i S_{T_i}} \quad (3.9)$$

Подставив $\frac{\lambda_j}{K_{\lambda_j}} = \lambda_j + \frac{1 - K_{\lambda_j}}{K_{\lambda_j}} \overline{Q_{T_j}}$, преобразуем формулу (3.9) к виду

$$K_{Q_{\lambda_j}} = \frac{K_{\lambda_j}}{K_{\lambda_j} (1 - \overline{Q_{T_j}}) + \overline{Q_{T_j}}} \quad (3.10)$$

Изменение $K_{Q_{\lambda_j}}$ в зависимости от K_{λ_j} дано на рисунке 3.10, откуда следует, что увеличение K_{λ_j} приводит к повышению безопасности транспортных работ тем большему, чем больше $\overline{Q_{T_j}}$.

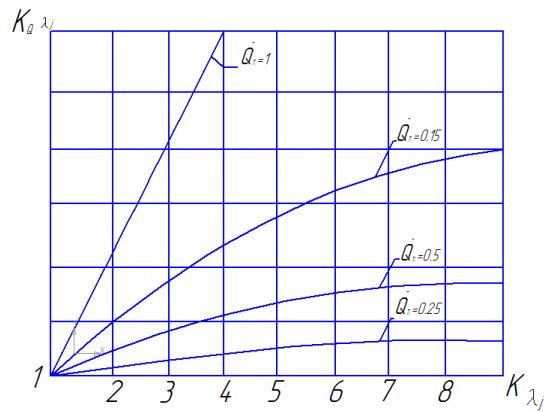


Рисунок 3.10 – Зависимость критерия эффективности мероприятий, от различных удельных вкладов отказов АТС

Если под элементом можно подразумевать всю систему в целом $\overline{Q_{T_j}} = 1$, то формула (3.10) принимает вид

$$K_{Q_\lambda} = 1 / K_\lambda, \quad (3.11)$$

то есть уровень риска снижается во столько раз, во сколько раз уменьшается интенсивность неисправностей.

Эффект от мероприятий, направленных на уменьшение вероятности не предотвращения последствий отказов, будет определяться выражениями (3.8) – (3.10). В этом можно убедиться, приняв за критерий эффективности мероприятий отношением $K_{Q_s} = Q_{T_2} / Q_{T_1}$ вероятность не предотвращения последствий отказов после проведения мероприятий равными S_{T_i} / K_{S_i} , где $K_{S_i} > 1$.

Таким образом, при равных значениях K_{Q_λ} и K_{Q_s} с количественной точки зрения безразлично, в каком направлении проводить мероприятия, направленные на повышение безопасности: по увеличению надежности СТТ или ее отказобезопасности.

3.8 ТРЕБОВАНИЯ К НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ИЗ УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАННОГО УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Уровень ($P_{БД_{зд}}$) безопасности дорожного движения может быть достигнут и путем резервирования элементов систем.

Оценим применение устройства повышения безопасности транспортных

работ на примере установки резервного привода тормозной системы транспортного средства (рисунок 3.11). Оценку выполним с использованием цепей Маркова.

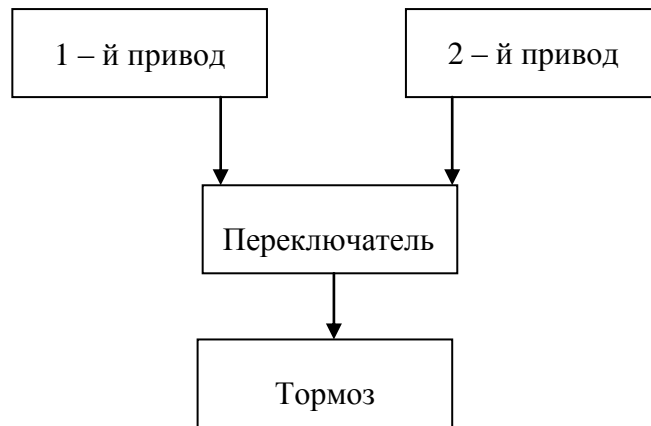


Рисунок 3.11 – Функциональная схема тормозной системы транспортного средства

Тормоз постоянно работает от первого привода, но при его неисправности переключатель автоматически подключает в тормозную систему 2-й привод.

Интенсивности неисправностей привода обозначим $\lambda_{пр-}$, переключателя $\lambda_{п}$:

Возможные состояния этой системы (рисунок 3.12):

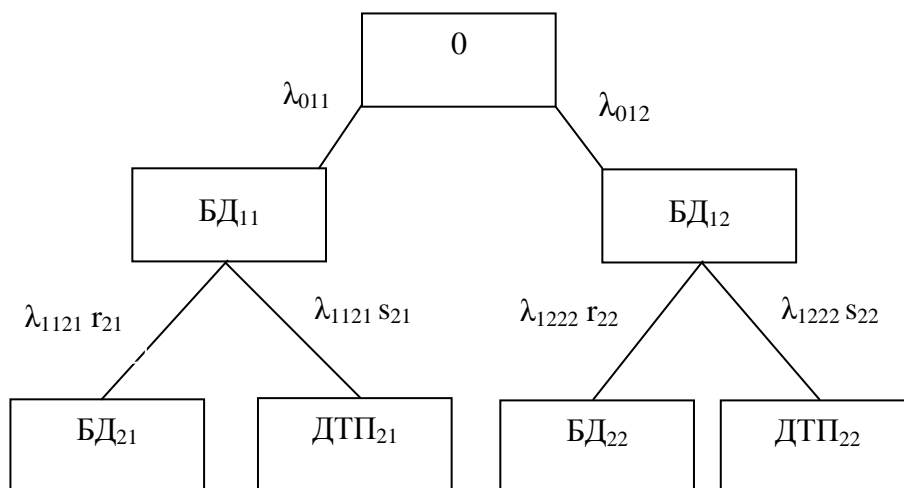


Рисунок 3.12 – Схема возможных состояний системы

0 – все элементы системы исправны;

БД₁₁ – неисправность 1-го привода, переключатель подключил второй

привод, вмешательства водителя не потребовалось ($r_{11} = 1.0$);

БД₁₂ – неисправность переключателя, тормозная система продолжает работать от первого привода, но при этой неисправности переход на второй привод невозможен. Вмешательство водителя также не требуется ($r_{12} = 1,0$);

БД₂₁ – неисправность второго привода, последствия его неисправности предотвращены водителем;

ДТП₂₁ – то же, при условии, что последствия неисправности второго привода не предотвращены;

БД₂₂ – неисправность первого привода после неисправности переключателя, последствия неисправности предотвращены;

ДТП₂₂ – то же, при условии, что последствия неисправности не предотвращены.

Дифференциальные уравнения относительно вероятностей благополучных исходов имеют вид:

$$\frac{dP}{dt} = -\lambda_{00}P_0; \quad (3.12)$$

$$\frac{dP_{11}}{dt} = \lambda_{011}P_0 - \lambda_{1111}P_{11}; \quad (3.13)$$

$$\frac{dP_{21}}{dt} = \lambda_{1121}r_{21}P_{11}; \quad (3.14)$$

$$\frac{dP_{12}}{dt} = \lambda_{012}P_0 - \lambda_{1212}P_{12}; \quad (3.15)$$

$$\frac{dP_{22}}{dt} = \lambda_{1222}r_{22}P_{12}; \quad (3.16)$$

В уравнениях (3.12), (3.13), и (3.15) величины λ_{00} , λ_{1111} , λ_{1212} , суммарные интенсивности появления неисправностей, выводящих систему соответственно из нулевого состояния, из состояний БД₁₁ и БД₁₂:

$$\lambda_{00} = \lambda_{np} + \lambda_n; \quad \lambda_{1111} = \lambda_{1212} = \lambda_{np}, \quad (3.17)$$

r_{21} , r_{22} – вероятности предотвращения водителем последствий неисправностей приводов тормоза. По физическому смыслу $r_{21} = r_{22}$ и $s_{21} = s_{22} = s$.

Решение уравнений запишем с учетом начальных условий $t = 0$,

$P_0 = 1.0$, $P_{li} = Q_{li} = 0$ и соотношений (3.15):

$$P_0(t) = e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n)t}; \quad (3.19)$$

$$P_{11}(t) = \frac{\lambda_{np}}{\lambda_n} \cdot \left[e^{-\lambda_{np}t} e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n)t} \right]; \quad (3.20)$$

$$P_{21}(t) = \frac{\lambda_{np}}{\lambda_n} \cdot r \cdot (1 - e^{-\lambda_{np}t}) - \frac{\lambda_{np}^2 r}{\lambda_n \cdot (\lambda_{np} + \lambda_n)} \cdot \left[1 - e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n)t} \right]; \quad (3.21)$$

$$P_{12}(t) = \left[e^{-\lambda_{np}t} e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n)t} \right]; \quad (3.22)$$

$$P_{22}(t) = r \cdot (1 - e^{-\lambda_{np}t}) - \frac{\lambda_{np}}{\lambda_n + \lambda_{np}} \cdot r \cdot \left[1 - e^{-(\lambda_{np} + \lambda_n)t} \right]. \quad (3.23)$$

ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ ОШИБОК ВОДИТЕЛЯ И ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

4.1 ВОДИТЕЛЬ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ «ВОДИТЕЛЬ – АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА – СРЕДА»

Человек, управляющий техникой на современном уровне развития производства, является звеном эргатической системы, которая включает в себя человека – оператора и машину – посредством этой системы осуществляется трудовая деятельность. В понятие человеко – машинных систем входит и система «Водитель – автомобиль», специфические особенности которой определяются проблемами безопасности дорожного движения. Отечественный и зарубежный опыт работы автомобильного транспорта свидетельствует о неодинаковом удельном весе в проблеме безопасности дорожного движения каждого из элементов этой системы, но, только совершенствуя каждый элемент, можно обеспечить безопасность дорожного движения в целом. Доминирующую роль в системе безопасности дорожного движения играет водитель, он является наиболее важным и одновременно менее надежным звеном. Этот элемент легко отвлекается, сравнительно быстро утомляется, его поведение подвержено влиянию очень многих непредсказуемых факторов, и поэтому он не может безошибочно выполнять работу в течение продолжительного времени. Частота отказов в системах управления по вине человека составляет от 20 до 95 %. В системе В-А-Д-С они представляют большую угрозу для безопасности дорожного движения.

Для того чтобы обеспечить безопасность дорожного движения, водитель должен быть пригодным к управлению транспортным средством с точки зрения своего психофизиологического состояния, иметь необходимые навыки управления и твердое знание Правил дорожного движения, полученное в результате специальной подготовки; иметь желание соблюдать установленный порядок, то есть обладать такими личными качествами, которые исключали бы проявление пренебрежения, эгоистического отношения интересам к другим участникам дорожного движения.

Основной причиной ДТП по вине водителя, как показывает анализ, является нежелание водителя соблюдать установленный порядок .

Недисциплинированность является причиной от 70 до 80% ДТП по вине водителя. Другие факторы, например несоответствие профессиональной подготовки (недостаточный опыт) к нестандартным ситуациям дорожного движения, в которые внезапно попадает водитель, или снижение психофизиологических возможностей в результате усталости, значительно реже бывают причинами ДТП. Статистика свидетельствует, что чаще всего ДТП – результат управления автомобилем в нетрезвом состоянии, превышения скорости движения, нарушения правил обгона, выезда на полосу встречного движения, пренебрежения правилами проезда перекрестков, железнодорожных переездов.

Фактор «Водитель» несравним с факторами «автомобиль» и «дорога» в системе безопасности транспортных работ в силу своей сложности, специфики и важности.

Надежность работы водителя – это его способность правильно и своевременно оценивать создающуюся транспортную ситуацию, реагировать на ее изменения в течение всего рабочего времени, безошибочно управлять транспортным средством в любых дорожных условиях.

К основным факторам, определяющим надежность водителя, относятся его профессиональная пригодность, подготовленность и высокая работоспособность.

Профессиональная пригодность водителя определяется по состоянию здоровья, психологическим и личностным качествам.

Подготовленность – уровнем его профессиональных знаний и навыков, которые приобретаются в процессе обучения и последующей профессиональной деятельности. Хорошая подготовка водителя выражается в наличии широкого диапазона навыков, доведенных до уровня автоматизма действий.

Высокая работоспособность – это состояние человека, позволяющее ему выполнять работу с высокой производительностью и высокими качественными показателями в течение определенного времени

4.2 СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И РОЛЬ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Уровень безопасности дорожного движения закладывается при создании транспортных средств. Для поддержания этого уровня обслуживающий персонал (ОП) в процессе массовой эксплуатации и применения ТС должен обеспечить выполнение требований по обслуживанию, ремонту, хранению, эксплуатации и др. Однако этим не исчерпывается роль обслуживающего персонала по обеспечению безопасности дорожного движения. В процессе массовой эксплуатации и применения ТС обслуживающий персонал выявляет имеющиеся недостатки конструкции ТС, инструкций и руководств по эксплуатации ТС, формулирует предложения по их совершенствованию. Благодаря этим действиям обслуживающего персонала, уровень БДД транспортных средств, в процессе массовой эксплуатации существенно возрастает.

Совершенствование ТС и методов их обслуживания в процессе массовой эксплуатации, с одной стороны и стремление обслуживающего персонала по мере освоения техники максимально использовать ее возможности, с другой стороны, приводят к изменению распределения причин ДТП между обслуживающим персоналом, водителем и ТС. Если сумму ДТП по вине обслуживающего персонала, водителя, неудовлетворительных дорожных условий и неисправностей техники принять за 100%, то ДТП происходят из-за неисправностей техники от 3 до 5%; по вине водителя от 70 до 80 %, из-за дорожных условий от 8 до 10%, тогда как на долю обслуживающего персонала приходится до 1% всех происшествий.

В обеспечении безопасности дорожного движения, кроме водителей, принимает участие работники службы организации движения, технического отдела, службы безопасности дорожного движения и другие.

Исключительно велика роль инженерно-технических работников (ИТР) в обеспечении безопасности дорожного движения. Как известно, основными задачами обслуживающего персонала автотранспортных предприятий является содержание ТС в постоянной исправности, своевременном техническом обслуживании и ремонте.

Из анализа статистических данных по ДТП было бы неправильно делать вывод, что такой большой вклад водителей в аварийность объясняется только их недисциплинированностью, нарушением Правил дорожного движения или недостаточно высоким уровнем подготовки, хотя это каким-то образом тоже отражено в этих статистических данных. У разных групп обслуживающего персонала различна и роль в обеспечении БДД. У водителя особая роль: выполняя перевозки, он предотвращает последствия неисправностей техники, воздействия неблагоприятных внешних условий, исправляет не только свои ошибки, но и ошибки других водителей. Перегрузка водителя информацией, высокая его психофизиологическая нагрузка, недостаточное соответствие свойств техники возможностям водителя, выполнение им в ряде случаев функций, не соответствующих его возможностям, существенно снижают надежность его работы и, в какой-то мере, объясняет сравнительно большое количество ДТП по вине водителей. Есть функции, которые водитель может безошибочно выполнять длительное время с вероятностью, близкой к единице: допускаемые же им ошибки при выполнении этих функций он уверенно предотвращает. Очевидно, что в рассматриваемом случае уровень БДД, определяемый надежностью работы водителя, будет высоким. Надежность водителя существенно снижается, если ему поручается выполнение функций, не соответствующих его возможностям, или если недостатки динамических свойств ТС и его системы управления требуют от водителя необычных или противоестественных (против отработанных условных рефлексов) действий для компенсации этих недостатков. В рассматриваемых случаях водитель может с большой вероятностью допустить ошибку и имеет меньшую возможность по предотвращению ее последствий. В ряде случаев при расследовании ДТП считается, что если неисправностей техники не обнаружено, не зафиксировано воздействие внешних неблагоприятных факторов и ошибок других водителей, то причиной ДТП считается ошибка водителя. При такой системе расследования некоторая часть ДТП, вызванная несоответствием свойств ТС возможностям водителя (например, плохие характеристики тормозных устройств, устойчивости и управляемости и т. д.) необоснованно относятся к ошибкам водителей.

4.3 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДЕЙСТВИЙ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В процессе эксплуатации, обслуживания и ремонта транспортных средств обслуживающий персонал может допустить ошибку, приводящую либо к пропуску имеющейся неисправности, либо к внесению новой, либо к созданию условий для проявления неисправности ТС.

Все факторы, которые приводят к ошибочным действиям обслуживающего персонала, можно разделить условно на две группы: «человеческие» и «личностные». «Человеческие» факторы обусловлены особенностями взаимодействия человека с ТС. Они зависят как от свойств техники (надежность, эксплуатационная технологичность, ремонтнопригодность, контролепригодность, сохраняемость и другие), которые можно объединить понятием «эксплуатационное совершенство», так и от условий, при которых это взаимодействие проявляется (степень защиты от шумов, вибраций и метеорологических воздействий, уровень освещенности, степень механизации выполнения физических работ, равномерность загрузки и другие). «Личностные» факторы связаны с такими недостатками конкретного специалиста, как низкая специальная подготовка, натренированность, недисциплинированность и халатность при выполнении работ, психофизические особенности, отклонения в состоянии здоровья и другие. Возникающие ошибки обслуживающего персонала, как правило, являются следствием сочетания нескольких факторов различных групп.

Если обозначить через $q_{ош_i}$, $p_{ош_i}$ соответственно вероятности недопущения и совершения ошибки при подготовке i -й системы, а через s_{K_i} , r_{K_i} — условные вероятности пропуска обнаружения и устранения при контроле допущенной ошибки, то вероятность выхода ТС в рейс с i -й исправной системой будет равна

$$P_i = p_{ош_i} + q_{ош_i} r_{K_i} \quad (4.1)$$

Вероятность выпуска в рейс АТС с i -й неисправной системой из-за возникших ошибок ОП, т. е. когда неисправность не обнаружена или внесена при

обслуживании

$$q_i = 1 - p_i = q_{ОШ_о} S_{K_i} \quad (4.2)$$

Для получения достоверных оценок вероятностей p_i q_i необходима тщательная организация сбора и учета данных эксплуатации, кропотливая статистическая обработка этих данных по каждому типу ТС. В конкретных условиях эксплуатации. В случае невозможности получить объективные оценки таким путем прибегают к методу экспертного опроса.

На рисунке 4.1 изображен характер изменения вероятности q выпуска в рейс АТС с i -й неисправной системой из-за ошибок ОП для двух систем с различным уровнем эксплуатационного совершенства (система 1 имеет плохие свойства, а система 2 — хорошие) в зависимости от внешних условий (температуры окружающего воздуха t°_H , скорости ветра W_B , освещенности систем естественным светом E), времени $T_{ОП}$, отводимого на обслуживание и контроль технического состояния систем, и опыта эксплуатации данной техники (ЭО).

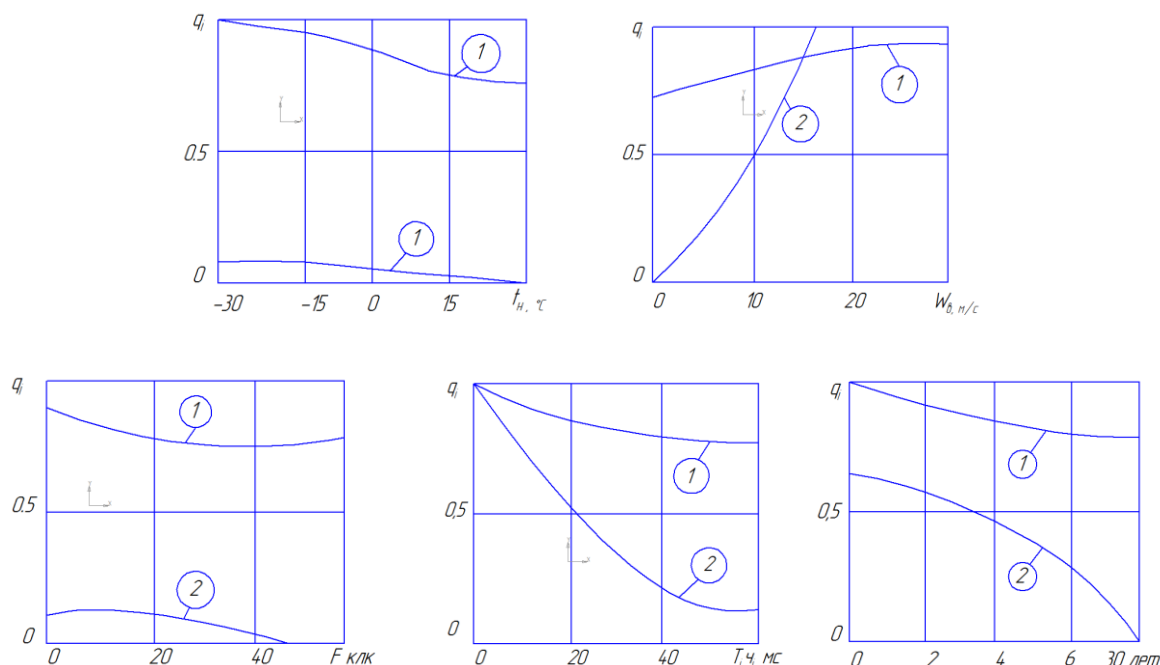


Рисунок 4.1 – Характер изменения вероятности q

Эти зависимости наглядно показывают, что при обслуживании системы 1, обслуживающего персонала с большей вероятностью может совершить ошиб-

ку, чем при обслуживании системы 2. Вероятность q_i снижается при улучшении погодных условий, увеличении времени $T_{оп}$ и при увеличении опыта эксплуатации ТС данного типа. Однако благоприятный характер изменения рассматриваемых факторов дает значительно меньший эффект для системы 1 с плохими свойствами эксплуатационного совершенства, чем для системы 2. Поскольку ошибки обслуживающего персонала снижают надежность работы ТС, то и влияние их на уровень безопасности дорожного движения следует производить теми же методами, что и при отказах техники по конструктивно-производственным недостаткам (КПН). Чтобы выделить роль ошибок обслуживающего персонала на снижение уровня БДД, можно принять допущение о безотказности техники по КПН. В тех случаях, когда вероятность неисправности ТС из-за допущенной ошибки обслуживающего персонала зависит от продолжительности рейса, оценку БДД производят с использованием цепи Маркова. Если же вероятность проявления ошибок обслуживающего персонала не зависит от продолжительности рейса, а связана с применением систем на определенных этапах движения, то влияние этих ошибок на уровень безопасности дорожного движения следует производить с использованием формулы полной вероятности, при этом вероятность безотказной работы i -й системы p_i и вероятность ее отказа q_i вычисляется по выражениям (4.1) и (4.2).

Для последнего случая рассмотрим пример оценки влияния ошибок ОП на уровень БДД для трех независимых систем ($n = 3$) с целью получения в дальнейшем рекуррентных соотношений для любого числа систем. На рисунке 4.2 изображено дерево исходов события, где r_i и s_i – условные вероятности предотвращения и непредотвращения водителем последствий неисправности i -й системы соответственно.

Состояние $\{БД_1\}$ соответствует благополучному исходу рейса, если не допущено ошибок в подготовке систем; $\{БД_2\}$, $\{БД_3\}$, $\{БД_5\}$ – когда сумел справиться с проявлением ошибки на одной из трех систем; $\{БД_4\}$, $\{БД_6\}$, $\{БД_7\}$ – на двух из трех систем и $\{БД_8\}$ – с проявлением ошибок обслуживающего персонала на всех трёх системах.

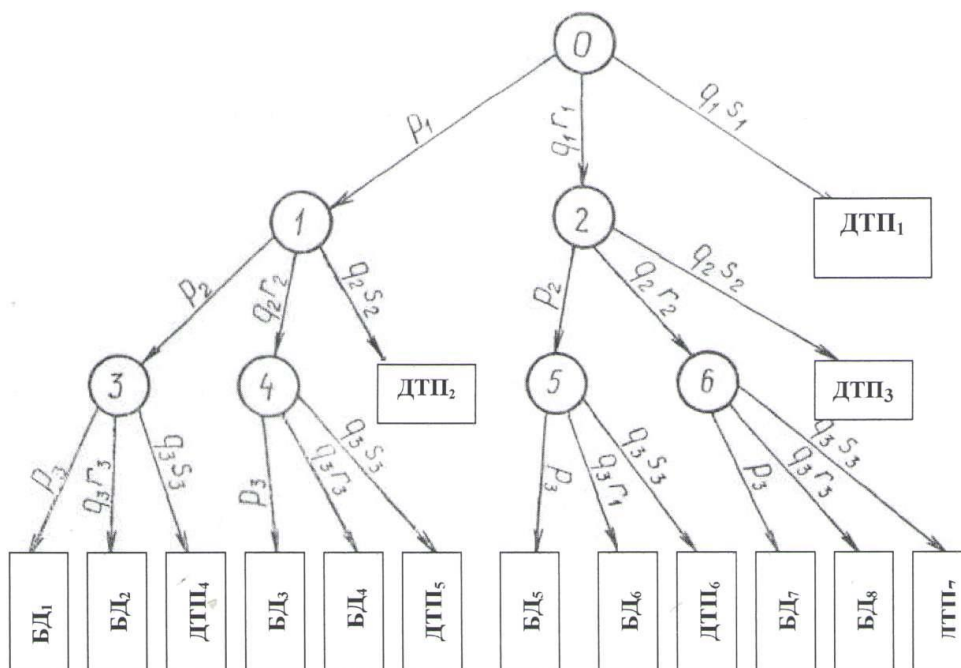


Рисунок 4.2 – Дерево исходов событий

Состояния $\{ДТП_i\}$ – неблагоприятные исходы рейса (транспортные происшествия) из-за допущенных ошибок обслуживающего персонала при подготовке систем. Дерево исходов событий (рисунок 4.2) позволяет получить вероятности благополучного P и неблагоприятного Q исходов рейса (дорожного движения) при возможных ошибках обслуживающего персонала в процессе обслуживания трех систем:

$$\begin{aligned}
 P &= \sum_{m=1}^8 p_m \{БД_m\} = p_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 q_3 r_3 + p_1 p_2 q_2 r_2 + p_1 q_2 r_2 q_3 r_3 + \\
 &+ p_2 p_3 q_1 r_1 + p_2 q_1 r_1 q_3 r_3 + p_3 q_1 r_1 q_3 r_3 + q_2 r_1 q_2 r_2 q_3 r_3 = \\
 &= \prod_{i=1}^3 p_i \left(1 + \sum_{i=1}^3 \frac{q_i r_i}{p_i} + \sum_{i=1}^2 \frac{q_i r_i}{p_i} \sum_{j=2}^3 \frac{q_j r_j}{p_j} + \prod_{i=1}^3 \frac{q_i r_i}{p_i} \right) \quad (4.3)
 \end{aligned}$$

$$Q = \sum_{l=1}^7 Q_l \{ДТП\} = 1 - P$$

Для любого числа n систем формула (4.3) может быть записана в следующем виде:

$$P = \sum p_m \{БД_m\} = \prod_{k=1}^n p_k \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i r_i}{p_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{q_i r_i}{p_i} \sum_{j=i+1}^n \frac{q_j r_j}{p_j} + \dots + \prod_{i=1}^n \frac{q_i r_i}{p_i} \right)$$

$$Q = \sum_l Q_l \{ДТП_\delta\} = 1 - P \quad (4.4)$$

Если вероятность p_i выпуска автомобиля в рейс с исправной i -й системой достаточно велика, то вероятности проявления в рейсе двух и более допущенных ошибок обслуживающего персонала малы и выражение (4.3) можно приближенно записать в следующем виде:

$$P \approx \prod_{k=1}^n p_k \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i r_i}{p_i} \right) \quad (4.5)$$

Выражения (4.4) и (4.5) показывают, что БДД при возможных ошибках обслуживающего персонала определяется не только вероятностью совершения этих ошибок, но и степенью опасности неисправностей систем, при обслуживании которых допущены ошибки. При наличии необходимых данных приведенные методы оценки влияния ошибок обслуживающего персонала на уровень БДД позволяют выявить наиболее опасные ошибки, рациональнее организовать обслуживание и контроль подготовки ТС, наметить мероприятия по повышению БДД.

4.3.1 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ДЕЙСТВИЯМИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

Деятельность обслуживающего персонала по обслуживанию и ремонту транспортных средств, чрезвычайно разнообразна. Опыт эксплуатации АТС показывает, что наиболее часто обслуживающим персоналом допускаются ошибки при многократном выполнении простейших операций в процессе выполнения ТО и ремонта ТС Большая часть допущенных ошибок обнару-

живается при контроле и устраняется перед выпуском ТС в рейс. Однако некоторая часть ошибок, пропущенных при контроле, может проявиться в рейсе и привести к частичному или полному отказу отдельных агрегатов или систем.

Если вероятность проявления ошибок обслуживающего персонала зависит от продолжительности рейса, то оценку их влияния на безопасность дорожного движения можно произвести с помощью цепей Маркова. При составлении графов состояний под интенсивностью i -го типа отказа техники λ_{Ci} ; следует понимать:

$$\lambda_{Ci} = \lambda_{Ti} + \lambda_{OШi} \quad (4.6)$$

λ_{Ti} – интенсивность i – го отказа техники при безошибочной работе обслуживающего персонала;

$\lambda_{OШi}$ – интенсивность i – го отказа техники из-за ошибочных действий обслуживающего персонала.

Если проявление допущенной обслуживающим персоналом ошибки зависит не от продолжительности рейса, а от этапа движения или вида маневра, то вероятность завершения рейса без транспортного происшествия при этом можно определить с помощью формулы полной вероятности. Рассмотрим оценку безопасности транспортных работ при возможных ошибках обслуживающего персонала при " n " контролируемых операциях при подготовке АТС в рейс.

Поскольку в рейсе различные ошибки обслуживающего персонала могут проявляться совместно, рассмотрим следующие возможные гипотезы:

H_0 – ТС вышло в рейс без единой ошибки обслуживающего персонала;

H_1, H_2, \dots, H_n – в рейсе проявятся, G_1, G_2, \dots, G_n – не проявятся одновременно, соответственно. одна, две и так далее или все из " n " возможных ошибок.

Вероятность нулевой гипотезы:

$$P(H) = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (4.7)$$

где $P_i = P_{OШi} + q_{OШi} P_{Ki}$ – вероятность выпуска ТС в рейс без i -ой ошибки;

$P_{ОШi}$ – вероятность несовершения i – ой ошибки;

$q_{ОШi}$ – вероятность i – ой ошибки;

P_{Ki} – условная вероятность предотвращения i – ой ошибки при контроле.

Вероятности гипотеза H_1 и G_1 , по i – ой ошибке:

$$\begin{aligned} P(H_1)_i &= \frac{q_i P_{ni}}{P_i} \prod_{i=1}^n P_i \\ P(G_1)_i &= \frac{q_i q_{ri}}{P_i} \prod_{i=1}^n P_i \end{aligned} \quad (4.8)$$

где P_i и q_{ri} –соответственно, вероятности применения и неприменения системы в рейсе с i – ой ошибкой.

Вероятности гипотез H_2 , и G_2 по двум i – ым и j – ым ошибкам:

$$\begin{aligned} P(H_2)_{ij} &= q_i \sum_{j=i+1}^n q_j \frac{P_{nij}}{P_i P_j} \prod_{i=1}^n P_i \\ P(G_2)_{ij} &= q_i \sum_{j=i+1}^n q_j \frac{q_{nij}}{P_i P_j} \prod_{i=1}^n P_i \end{aligned} \quad (4.9)$$

где P_{nij} и q_{nij} – соответственно, вероятности совместного использования и неиспользования систем с i – ой и с j – ой ошибками обслуживающего персонала.

Вероятности гипотез H_n и G_n :

$$P(H_n) = P_{ni\dots n} \prod_{i=1}^n q_i \quad P(G_n) = q_{ni\dots n} \prod_{i=1}^n q_i , \quad (4.10)$$

где: $P_{ni\dots n}$ и $q_{ni\dots n}$ – соответственно вероятности совместного использования и неиспользования в рейсе системы с " n " возможными ошибками..

Обозначим через $r_i, r_{ij} \dots r_{i\dots n}$ – условные вероятности предотвращения водителем проявления в рейсе, соответственно. одной, двух и " n " допущенных ошибок. Тогда вероятность благополучного завершения рассматриваемого этапа рейса, определяемая действиями ОП, может быть вычислена по формуле:

$$P_{БД} = P(H_0) + \sum_{i=1}^n P(H_1)_i r_i + \sum_{i=1}^n P(H_2)_{ij} r_{ij} + \dots + P(H_n) r_{i\dots n} + \sum_{i=1}^n P(G_i)_i + \sum_{i=1}^{n-1} P(G_2)_{ij} + \dots + P(G_n) \quad (4.11)$$

После постановки вероятностей гипотез в выражение (4.11) получим:

$$P_{БД} = (1 + \sum_{i=1}^n q_i \frac{P_{ni} r_i}{P_i} + \sum_{i=1}^{n-1} q_i \sum_{j=i+1}^n q_j \frac{P_{nij} r_{ij}}{P_i q_j} + \dots + \frac{P_{ni\dots n} r_{i\dots n}}{\prod_{i=1}^n P_i} \prod_{i=1}^n q_i + \sum_{i=1}^n q_i \frac{q_{ni}}{P_i} + \sum_{i=1}^{n-1} q_i \sum_{j=i+1}^n q_j \frac{q_{nij}}{P_i P_j} + \dots + \frac{q_{ni\dots n}}{\prod_{i=1}^n P_i} \prod_{i=1}^n q_i) \prod_{i=1}^n P_i \quad (4.12)$$

Если вероятность P_i выпуска АТС в рейс с исправной i – ой системой достаточно высока, то вероятности гипотез одновременного проявления в рейсе двух и более допущенных ошибок будут пренебрежимо малы. В этом случае выражение (4.12) приближенно может быть записано в следующем виде:

$$P_{БД} = (1 + \sum_{i=1}^n \frac{P_{ni} q_i r_i}{P_i} - \sum_{i=1}^n \frac{q_{ni} q_i}{P_i}) \prod_{i=1}^n P_i \quad (4.13)$$

Основная трудность в количественной оценке влияния ошибок обслуживающего персонала на безопасность дорожного движения связана с получением достоверных статистических данных по возможным ошибкам, частоте их появления, эффективности контроля правильности выполненных операций и возможным последствиям допущенных ошибок. В задачу обслуживающего персонала входит тщательный учет, анализ и обработка статистических материалов, получаемых на основе опыта эксплуатации АТС.

При наличии таких данных расчеты могут быть использованы для выявления наиболее опасных ошибок и рациональной организации контроля.

4.3.2 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ДЕЙСТВИЯМИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

Анализ характерных ошибок обслуживающего персонала при выполнении различных видов работ на ТС определяет основные направления мероприятий по повышению БДД (рисунок 4.3), имеющих цель устранение или ослабление неблагоприятного проявления «человеческих» и «личностных» факторов:

- обеспечение соответствия свойств техники возможностям человека;
- совершенствование системы подготовок ТС;
- обучение и подготовка водителей и обслуживающего персонала;

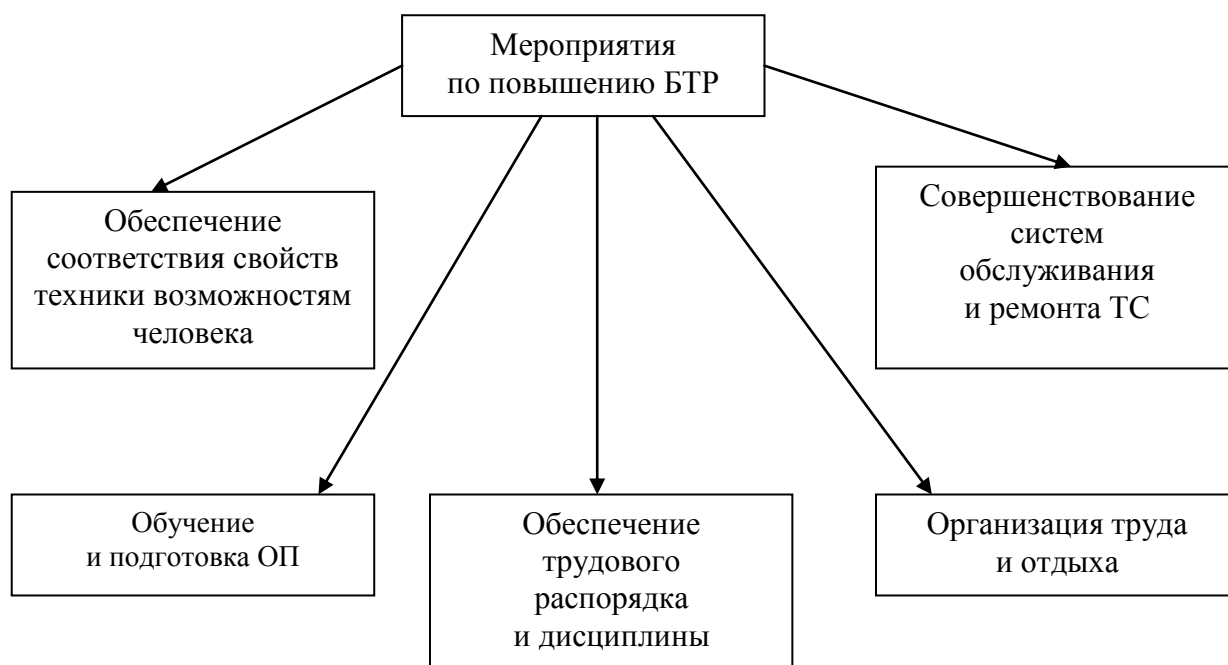


Рисунок 4.3 – Перечень основных мероприятий

- обеспечение трудового распорядка и дисциплины;
- организация труда и отдыха.

Первое из этих направлений, которое обслуживающий персонал реализует в виде предложений к промышленности и требований к ТС на различных этапах жизненного цикла ТС, в свою очередь распадается на два:

- улучшение свойств, характеризующих эксплуатационное совершенство ТС;
- повышение возможности предотвращения водителем последствий неисправностей ТС.

Неисправности ТС по своим последствиям могут иметь различную степень опасности. Поэтому с позиций обеспечения БДД не для всех агрегатов и систем нужно требовать одинаково высокое эксплуатационное совершенство. Для каждого ТС должна быть проведена ранжировка систем по степени опасности их отказов и неисправностей, которые ведут к наиболее опасным последствиям при неисправности. Необходимо обеспечить лучшую их эксплуатационную технологичность, ремонтпригодность, контролепригодность и дефектоскопичность.

Высокое качество выполняемых работ определяется строгим соблюдением технологической дисциплины, которая включает полноту и последовательность выполнения операций, строгое выдерживание норм допуска на регулируемые параметры, использование исправной и своевременно проверенной контрольно-проверочной аппаратуры (КПА), кондиционных приспособлений, стендов и инструмента. В этих условиях важным мероприятием по обнаружению и устранению допущенных ошибок ОП является пооперационный контроль, то есть выполнение двойного контроля (исполнителем и мастером ОТК) наиболее ответственных видов работ, при которых могут быть допущены ошибки, приводящие к неисправностям АТС. В первую очередь для пооперационного контроля выделяются узлы, агрегаты и системы, неисправности которых в наибольшей степени угрожают БДД. Перечень контрольных операций периодически уточняется с учетом происходящих изменений в подготовке ОП и совершенства техники.

Используя выражение (4.3) для вероятности ДТП из-за ошибок обслуживающего персонала и зависимость вероятности выпуска в рейс с неисправной i -й системой от времени $T_{ОПi}$, отводимого на обслуживание и контроль системы (рисунок 4.1), можно решить задачу по оптимальному распределению времени $T_{ОПi}$ между различными системами с целью достижения Q_{\min} в условиях

неизменного общего времени подготовок. $T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{ОПi}$ Очевидно, что такие

оптимальные циклограммы подготовок ТС будут различны для районов эксплуа-

тации с различными климато-географическими условиями, при изменении времени года, в зависимости от опыта обслуживающего персонала по эксплуатации ТС данного типа. Расчеты показывают, что оптимизация распределения суммарного времени контроля состояния систем дает возможность снизить уровень риска, определяемый ошибками обслуживающего персонала, на 10.. .15%.

С целью обучения специалистов качественному и безошибочному выполнению монтажно-демонтажных работ, осмотров и проверок ТС в АТП необходимо оборудовать технические классы со схемами и макетами, демонстрирующими работу различных систем и наиболее характерные ошибки ОП, облегчающие обучение ОП поиску и устранению неисправностей.

ИТР должны изучать индивидуальные особенности своих работников подчиненных, организовывать работу на технике с учетом психофизиологических свойств конкретных специалистов. Необходимо знать лиц, склонных к нарушению режима труда и отдыха, и в соответствии с этим проводить контроль их состояния перед допуском к работам.

4.4 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

4.4.1 ПОДХОД К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ ДЕЙСТВИЯМИ ВОДИТЕЛЯ

Под ошибкой водителя понимается неправильное, несоразмерное, некординированное или несвоевременное перемещение органов управления или включения систем, которое приводит к отклонению параметров движения за допустимые значения. При управлении АТС водитель выполняет следующие три последовательных операции: прием информации, переработка информации, принятие решения и исполнение принятого решения.

Ошибка водителя может зародиться на любой из этих операций и, несмотря на разные первопричины, привести к одним и тем же последствиям: неправильному или несвоевременному перемещению рычагов управления или включения систем (тормозной) и, как следствие, нежелательному изменению параметров движения. Однако для разработки эффективных мероприятий по устранению

ошибочных действий водителя необходимо знать, на какой операции допущена ошибка и чем она вызвана: неправильным распределением или переключением внимания, незнанием, как действовать в создавшейся ситуации, несвоевременным или неумелым исполнением принятого решения.

Водитель может допускать ошибки на различных этапах движения. Вероятность появления этих ошибок и условная вероятность предотвращения их последствий зависят не только от длительности рейса, но и от сложности выполнения задач, условий дорожного движения (скорости, состояния дороги, организации движения, метеоусловий и т. д.). Это значит, что от этапа к этапу дорожного движения в общем случае будут изменяться как вероятность ошибок водителя, так и условные вероятности предотвращения их последствий.

Разобьем рейс условно на m этапов, различающихся выполняемыми задачами, режимами и условиями движения. Если обозначить через P_j вероятность завершения j -го этапа рейса без ДТП, то вероятность завершения всего рейса без ДТП, связанного с возможными ошибками водителя определится из выра-

жения $P = \prod_{j=1}^m P_j$. Водитель может допускать ошибку в вождении или в экс-

плуатации ТС. Статистика показывает, что если все ошибки водителя принять за 100%, то ошибки в технике вождения (особенно в сложных дорожных и погодных условиях) составляют 90...95%, и 5. ..10% ошибки в эксплуатации ТС. По своим последствиям ошибки водителя в эксплуатации ТС приводят к неисправностям или снижению ее надежности. Поэтому при таких ошибках водителя количественная оценка БДД может быть осуществлена теми же методами, что и при отказах техники. Отметим некоторые особенности в управлении ТС и возникающих при этом ошибках.

Во – первых, исправление водителем допущенной ошибки восстанавливает работоспособность системы. Это значит, что если водителю удалось предотвратить ДТП, то ТС либо возвращается в исходное состояние, либо пе-

реходит в новое безопасное положение, характеризуемое другими параметрами движения.

Во – вторых, действия водителя при возможных ошибках и оценка БДД при этом принципиально отличаются от действий водителя и оценки БДД, определяемой надежностью техники. Если при отказах техники водитель вмешивается в управление для предотвращения изменения параметров движения, то в рассматриваемом случае водитель сам изменяет параметры движения в желаемую сторону. При этом он стремится не только не допустить ошибки, но и выполнить задание с наибольшей точностью, т. е. обеспечить возможно меньшее отклонение определяющих параметров от рекомендуемых значений. Это значит, что управление ТС для изменения параметров движения в желаемую сторону и устранение произвольного их отклонения от рекомендуемых или желаемых значений за допустимый уровень представляет собой единый процесс управления. Другими словами, о допущенной ошибке водитель может не знать и характер управляющих действий его при этом не меняется. Разделение процесса управления на этап изменения параметров движения и этап устранения произвольного их выхода за допустимый уровень возможно только в тех случаях, когда допущенная водителем ошибка приводит к качественному изменению динамических свойств ТС (например, превышение скорости на повороте), либо о допущенной ошибке водитель узнает по сигнализации специальных технических устройств. В таких случаях водитель вынужден прервать процесс управления параметрами движения и предпринимать меры для предотвращения дальнейшего недопустимого их изменения. Количественная оценка БДД и уровня риска в таких частных случаях может быть произведена по выражениям

$$P = p_i + q_i r_i$$

$$Q = q_i s_i$$

где p_i и $q_i s_i$ – вероятности недопущения и совершения ошибки;

r_i и s_i – условные вероятности предотвращения и непредотвращения последствий допущенной ошибки.

В – третьих, при выборе метода оценки влияния ошибок водителя на БТР необходимо учитывать, является ли вероятность появления этой ошибки функцией времени или вида и сложности движения.. Так, например, ошибки при выдерживании заданного режима движения (скорости, положения на дороге и другие) зависят от продолжительности рейса, чем длительнее осуществляется рейс тем с большей вероятностью, водитель может допустить ошибку. В то же время вероятность превышения из-за ошибок водителя допустимых значений таких определяющих параметров движения, как угол подъема и спуска, критическая скорость опрокидывания и другие зависят от вида маневра, а не от времени рейса.

В-четвертых, ошибки, совершаемые водителем на различных этапах процесса управления и угрожающие БДД, можно изучать по их проявлению: по изменению определяющих параметров или по отклонению органов управления. Предположим, что допустимое из условия обеспечения БДД изменение определяющего параметра x_i в функции некоторого параметра y_i определяется областью А (рисунок 4.4 а).

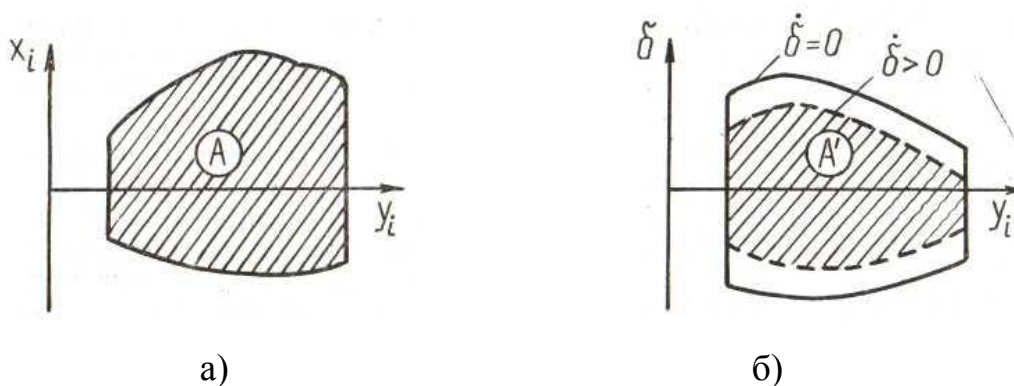


Рисунок 4.4 – Изменение определяющего параметра

Установившимся значениям параметра x_i на границе области А соответствуют вполне определенные отклонения органов управления отклонения органа управления δ_i Найденные требуемые значения δ_i при аperiodическом переходном процессе изменения x_i образуют область А допустимых отклонений органа управления (рисунок 4.4 б). Если переходный процесс изменения x_i колебательный, то область допустимых отклонений δ_i будет являться функцией не только параметра y_i , но и скорости отклонения $\dot{\delta}_i$ (штриховая линия на рисун-

ке 4.4, б). Последнее объясняется тем, что при увеличении скорости отклонения руля увеличивается заброс параметра x_i требуя для непревышения допустимого значения x_i уменьшить допустимую величину отклонений органа управления. Если известны допустимые области изменения определяющих параметров и управляющих отклонений органов управления (рисунок 4.4), то количественная оценка безопасности движения выполнения какого-либо маневра может быть произведена по полученным из обработки статистических данных законам изменения определяющих параметров или законам отклонения органов управления, либо методом статистических испытаний.

4.4.2 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ МАНЕВРА В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ ПО НАЙДЕННЫМ ЗАКОНАМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ

Из анализа изменения определяющих параметров движения при выполнении какого-либо маневра находится критический параметр и устанавливается, в какой части маневра он достигает наибольшего (экстремального) значения. Допустим, что при многократном повторении этого маневра различными водителями, мы построили гистограмму и нашли статистический закон распределения экстремального значения критического параметра. Пусть плотность распределения этого параметра $f(x)$ имеет вид, изображенный на рисунке 4.5.

$$P = p_i + q_i r_i \quad (4.14)$$

где
$$p_i = \int_0^{x_{идп}} f(x_i) dx_i$$

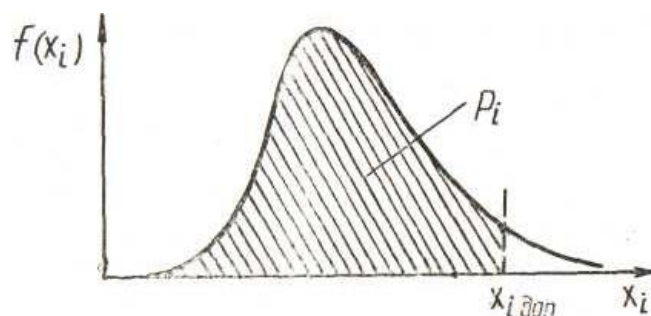


Рисунок 4.5 – Закон распределения

Если выход за допустимое значение определяющего параметра сопровождается качественным изменением динамических свойств АТС, либо о допущенной ошибке водитель информируется специальными техническими устройствами, то вероятность завершения маневра без ДТП определится выражением.

Вероятность p_i непревышения параметром x_i своего допустимого значения $x_{i\text{доп}}$ численно равна площади, заштрихованной на рисунке 3.5.

В тех случаях, когда процесс управления нельзя разделить на этап изменения параметра для выполнения маневра и на этап парирования непроизвольного его выхода за допустимое значение, вероятность P благополучного завершения рейса (без ДТП) может быть вычислена непосредственно по формуле (4.14), где под верхним пределом изменения x_i следует принимать предельное значение параметра $x_{i\text{пр}}$, при превышении которого наступает ДТП.

Простота оценки безопасности выполнения маневра по закону распределения определяющего критического параметра является основным достоинством такого метода. Однако, интегрально характеризуя уровень безопасности выполнения маневра, этот метод не позволяет вскрыть причину снижения уровня БДД: неудовлетворительные характеристики устойчивости и управляемости, что является конструктивно-производственным недостатком, или ошибочные действия водителя. Вследствие этого затрудняется разработка эффективных мероприятий по повышению БДД. Заметим, что для получения вида теоретического распределения параметра x_i по гистограмме ее распределения требуется достаточно большой массив статистических данных. Поскольку в рассматриваемых случаях нас интересует распределение экстремальных (максимальных или минимальных) значений определяющего параметра, подчиняющихся так называемому асимптотическому закону распределения, то задача оценки безопасности выполнения маневра может быть упрощена. В этих случаях целесообразно применение асимптотических распределений первого или третьего типа.

4.4.3 ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОПАСНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ МАНЕВРА ПО ЗАКОНАМ ОТКЛОНЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Отклонение органов управления описывается системой случайных величин. Из обработки статистических материалов всегда представляется возможным получить закон управления, с помощью которого можно выполнить данный маневр или его часть. Предположим, что закон отклонения руля δ для выполнения какого-либо маневра является функцией δ_0 и $\dot{\delta}$, то есть $\delta = f(\delta_0, \dot{\delta}, t)$. В каждый момент времени t при постоянном значении δ_0 каждой совокупности δ и $\dot{\delta}$, будет соответствовать вполне определенное значение определяющего параметра x . При некоторой совокупности параметров δ^* и $\dot{\delta}^*$ определяющий параметр достигнет своего допустимого значения $x_{доп}$. Геометрическое место точек δ^* и $\dot{\delta}^*$, при которых определяющий параметр $x = x_{доп}$ образуют на фазовой плоскости δ и $\dot{\delta}$, δ и $\dot{\delta}$ границу $\dot{\delta} = f(\delta^*)$, разделяющую плоскость на область A ($x < x_{доп}$) допустимых значений параметра и область B ($x > x_{доп}$) – недопустимых (рисунок 3.6).

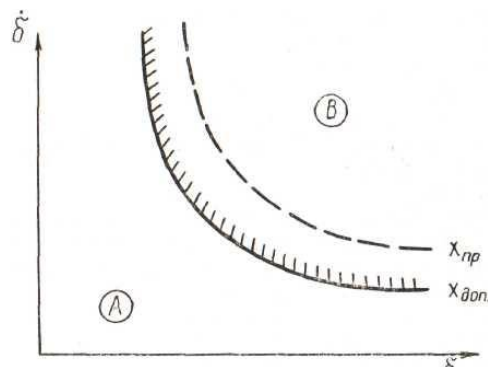


Рисунок 4.6 – Распределение определяющего параметра

При практическом выполнении рассматриваемого маневра у отдельных водителей наблюдается случайный разброс в величинах δ и $\dot{\delta}$, при этом они могут допускать и существенные отклонения математических ожиданий m_0 от рекомендуемых их значений. Вследствие этого при маневрировании в некоторых случаях может происходить выход определяющего параметра из области A допустимых значений в область B – недопустимых. Для оценки вероятности

попадания ТС область недопустимых значений определяющего параметра необходимо методами математической статистики найти законы распределения δ и $\dot{\delta}$ как случайных величин. Если случайные величины δ и $\dot{\delta}$ зависимы, то определяется двумерная плотность вероятности $f(\delta, \dot{\delta})$ вероятность превышения определяющим параметром допустимого значения ($x > x_{\text{доп}}$), (попадание в область В) определится из выражения

$$q = \iint_B f(\delta, \dot{\delta}) d\delta d\dot{\delta}, \quad (4.15)$$

и соответственно вероятность непревышения $x_{\text{доп}} p = 1 - q$.

В тех случаях, когда случайные величины δ и $\dot{\delta}$ независимы вероятность q определяется выражением

$$q = \iint_B f(\delta) f(\dot{\delta}) d\delta d\dot{\delta}, \quad (4.16)$$

где $f(\delta)$ и $f(\dot{\delta})$ – плотности вероятности независимых случайных величин δ и $\dot{\delta}$.

Вероятность выполнения маневра без ДТП в случае качественного изменения динамических свойств ТС при переходе из области А в область В, определится как $P = p + qr$. В тех случаях, когда процесс изменения параметров движения и предотвращения непроизвольного их выхода за допустимые пределы являются единым процессом управления, то граничная кривая $\dot{\delta}^* = f(\delta^*)$ (штриховая линия на рисунке 4.6) строится для превышения предельного значения определяющего параметра $x_{\text{пр}}$. В этом случае каждое попадание в область В эквивалентно ДТП и выражение (4.15) непосредственно определяет вероятность ДТП $Q_{\text{ДТП}}$

Пользуясь статистическими законами отклонения органов управления, можно не только количественно оценивать безопасность выполнения того или другого маневра, но и найти ошибку водителя, приводящую к выходу ТС в область недопустимо больших значений определяющего параметра и на этой основе разрабатывать эффективные мероприятия по повышению безопасности движения.

4.4.4 ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОШИБОЧНЫХ ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЯ

Чтобы оценить вероятность безошибочных действий водителя используют различные методы, в частности, метод статистического моделирования. Для этого необходимо действия водителя при движении представить в виде некоторой математической модели. В однотипной ситуации действия водителя в среднем подчиняются некоторой детерминированной закономерности, определяемой свойствами транспортного средства (включая характеристики системы управления, системы индикации и другие) и степенью обученности водительского состава. Математическое выражение этой закономерности и будет представлять собой структуру модели действий водителя в данной ситуации. Отличия в действиях водителей в каждом конкретном случае обеспечиваются представлением параметров модели в виде случайных величин.

В настоящее время невозможно да и нецелесообразно создание универсальной модели действий водителя, пригодной для всех ситуаций. Сегодня происходит процесс накопления знаний о действиях водителя, позволяющий разрабатывать частные модели его действий в различных ситуациях и в первую очередь в тех, где наиболее опасны допущенные ошибки. Такие модели могут быть созданы только на основе исследований данных эксплуатации, результатов специально поставленных экспериментов в дорожном движении, на тренажерах с участием водителя.

Наибольшую ценность представляют модели, доведенные до такого уровня обобщения, который позволяет использовать их в тех же ситуациях, но на новых транспортных средствах и на тех режимах, которые ранее не иссле-

довались в дорожном движении из соображений безопасности. Путь к этому лежит через выявление структуры модели действий водителя и установление связи параметров этой структуры со свойствами транспортного средства.

Анализ результатов дорожных экспериментов показал, что действия водителя по управлению транспортным средством могут быть представлены в виде суммы двух составляющих: с целью управления движением транспортного средства и с целью предотвращения транспортных происшествий. В соответствии с этим структурная схема модели действий водителя может быть представлена в следующем виде (рисунок 4.7).

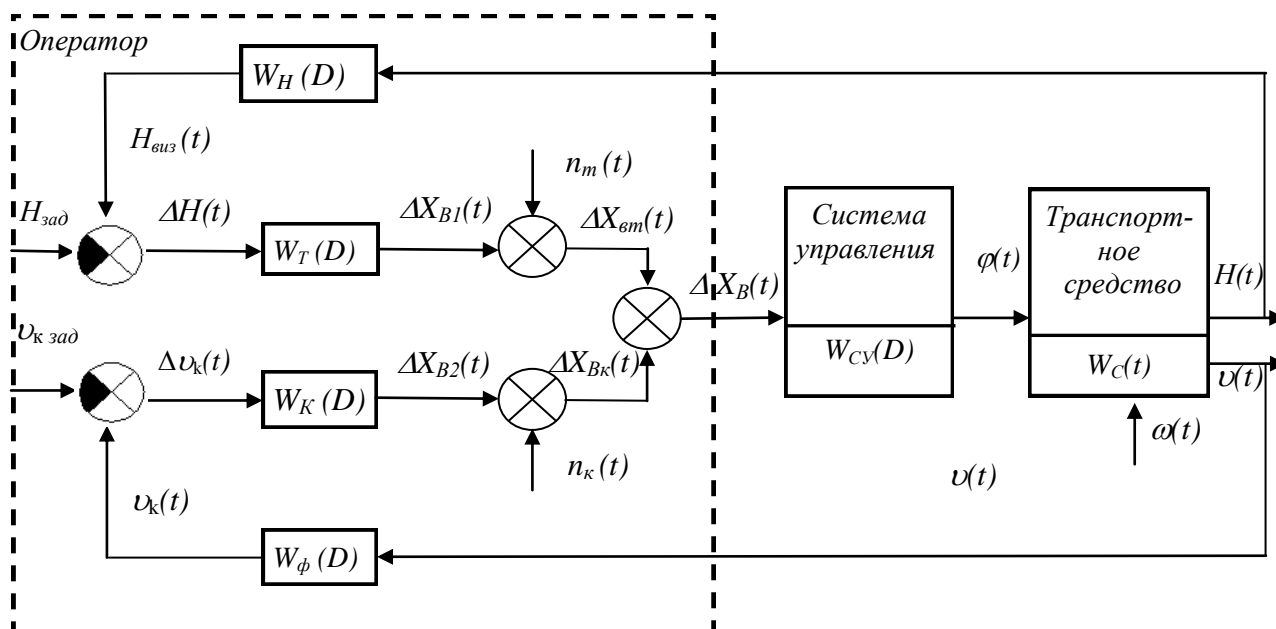


Рисунок 4.7 – Структурная схема модели действий водителя

Отклонения рулевого колеса в траекторном (x_{bn}) и короткопериодическом управлении (Δx_{bk}) состоят из двух составляющих:

- выходов $\Delta x_{bi}(t)$ и $\Delta x_{bk}(t)$ с линейных дифференциальных операторов $W_T(D)$ и $W_K(D)$ со случайными по множеству коэффициентами;
- стационарных "шумов" оператора $h_T(t)$ и $h_K(t)$, обусловленных неточностью описания действий оператора линейными дифференциальными операторами.

Звено с передаточной функцией $W_H(D)$ отражает процесс формирования в сознании оператора текущей обстановки, наблюдаемой при движении. Выделе-

ние короткопериодической составляющей $u_k(t)$ в движении транспортного средства осуществляется фильтром с передаточной функцией:

$$W_\phi(D) = \frac{D}{D+1}, \quad (4.17)$$

Наименьшие значения "шумов" оператора будут при следующей структуре линейных дифференциальных операторов:

- для траекторного управления:

$$W_T(D) = \frac{K_T}{T_T D + 1} e^{\lambda_T D}, \quad (4.18)$$

где λ_T – интенсивность отказов.

- для короткопериодического управления:

$$W_K(D) = \frac{K_K(T_1 + 1)}{(T_2 D + 1)^2} \quad (4.19)$$

Коэффициенты (T_1 и T_2) в этих передаточных функциях зависят от индивидуальных свойств оператора, характеристик системы управления и транспортного средства, характера рельефа местности и других факторов, поэтому они случайны и взаимно коррелированы.

ГЛАВА 5 ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

5.1 АНАЛИЗ ДОРОЖНО – ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ИЗ-ЗА ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ

По данным статистики, из-за дорожных условий происходят до 8% несчастных случаев. Такие случаи оцениваются с определенной степенью достоверности вследствие субъективных точек зрения сотрудников Государственной инспекции безопасности дорожного движения, осматривающих место транспортных происшествий, и отсутствия научно обоснованной методики оценки влияния геометрических параметров, других характеристик дорожных условий на возникновение конкретного дорожно – транспортного происшествия.

Значение конструкции дороги, ее технических параметров и состояния для безопасности дорожного движения очень важны. Исследования показывают, что многие технические параметры дороги, такие как: интенсивность движения, ширина проезжей части, ширина полосы закругления, величина радиусов закругления, видимость, подъемы и другие, не соответствуют современным требованиям. Но еще большее влияние на безопасность оказывает состояние дорог: ровность дорожного покрытия, скользкость (величина коэффициента сцепления), состояние обочин, уменьшение проезжей части и полосы движения, обустройство дороги, обеспечение видимости и других (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Распределение ДТП из-за дорожных условий, %

Дефекты дороги	%
Скользское покрытие	48,5
Покрытие с неровностями	13,5
Недостаточная ширина и плохое содержание дороги	5,9
Отсутствие тротуаров и пешеходных дорожек	2,9
Отсутствие удерживающих ограждающих устройств	1,4
Недостаточное освещение проезжей части	1,4
Сужение проезжей части строительными машинами, материалами и другими предметами	2,7
Отсутствие знаков в необходимых местах	4,6
Плохое содержание дорог в зимнее время	5,5
Другие причины	13,6

5.2 ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ ОСОБО ОПАСНЫЕ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

К таким явлениям относятся: метели (с выпадением снега продолжительностью 12 часов и более, при скорости ветра 15 м/с и более, а также метели, ухудшающие видимость до 50 м и менее); снегопады (при количестве

выпавших осадков 20 мм и более за 24 часа и менее); туман (при видимости 50 м и менее продолжительностью 24 часа и более, вызывающий прекращение движения на автомобильных дорогах); гололедица (вызывающая прекращение движение транспортных средств на шоссейных дорогах); дождь (с количеством осадков 30 мм и более за 12 часов, и менее в селевых и ливневых районах, 50 мм и более за 12 часов и менее, на остальных территориях, ливневый 20 мм за час и менее); ветры (при средней скорости 25 м/с и более и при порывах 30 м/с и более).

Пыльные бури, высокие уровни вод, селевые потоки, сходы снежных лавин и другие погодные условия усложняющие условия движения, естественно снижают уровень безопасности дорожного движения.

Рост интенсивности движения на современных дорогах приводит к повышению требований по уровню безопасности движения и пропускной способности в различные сезоны года. Одним из самых сложных и ответственных в работе дорожных организаций является зимний период. Обеспечение безопасности движения в сложных погодных условиях (зимняя скользкость, снегопады, метели и т.д.) - одна из основных задач эксплуатационных подразделений.

Как показывает анализ, до 8% от общего количества транспортных происшествий происходят по причине неблагоприятных дорожных условий. Из этого количества около 50 % ДТП происходят в зимний период и имеют основной причиной низкие сцепные качества дорожного покрытия. Для поддержания определенного состояния проезда по дорогам и обеспечения безопасности движения в сложных погодных условиях в зимний период проводится комплекс работ по содержанию дорожных покрытий, искусственных сооружений, элементов обустройства. Современные нормативные документы ограничивают время на ликвидацию последствий неблагоприятных погодных явлений, в связи с чем, актуальными задачами научных исследований являются совершенствование оперативного управления работами по борьбе с зимней скользкостью, выбор оптимальных по погодным условиям технологий проведения работ.

Решая задачи управления работами по зимнему содержанию автомобильных дорог, их рассматривают как элемент сложной системы В-ТС-Д, которая является открытой, т.е. зависит от внешней среды и функционирует под воздействием ее элементов. Для получения эффективных управленческих решений, обеспечивающих высокий уровень безопасности движения в сложных погодных условиях, необходим учет влияния «Среды» на автомобильную дорогу, которое характеризуется воздействием большой группы параметров - погодно-климатических факторов. Оценка эффективности любых мероприятий производится по комплексу выходных параметров системы ВАДС, среди которых безопасность движения играет все возрастающую роль.

Уровень безопасности движения и возможность возникновения транспортных происшествий зависит от состояния дорожного покрытия, комплекса метеорологических факторов, продолжительности нахождения дорожного покрытия в условиях зимней скользкости. Определенное влияние на него оказывают технологии проведения работ, используемая дорожная техника. Влияние этих факторов обусловлено низкой скоростью движения машин, габаритами навесного оборудования. Их необходимо учитывать на дорогах с высокой интенсивностью движения.

В процессе проведения исследований классифицированы технологии (стратегии) проведения работ, краткая характеристика которых представлена в таблице 5.2.

Анализ существующих методов оценки безопасности дорожного движения показал, что для количественной оценки этого выходного параметра системы оперативного управления работами по зимнему содержанию дорог может быть использован метод итоговых сезонных коэффициентов аварийности. Итоговый коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние на уровень аварийности отдельных дорожных условий:

$$K_{итог} = K_1 K_2 \dots K_n$$

Сезонные коэффициенты аварийности учитывают влияние неблагоприятных погодных факторов и кратковременное изменение дорожных условий.

Таблица 5.2 – Характеристика возможных стратегий проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог

Стратегия	Наименование	Описание технологии выполнения работ
I	Ликвидация зимней скользкости	По образовавшемуся слою ледяных отложений распределяются ПГМ с нормами, достаточными для перевода отложений в другое агрегатное состояние
II	Профилактика зимней скользкости	До образования скользкости производится распределение ПГМ с уменьшенными нормами для предотвращения образования скользкости
III	Удаление рыхлого снега с покрытия	Производится патрульная снегоочистка при выпадении осадков и механическая очистка рыхлого снега с покрытия после их окончания
IV	Профилактика образования снежного наката	Распределение ПГМ во время снегопада для недопущения уплотнения и сохранения снега в рыхлом состоянии с последующей механической очисткой
V	Распределение фрикционных материалов	Фрикционные материалы в чистом виде или в смеси с ПГМ распределяются по слою снежно – ледяных отложений, когда использование ПГМ в чистом виде неэффективно

Для учета влияния на уровень безопасности дорожного движения дорожных, погодных условий и различных стратегий производства работ предлагается вводить поправочные коэффициенты для зимнего периода, для параметров, перечень которых приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Частные сезонные коэффициенты, которые необходимо учитывать при оценке безопасности движения в сложных погодных условиях в зимний период

Частый коэффициент аварийности, учитывающий погодные и дорожные условия	Стратегия производства работ	Примечания
Интенсивность и состав движения для зимнего периода	I, II, III, IV, V	
Ширина полностью очищенной проезжей части	I, II, III, IV	При современных требованиях к уровню содержания дорог (очистка проезжей части на полную ширину) поправочный коэффициент может не вводиться
Уменьшение ширины обочин за счет образования снежных отложений	III, IV I, II, III, IV	На период проведения работ, до окончания очистки обочин. Для дорог, на которых в зависимости от принятого уровня содержания допускается очистка обочин не на всю ширину
Скользкое покрытие	I, II, III, IV, V	Значение поправочных коэффициентов зависит от состояния покрытия, вида зимней скользкости

Указанные в таблице поправочные коэффициенты учитываются для всего участка автомобильной дороги. При оценке безопасности движения необходимо отдельно анализировать пересечения, примыкания и искусственные сооружения. Эти участки дорог требуют специального исследования, как наиболее характерные и опасные на дороге и имеющие особенности технологий снегоочистки и ликвидации скользкости в виде стекловидного льда.

По итоговому коэффициенту аварийности ($K_{итог}$) возможное число ДТП (Z) на 1 млн•авт•км можно оценить по эмпирической формуле, которая учитывает интенсивности движения и продолжительность воздействия неблагоприятных погодных факторов:

$$Z = 2 \cdot 10^{-5} K_{\text{итог}}^{0,373} N t_i L$$

где $K_{\text{итог}}$ - итоговый коэффициент аварийности, вычисленный для зимнего периода и для соответствующих каждой стратегии производства работ дорожных условий;

N - интенсивность движения, авт./ч;

t_i - продолжительность нахождения покрытия дороги в неблагоприятном состоянии, ч;

L — длина участка дороги, км.

Разработанная методика проведения расчетов по оценке безопасности движения в сложных погодных условиях использовалась при решении задач развития систем погодного дорожного мониторинга. Во всех этих расчетах безопасность движения выступала в качестве одного из выходных параметров системы В-ТС-Д.

Для учета влияния технологии работ на уровень безопасности движения в соответствии с данными таблиц 1 и 2 выявлен комплекс параметров и их влияние на безопасность движения, которые будут изучены в ходе дальнейших исследований по организации дорожного движения в сложных погодных условиях.

Перечень параметров приведен в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Параметры, влияющие на безопасность дорожного движения при проведении работ по зимнему содержанию дорог

Параметры, влияющие на безопасность движения	Стратегия
Скорость движения распределителя противогололедных материалов, отряда машин при патрульной снегоочистке	I, III, IV, V
Повышение риска столкновения со встречным автомобилем при обгоне на скользком покрытии	I, IV, V
Повышение риска столкновения со встречным автомобилем при обгоне отряда машин, проводящих патрульную снегоочистку	III
Ширина распределения противогололедных материалов	I, IV, V
Время нахождения покрытия в скользком состоянии	I, III, IV, V
Снижение видимости встречного автомобиля при выпадении осадков	III, IV
Снижение видимости встречного автомобиля при снегоочистке	III

5.3 АВТОМОБИЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ. КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Автомобильная транспортная сеть представляет собой комплекс автомобильных дорог, автотранспортных средств и специализированных предприятий.

Каждый из элементов этой транспортной сети, в свою очередь, является сложной структурой. Так, автомобильные дороги включают в свой состав сами дороги, сооружения, мосты, трубы, переправы, здания линейно-эксплуатационной службы и автотранспортные сооружения, зеленые насаждения, снегозащитные и путевые ограждения, крепительные устройства, дорожные знаки и указатели.

В настоящее время автотранспортная сеть России включает в себя более 531 тыс. км автомобильных дорог общего пользования. К автомобильным дорогам общего пользования относятся внегородские автомобильные дороги, которые являются государственной собственностью Российской Федерации и подразделяются на:

1. Дороги общего пользования, являющиеся федеральной собственностью.
2. Федеральные дороги.
3. Дороги субъектов Российской Федерации, относящиеся соответственно к собственности субъектов Российской Федерации.

Основные грузопотоки проходят по федеральным дорогам, к которым относятся:

1) магистральные дороги:

– соединяющие столицу Российской Федерации – г. Москва со столицами независимых государств, столицами республик в составе Российской Федерации, административными центрами краев и областей;

– обеспечивающие международные автотранспортные связи;

2) прочие дороги, соединяющие между собой столицы республик в составе Российской Федерации, административные центры краев, областей, а также этих городов с ближайшими административными центрами автономных образований.

При отсутствии автомобильной дороги от сети федеральных дорог до административных центров к федеральным дорогам относятся автомобильные дороги от этих центров до аэропортов, морских, речных портов, железнодорожных станций.

Перечень федеральных дорог утверждается Правительством Российской Федерации по представлению Министерства транспорта Российской Федерации

Помимо дорог общего пользования автомобильные дороги, расположенные в Российской Федерации, классифицируются по принадлежности на ведомственные и частные автомобильные дороги. К ведомственным и частным автомобильным дорогам относятся дороги предприятий, объединений, учреждений и организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, предпринимателей и их объединений и других организаций, используемые ими для своих технологических, ведомственных или частных нужд.

Перечень автомобильных дорог (с указанием расстояний между населенными пунктами), по которым осуществляются регулярные междугородные перевозки грузов автомобильным транспортом, приведен в Приложении 2 к настоящему параграфу.

Согласно ГОСТ Р 50597 – 93 автомобильные дороги, дороги и улицы городов и других населенных пунктов по их транспортно-эксплуатационным характеристикам объединены в следующие группы (таблица 5.5)

Таблица 5.5 – Классификация дорог

Группы автомобильных дорог	Транспортная характеристика	Интенсивность движения, тыс. авт./сут
А	Магистральные дороги скоростного движения, магистральные улицы общегородского значения непрерывного движения	более 3
Б	Магистральные дороги регулируемого движения, магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения и районного значения	от 1 до 3
В	Улицы и дороги местного значения	менее 1

Автотранспортные предприятия и организации при перевозке грузов по автомобильным дорогам обязаны обеспечивать безопасность движения и сохранность дороги.

На автомобильных дорогах запрещается:

а) проезд транспортных средств, общая высота которых с грузом превышает указанные на дорожных знаках габариты;

б) провоз грузов, выступающих по ширине за габариты транспортных средств, установленные государственным стандартом или техническими условиями, а также грузов, выступающих за задний борт более чем на 2 метра или волочащихся по дороге;

в) проезд всех видов транспортных средств с нагрузками на ось, превышающими нормы, установленные государственными стандартами или указанные на дорожных знаках.

Перевозка негабаритных грузов может осуществляться в отдельных случаях по разрешению дорожных органов и органов ГИБДД

Грузоотправители и грузополучатели обязаны иметь подъездные пути от автомобильных дорог к пунктам погрузки и выгрузки и содержать эти пути в исправном состоянии, обеспечивающем беспрепятственное и безопасное движение автомобилей и свободное маневрирование их в любое время осуществления перевозок.

Соответствие состояния автомобильных дорог и подъездных путей, находящихся на территории РФ, требованиям безопасности движения и сохранности груза и подвижного состава определяется совместно соответствующими дорожными органами, автотранспортными предприятиями или организациями и органами ГИБДД.

Требования к качеству и состоянию дорог регламентируются следующими нормативными документами (таблица 5.6).

Согласно законодательству, дороги должны находиться в соответствии с требованиями правил содержания и ремонта автомобильных дорог.

Содержание, обслуживание и надзор за техническими средствами регулирования, дорожными знаками и разметкой обеспечиваются соответствующими дорожными и коммунальными организациями, а также органами ГИБДД.

Таблица 5.6 – Нормативная документация

ГОСТ	Название
ГОСТ Р 50597-93	Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения
ГОСТ 10807-78	Знаки дорожные. Общие технические условия
ГОСТ 13508-74	Разметка дорожная
ГОСТ 23457-86	Технические средства организации дорожного движения. Правила применения
ГОСТ 25695-91	Светофоры дорожные. Типы. Основные параметры
ГОСТ 26804-86	Ограждения дорожные металлические барьерного типа. Технические условия
СНиП 2.05 02-85	Автомобильные дороги
СНиП 2.07.01.89	Планировка и застройка городских и сельских поселений
СНиП 3.06 03-85	Автомобильные дороги
ВСН 24-48	Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог
Инструкция МПС	Инструкция по эксплуатации железнодорожных переездов России № ЦП/483

Покрытие дороги должно обеспечивать надежное сцепление колес и быть ровным, без колея и выбоин. Асфальтобетонные покрытия должны своевременно очищаться от пыли и грязи. Особенно тщательно должна производиться очистка асфальтобетонных покрытий в пределах населенных пунктов, а также в местах примыкания подъездных дорог или пересечений с ними. Содержание автомобильных дорог в зимнее время должно осуществляться с учетом требований действующих указаний и инструкций по защите и очистке автомобильных дорог от снега и по борьбе с гололедом на автомобильных дорогах. Дороги с усовершенствованными покрытиями должны полностью очищаться от снега.

Просадки, выбоины и другие неровности дорожного покрытия, особенно в местах сопряжения с искусственными сооружениями, должны устраняться в первую очередь.

Обочины должны быть в одном уровне с покрытием проезжей части дороги и укрепляться стабилизацией фунта вяжущими материалами или другим способом в зависимости от покрытия проезжей части дороги применительно к требованиям СНиП (п. 6.20 и 6.21).

Образующиеся промоины на обочинах должны немедленно устраняться, а до их устранения иметь ясно видимыми ограждения.

В зимний период эксплуатации необходимо при наличии предупреждения гидрометеослужбы проводить профилактическую россыпь материалов, предотвращающих образование гололеда, и с началом снегопада начинать патрульную снегоочистку дорог.

В первую очередь эти мероприятия должны осуществляться на наиболее опасных участках: спусках, кривых малого радиуса и подходах к ним на расстояние не менее 100 м в пределах пересечений в одном уровне и на расстояние 100 — 150 м до пересечения на участках с ограниченной видимостью и т.п.

При выполнении на автомобильных дорогах ремонтных работ дорожные, коммунальные организации по согласованию с органами ГИБДД обеспечивают в установленном порядке организацию движения путем расстановки необходимых дорожных знаков, ограждающих устройств, установки сигнализации, организации объездов и т.д.

Основные параметры дорожного полотна представлены на рисунке 5.1.

План дороги дает полное представление об одном из важных для безопасности движения параметров – радиусах закруглений, их расположении, количестве и так далее.

Допустимые значения радиусов установлены СНиПом. В зависимости от категории дороги, сложности условий движения радиусы составляют от 30 до 1000 м, а внутрихозяйственных дорог от 15 до 1000 м. Продольный профиль характеризует крутизну подъемов и спусков (продольных уклонов). Продоль-

ные уклоны оценивают в градусах, процентах, промилле. В технических характеристиках величина преодолеваемого автомобилем уклона дается в градусах.

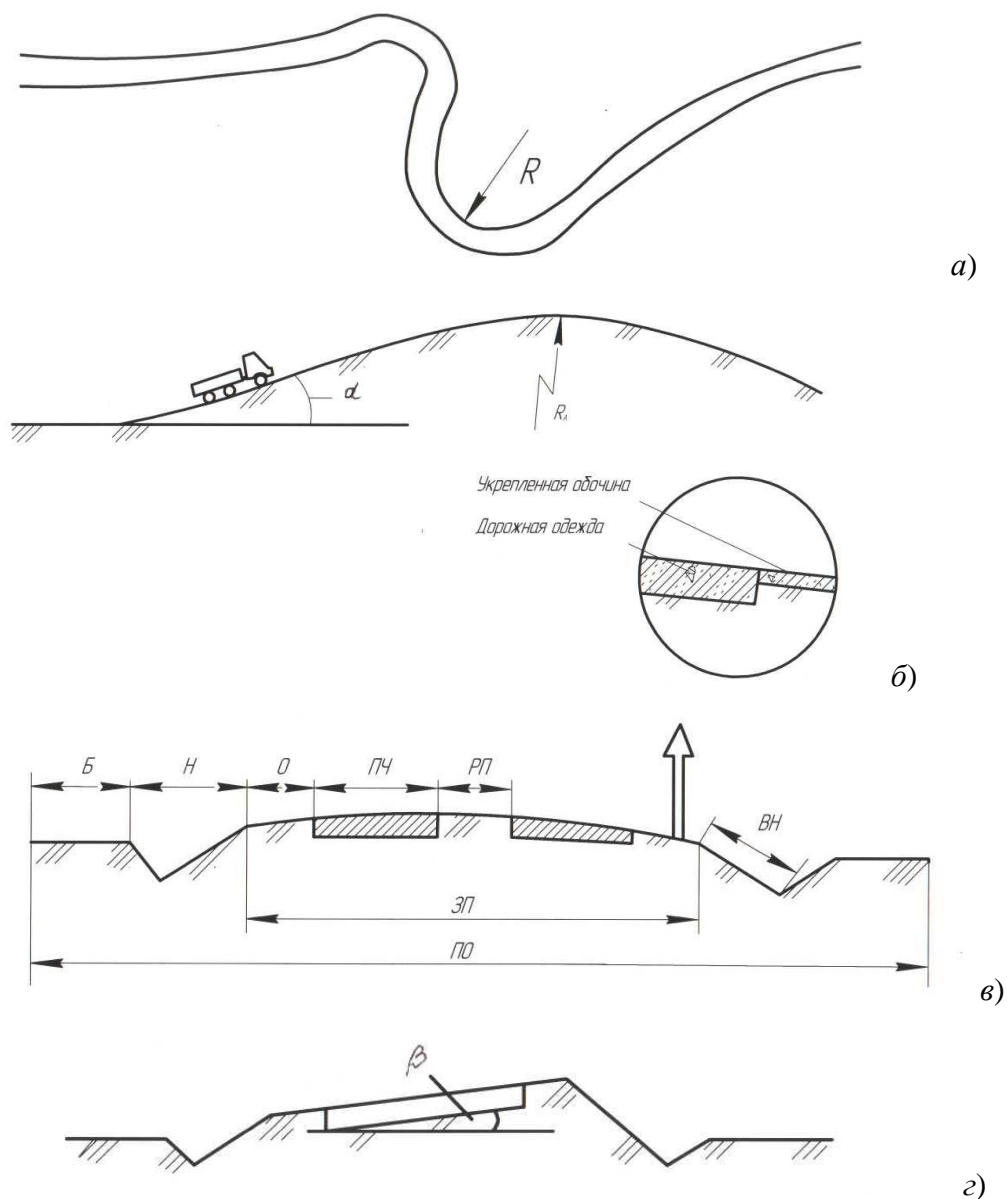


Рисунок 5.1 – Элементы автомобильной дороги:

a – план дороги; b – продольный профиль; v – поперечный профиль;
 $г$ – вираж на повороте; R – радиус кривой; R_v – вертикальный радиус;
 α – угол подъема; β – угол виража; ПО – полоса отвода; ЗП – земляное полотно;
 РП – разделительная полоса; ПЧ – проезжая часть; О – обочина;
 К – кювет; Б – бровка; ВН – внутренний откос

Большие уклоны и кривые малых радиусов представляют серьезную опасность для автомобилей, движущихся с высокой скоростью, особенно при гололеде. Кроме того, при соответствующих значениях уклонов может значи-

тельно уменьшаться расстояние видимости, расчетные значения которой нормируются для поверхности дороги в пределах от 75 до 250 м, встречного автомобиля – от 150 до 350 м (рисунок 5.2).

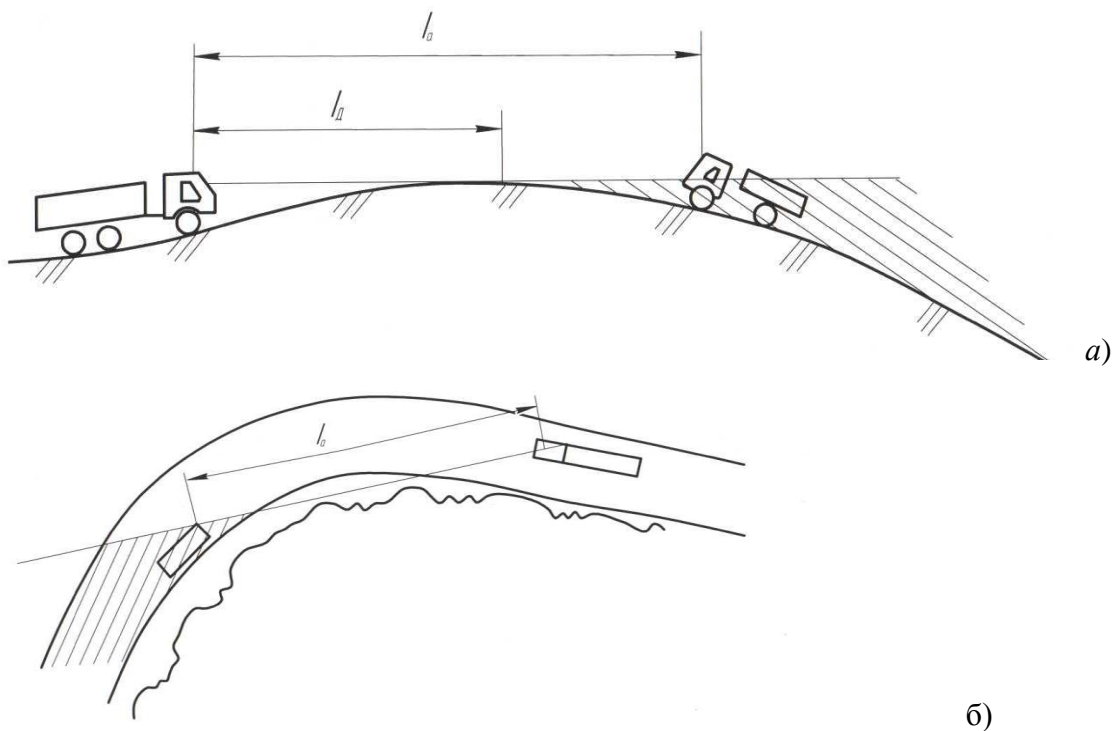


Рисунок 5.2 – Видимость:

a – на переломе продольного профиля; *б* – в плане дороги;
 l_a – видимость автомобиля; l_d – видимость дороги

Боковая видимость обеспечивается на расстоянии 25 м для дорог I и III категорий и 15 м для IV – V.

Поперечный профиль дороги характеризует его конструкцию, размеры элементов и другие технические параметры, имеющие важное значение для безопасности движения. Поперечный профиль – это разрез дороги плоскостью, перпендикулярной ее продольной оси

Для безопасности транспортных работ важнейшим элементом дороги являются: проезжая часть, разделительная полоса, обочины.

Геометрические размеры этих элементов установлены для каждой категории дорог СНиП. При расчете размеров элементов дороги исходят из условий обеспечения безопасной скорости движения и стоимости дороги. Поэтому ширина проезжей части дороги должна быть не менее 4,5 м (V категория), а

I категории 15 м и более в зависимости от числа полос движения, имеющих ширину 3,75 м.

Разделительная полоса предусматривается только у дорог I категории, и ее ширина составляет не менее 5 м. Этот элемент дороги существенно повышает безопасность движения за счет исключения встречных столкновений, ослепления.

Обочина – необходимый для обеспечения безопасности движения элемент дороги. Обеспечивает устойчивость автомобиля при случайном съезде колеса с проезжей части и используется для остановки автомобиля, установки знаков, ограждений, материалов для ремонта и др.

Современные параметры дороги требуют, чтобы обочины со стороны проезжей части имели укрепленные полосы шириной от 0,75 до 0,5 м (в зависимости от категории), выполненные из материалов (цементобетон, асфальтобетон, черный щебень), применяемых для покрытия проезжей части. Ширина обочин составляет от 1,75 до 3,75 м в зависимости от категории дороги.

Главным конструктивным элементом дороги является ее проезжая часть, имеющая различные типы покрытий. Наибольшее распространение получили покрытия, выполненные из цементобетона, асфальтобетона, черного щебеночного покрытия.

Устойчивость конструктивных элементов дороги зависит от погодноклиматических условий района ее положения. Наиболее подвержены воздействию воды грунтовые дороги, а также плохо уплотненные щебеночные и гравийные покрытия, несущая способность которых резко уменьшается при их переувлажнении. Дороги I – III категории должны обеспечивать проезд в любое время года.

Состояние дороги характеризуется комплексом показателей, от которых зависит эффективность работы и безопасность автомобильного транспорта: шероховатостью дорожного покрытия, ровностью, скользкостью, видимостью на дороге.

ГЛАВА 6 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

6.1 ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Основные мероприятия, направленные на предупреждение ДТП объединены в несколько групп:

1. Совершенствование системы подготовки и переподготовки водителей транспортных средств и инженерно-технических работников (ИТР):

– ежегодное обучение инженерно-технических работников, связанных с движением транспортных средств, вопросам безопасности дорожного движения по специальной программе со сдачей зачетов;

– ежегодное обучение водителей основам безопасности дорожного движения;

– совершенствование профессионального мастерства водителей транспортных средств;

– выполнение установленных требований учебы и стажировки водителей транспортных средств.

2. Улучшение медико-санитарного обслуживания водителей и контроля за состоянием их здоровья:

– обязательные периодические медицинские переосвидетельствования водителей транспортных средств в установленные сроки;

– предрейсовые, послерейсовые и межрейсовые медицинские осмотры водителей;

– создание сети передвижных медицинских пунктов для контроля за состоянием здоровья водителей;

– создание стационарных здравпунктов и поликлиник.

3. Улучшение технического состояния транспортных средств, дорожных условий, совершенствование организации перевозок людей и грузов и контроля водителей на линии:

- контроль за соблюдением и качественным техническим обслуживанием и ремонтом транспортных средств;

- внедрение диагностических комплексов для определения технического состояния транспортных средств;

- создание действенного контроля за состоянием автомобильных дорог и своевременное принятие мер по обеспечению безопасных условий движения транспортных средств;

- выполнение положения о рабочем времени и времени отдыха водителей;

- разработка общероссийских требований по обеспечению перевозок транспортными средствами;

- создание действенной системы контроля за работой водителей в дорожных рейсах;

- повышение эффективности индивидуальной работы с водителями.

4. Совершенствование деятельности службы безопасности дорожного движения:

- разработка и реализация планов работ по предупреждению дорожно-транспортных происшествий;

- организация учета и анализа дорожно-транспортных происшествий, участие в их служебном расследовании;

- выпуск публикаций по вопросам безопасности дорожного движения.

5. Совершенствование работы с кадрами:

- организация работы кабинетов и уголков по безопасности дорожного движения и их оборудование современными средствами обучения (ауди-, видеотехника, специальные тренажеры);

- организация работы водителей - инструкторов по безопасности дорожного движения по совершенствованию профессионального мастерства и дисциплины водителей при движении;

- внедрение материальных стимулов для водителей за безаварийную работу;

- регулярная аттестация по безопасности дорожного движения руководящих работников служб предприятий.

Разработка мероприятий по предупреждению транспортного травматизма способствует решению задач управления безопасностью движения. Представим схему мероприятий от высшей цели к конкретным мерам по ее достижению в виде «дерева целей» (рис. 6.1).

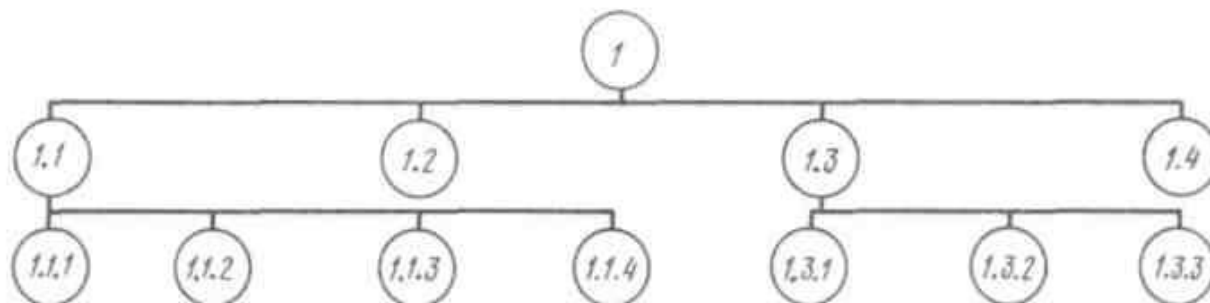


Рисунок 6.1 – «Дерево целей» по проблеме обеспечения безопасностью движения

Эффективное управление деятельностью по обеспечению безопасностью дорожного движения является главной целью (1). Этой цели можно добиться путем достижения целей более низкого ранга – подцелей второго порядка. Эти подцели следующие:

- проведение на предприятии стандартного комплекса мероприятий по безопасности дорожного движения (1.1);
- подготовка работников предприятия по вопросам безопасности дорожного движения и гарантии их заинтересованности в ее обеспечении (1.2);
- управление сокращением транспортного травматизма (1.3);
- координация работы организаций, связанных с дорожным движением, постановка обоснованных требований к этим организациям по обеспечению ими безопасности дорожного движения и контроль за выполнением этих требований (1.4).

В свою очередь подцели 1.1 и 1.3 состоят из подцелей третьего порядка. Подцель 1.1 включает:

- разработку и внедрение нормативно-методических материалов по обеспечению безопасности дорожного движения (1.1.1);
- внедрение в должностные инструкции всех инженерно-технических ра-

ботников предприятия обязанностей по обеспечению безопасности дорожного движения (1.1.2);

- координацию деятельности всех служб предприятия, их нацеленность на достижение конечных результатов (1.1.3);

- обеспечение выполнения всеми работниками обязанностей по безопасности дорожного движения (1.1.4).

Подцель 1.3 достигается путем:

- введения долгосрочного планирования мероприятий по сокращению транспортного травматизма и графиков реализации запланированных мероприятий (1.3.1);

- оценки и анализа эффективности запланированных мероприятий (1.3.2);

- использования современных достижений научно-технического прогресса в области обеспечения безопасности дорожного движения (1.3.3).

Конечной целью выполнения комплексной программы обеспечения безопасности перевозок людей и грузов является снижение случаев травмирования людей (рис. 3.33).

Эта главная цель (1) достигается путем решения двух подцелей: сокращения случаев дорожно-транспортных происшествий (1.1) и снижения тяжести их последствий (1.2).

Подцель 1.1 включает в себя следующие задачи:

- постоянное улучшение качественного состава водителей (1.1.1);

- повышение надежности водительского состава (1.1.2);

- создание здорового социально-психологического климата в коллективе (1.1.3)

Подцель 1.2 включает:

- совершенствование пассивной безопасности конструкции транспортных средств (1.2.1);

- оперативное оказание помощи пострадавшим при дорожно-транспортном происшествии, другие действия водителей по обеспечению послеаварийной безопасности (1.2.2);

– исключение неорганизованных перевозок людей и грузов на транспортных средствах, не предназначенных для этих целей (1.2.3);

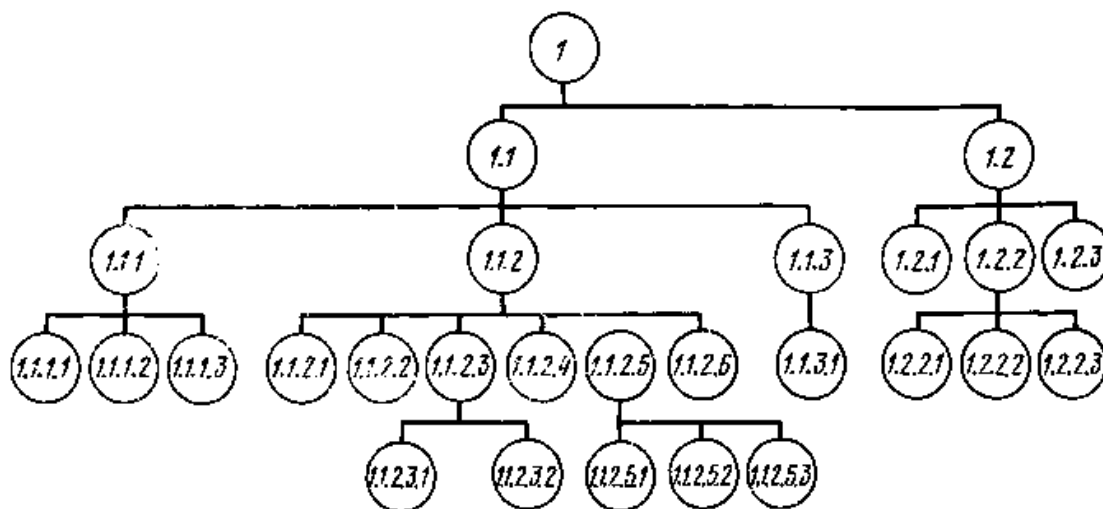


Рисунок 6.2 – «Дерево целей» по проблеме снижения числа дорожно-транспортных происшествий

В свою очередь подцель 1.1.1 предполагает:

- сокращение текучести кадров водителей (1.1.1.1);
- выявление и отстранение от работы «опасных» водителей (1.1.1.2);
- создание действенных ограничений, препятствующих приему на работу «опасных» водителей (1.1.1.3);

Подцель 1.1.2. предполагает:

- обеспечение оптимального баланса между уверенностью и чувством опасности у водителей (1.1.2.1);
- поддержание (улучшение) состояния здоровья и работоспособности водителей (1.1.2.2.);
- воспитание чувства высокой профессиональной ответственности (дисциплинированности) у водителей (1.1.2.3);
- повышение профессионального мастерства водителей (1.1.2.4);
- обеспечение адаптации молодых поступивших на предприятие водителей (1.1.2.5);
- выявление проблемных «водителей» и проведение с ними специальной работы (1.1.2.6);

Достижение подцели 1.2.2 можно обеспечить:

- эвакуацией пассажиров (и водителя) из салона (кабины) транспортного средства (1.2.2.1);
- вызовом скорой помощи (1.2.2.2);
- оказанием доврачебной медицинской помощи пострадавшим (1.2.2.3).

6.2 ВЫБОР ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ МАКСИМАЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Последнее время происходит значительное расширение круга задач, возлагаемых на руководителя АТП по управлению подчиненной системой. Постоянная тенденция к уменьшению располагаемых людских и экономических ресурсов в условиях ограниченных ресурсов ставит руководителя в условия, когда традиционные подходы к решению задач по управлению подчиненной системой не дают желаемых результатов. Попытка решить их традиционными методами все чаще приводит к негативным последствиям. В большей степени такое состояние дел сказывается на функционировании системы ВАДС и особенно сильно проявляется в области деятельности по обеспечению безопасности движения.

6.2.1 ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ НАПРАВЛЕННЫХ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ И ВРЕМЕНИ

Практика все чаще показывает, что необходимо развитие новых, научно обоснованных методов управления автотранспортными предприятиями. Применительно к задаче выбора руководителем оптимального решения, где наиболее сильно сталкиваются интересы повышения безопасности дорожного движения, эффективности, экономичности, развитие новых методов имеет большое практическое значение.

Рассматриваемая система ВАДС относится к сложным человеко-машинным системам. Здесь нет необходимости описывать ее свойства, однако,

одно характерное свойство нельзя оставить без внимания. Для рассматриваемых систем, типа ВАДС, очень важна проблема единоличного руководителя. От его решения зависит выполнение поставленных перед предприятием задач, а на подготовительном этапе – подготовка транспортных средств и организации движения, а в конечном итоге финансовое состояние предприятия зависят настолько, насколько эффективный путь решения этих задач избран руководителем.

Рассмотрим одну из задач, стоящих перед руководителем и персоналом автотранспортного предприятия. Это, как уже было отмечено выше, задача повышения безопасности движения на этапе эксплуатации. Эта сложная задача может быть представлена набором задач более низкого уровня, вытекающим из анализа причинно-следственных связей возникновения дорожно-транспортных происшествий и опасных ситуаций. Исходя из этого анализа, мы вынуждены прийти к ряду мероприятий, направленных на устранение причин дорожно-транспортных происшествий, что в конечном счете, приведет к повышению безопасности дорожного движения.

6.2.1.1 ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предположим, что мы имеем перечень мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения. Допустим, что мы имеем оценку ожидаемой эффективности каждого мероприятия и время, необходимое для его подготовки и проведения. Цель наших действий заключается в выборе из существующего перечня тех мероприятий, которые обеспечат максимальный уровень эффективности. Пусть значения ожидаемой эффективности каждого мероприятия найдены путем экспертных оценок (каждая в интервале от нуля до единицы) или каким-либо другим способом.

Задачу можно решать в следующих предположениях:

а) мероприятия не накладываются во времени (то есть выполняются последовательно одно за другим);

б) мероприятия накладываются во времени только частями, идущими на подготовку мероприятий;

в) мероприятия накладываются во времени каким-либо другим способом (например, и временем подготовки и временем выполнения).

Задача, поставленная в предположениях пункта «в», требует более подробного анализа статистических данных на предмет совместимости мероприятий и применения методов теории принятия решений.

6.2.1.2 НОРМИРОВКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ

При условии, что число мероприятий счетно, но не представляет полную группу событий с точки зрения достижения полной безопасности дорожного движения, примем для удобства максимальный уровень эффективности, который можно достичь при выполнении всего комплекса мероприятий, равным единице.

Так как
$$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_i,$$

то
$$\bar{P} = \frac{1}{P_{\Sigma}} \sum_{i=1}^N P_i = \sum_{i=1}^N \bar{P}_i, \quad \text{где} \quad P_i = \frac{P_i}{P_{\Sigma}} \quad (6.1)$$

Тогда \bar{P}_i можно трактовать как условную ожидаемую эффективность i -го мероприятия из рассматриваемого перечня мероприятий, подлежащих выполнению (в дальнейшем полагаем эффективность мероприятий нормированными величинами).

Пусть исходный перечень содержит N мероприятий, причем, для каждого i -го мероприятий ($i = 1, \dots, N$) известно:

P_i - ожидаемая эффективность i -го мероприятия;

$T_i = T_{in} + T_{inp}$ время каждого i -го мероприятия,

где T_{in} , T_{inp} – время подготовки и проведения i -го мероприятия соответственно.

Введем функцию состояния α ($\alpha_1, \dots, \alpha_N$),

где $\alpha_i = 0$, если i -ое мероприятие не проводится;

$\alpha_i = 1$, если i -ое мероприятие проводится

Тогда с учетом сделанных предположений:

$$\begin{aligned} P_{\Sigma} &= P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i \\ T_{\Sigma} &= T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i \end{aligned} \quad (6.2)$$

где P_{Σ} и T_{Σ} – показатели суммарной эффективности и суммарного времени, зависящие от значения функции $\alpha(\alpha_1, \dots, \alpha_N)$.

Опишем три типа задач, возникающих при рассмотрении системы (6.2).

1. Пусть задан ресурс времени T_p , т.е. время, отпущенное на подготовку и проведение комплекса мероприятий из заданного перечня. Необходимо обеспечить максимальный уровень эффективности.

$$\begin{aligned} \max P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) &= \max \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i \\ T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_i) &= \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i \geq P_3 \end{aligned} \quad (6.3)$$

2. Пусть задан уровень эффективности P_3 , который необходимо достигнуть за минимальное время:

$$\begin{aligned} \min T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) &= \min \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i \\ P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) &= \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i \geq P_3 \end{aligned} \quad (6.4)$$

3. Необходимо за минимальное время в интервале $(0, T_p)$ обеспечить максимальный уровень эффективности:

$$\min T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \min \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i \quad (6.5)$$

$$\max P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \max \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i \quad (6.6)$$

$$T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) \leq T_P \quad (6.7)$$

Все три задачи имеют смысл в различных ситуациях, возникающих на практике при разработке перечня мероприятий, направленных на обеспечение безопасности дорожного движения. Методически можно воспользоваться решением одной задачи для приближенного решения другой.

Заметим, что функции $P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N)$, $T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N)$ дискретны, что затрудняет решение задач. Наиболее просто решается задача (3). Для её решения удобно использовать критериальный подход, оценивая каждое мероприятие в отдельности по критерию P_i/T_i , который можно трактовать как приращение эффективности в единицу времени при выполнении i -го мероприятия. Такая трактовка критерия P_i/T_i вполне допустима, хотя формально об эффективности мероприятия, как о величине действительно определенной, можно говорить только по окончании мероприятия, т.е. в момент времени T_i , когда мероприятие выполнено. Это условие и является причиной дискретности исходных функций (6.1). Для функций P и T непрерывных во времени, параметр P/T имеет конкретный физический смысл как и величина dP/dT_i – приращение эффективности в единицу времени (производная эффективности по времени).

6.2.2 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗА МИНИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ, ОГРАНИЧЕННОЕ В ИНТЕРВАЛЕ (0, T_P) КРИТЕРИАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Рассмотрим более подробно задачу (3) . Для её решения был предложен критерий P_i/T_i . Покажем, что комплекс мероприятий, подобранных в порядке убывания величины P_i/T_i начиная с максимального и удовлетворяющий условию задачи (3):

$$T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) \leq T_P \quad (6.8)$$

будет являться решением рассматриваемой задачи. Исходная система имеет вид:

$$\min T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \min \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i \quad (6.9)$$

$$\max P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \max \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i \quad (6.10)$$

$$T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i \leq T_P \quad (6.11)$$

Пусть найдено решение этой системы, представленное вектором.

$$\alpha_0 = \alpha(\alpha_1^0, \dots, \alpha_N^0) \quad (6.12)$$

тогда система запишется в виде:

$$\min T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \min \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i^0 \quad (6.13)$$

$$\max P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \max \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i^0 \quad (6.14)$$

$$T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i^0 \leq T_P \quad (6.15)$$

Домножим первое уравнение системы на некоторую величину λ ($\lambda > 0$) и вычтем из второго уравнения системы:

$$\min T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \min \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i^0 \quad (6.16)$$

$$\max P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) - \min \lambda T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i^0 - \sum_{i=1}^N \lambda T_i \alpha_i^0 \quad (6.17)$$

$$T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i^0 \leq T_P \quad (6.18)$$

Полученная система равносильна следующей системе:

$$\min T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \min \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i^0 \quad (6.19)$$

$$\max P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) - \min \lambda T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i^0 - \sum_{i=1}^N \lambda T_i \alpha_i^0 \quad (6.20)$$

$$\sum_{i=1}^N T_i \alpha_i^0 \leq T_P \quad (6.21)$$

Рассмотрим второе уравнение системы (6.21). Значения функций P_{Σ} и T_{Σ} определены на положительной вещественной оси. Очевидно, что всегда найдется такая величина λ ($\lambda > 0$), что выполнится условие: $P_{\Sigma} > \lambda T_{\Sigma}$

Тогда будет справедливо следующее соотношение:

$$\max(P_{\Sigma} - \lambda T_{\Sigma}) = \max - \lambda \min T_{\Sigma} \quad (6.22)$$

Справедливо также и обратное

$$\max(P_{\Sigma} - \lambda \min T_{\Sigma}) = \max(P_{\Sigma} - \lambda T_{\Sigma}) \quad (6.23)$$

Тогда второе уравнение системы (6.21) с учетом (6.23) запишется в

$$\max(P_{\Sigma} - \lambda T_{\Sigma}) = \sum_{i=1}^N (P_i - \lambda T_i) \alpha_i^0 \quad (6.24)$$

Обозначим выражение, стоящее в скобках в левой части уравнения (6.24) через Q_{λ}

$$Q_{\lambda} = P_{\Sigma} - \lambda T_{\Sigma} \quad \text{или}$$

$$Q_\lambda = \sum_{i=1}^N (P_i - \lambda T_i) \alpha_i \quad (6.25)$$

Тогда, очевидно, задача заключается в нахождении экстремума функционала Q_λ при заданных фиксированных значениях λ ($\lambda > 0$), к удовлетворению третьему условию системы (3.42).

Пусть необходимо обеспечить максимум функционала Q_λ . Для этого в него должны быть включены все неотрицательные члены, а именно должно быть выполнено условие:

$$P_i - \lambda T_i \geq 0 \quad \text{или} \quad P_i / T_i \geq \lambda \quad (6.26)$$

Из последнего становится очевиден физический смысл величины λ : величина задает уровень параметра P_i / T_i , а следовательно, и ряд мероприятий, удовлетворяющих этому уровню λ и составляющих таким образом экстремум функционала Q_λ . Таким образом, решением системы (3.42) будет являться ряд мероприятий, составляющих экстремум функционала Q_λ к удовлетворяющих третьему условию системы

$$T_\Sigma(\alpha_1, \dots, \alpha_N) \leq T_P \quad (6.27)$$

Покажем связь между заданным ресурсом времени T_P и величиной λ . Так как ряд мероприятий, составляющих решение, отбирается по критерию (3.47) $P_i / T_i \geq \lambda$ вектор α суммарное время T_Σ зависят от величины λ :

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha(\lambda) \\ T_\Sigma &= T_\Sigma(\alpha(\lambda)) \end{aligned} \quad (6.28)$$

Тогда варьируя параметр λ , можно легко найти такое его значение, что суммарное время мероприятий, составляющих экстремум функционала Q_λ , будет удовлетворять условию:

$$T_\Sigma(\alpha(\lambda)) \leq T_P \quad (6.29)$$

Обозначим это значение λ через λ_p , а соответствующее ему значение $T_\Sigma T_j$ через T_p . Тогда комплекс мероприятий, соответствующих вектору $\alpha(\lambda_p)$, и будет являться решением системы (3.42):

$$\alpha^0 = \alpha(\lambda_p)$$

Поясним последнее с помощью диаграммы (рис. 6.3).

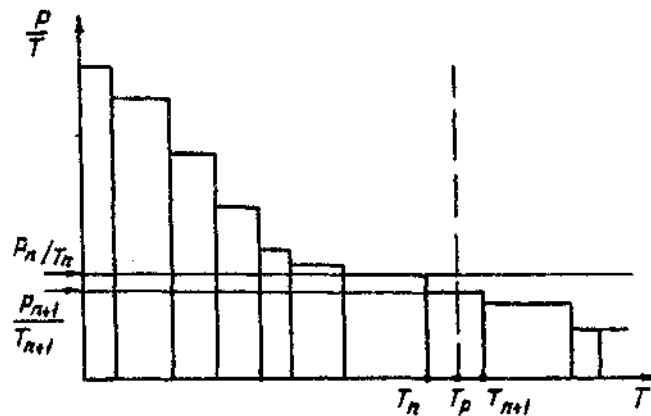


Рисунок 6.3 – Диаграмма

Решение системы (3.42) строится следующим образом: мероприятия на диаграмме расположены в порядке убывания параметра P_i/T_i . Последнее мероприятие, входящее в интервал $[0, T_p]$ и последующее, уже не лежащее в интервале, но возможно имеющее с ним общий отрезок пересечения (по оси T), обозначим через n и $n + 1$ соответственно. Тогда величины P_{n+1}/T_{n+1} P_n/T_n будут определять уровень параметра λ :

$$\frac{P_{n+1}}{T_{n+1}} \leq \lambda_p \leq \frac{P_n}{T_n} \quad (6.30)$$

Этому интервалу величины λ соответствует единственное значение $T_\Sigma(\alpha(\lambda_p)) \leq T_p$, где $\alpha(\lambda_p)$ описывает комплекс мероприятий, являющихся решением системы (3.42). Полученное решение позволяет утверждать, что большей эффективности, чем $P_\Sigma(\alpha(\lambda_p))$ за равное или меньшее время, чем $T_\Sigma(\alpha(\lambda_p))$ достигнуть невозможно.

Для построенного в порядке убывания параметра P_i/T_i ряда мероприятий этот вывод справедлив для каждого момента времени T_i .

Итак, в процессе решения задачи 3 был построен ряд мероприятий, обеспечивающий максимальную эффективность за минимальное время. Условие ограничения ресурса времени в этой задаче влияло лишь на количество мероприятий, подлежащих выполнению в соответствии с условием:

$$T_{\Sigma} \leq T_P$$

Алгоритм решения задачи 3 при этом не меняется.

Алгоритм решения задачи 2.

По условию задачи 1:

$$\max P_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \max \sum_{i=1}^N P_i \alpha_i \quad (6.31)$$

$$T_{\Sigma}(\alpha_1, \dots, \alpha_N) = \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i \leq T_P \quad (6.32)$$

необходимо обеспечить максимальный уровень эффективности при заданном ресурсе времени.

Рассмотрим отличие решения задачи 2 от решения задачи 3.

Решением задачи 2 будет являться комплекс мероприятий, обеспечивающий максимальную эффективность за ограниченное время, таким образом, в первой задаче, в отличие от третьей, не требуется обеспечения минимального времени при достижении максимальной эффективности. Это значит, что проигрывая во времени по сравнению с суммарным временем задачи 3 ($T_{\Sigma_3} = T_n$) (рис. 6.3), можно выиграть в суммарной эффективности:

$$P_{\Sigma_2} > P_{\Sigma_3} \quad (P_{\Sigma_3} = P_n)$$

Однако решение задачи 3 совпадает с решением задачи 2, когда $T_{\Sigma_3} = T_P$, так как большей эффективности за время меньшее или равное T_{Σ_3} ($T_{\Sigma_3} = T_n$) достичь невозможно. Пользуясь этим выводом, имеем довольно простую оценку суммарной эффективности P_{Σ_1} для первой задачи (рис. 6.3).

$$P_n \leq P_{\Sigma_1} \leq P_{n+1} \quad (6.33)$$

Этот интервал можно сузить, заменяя верхний предел P_{n+1} на величину $P_n + \Delta S$, где ΔS — площадь заштрихованная на рисунке 6.4.

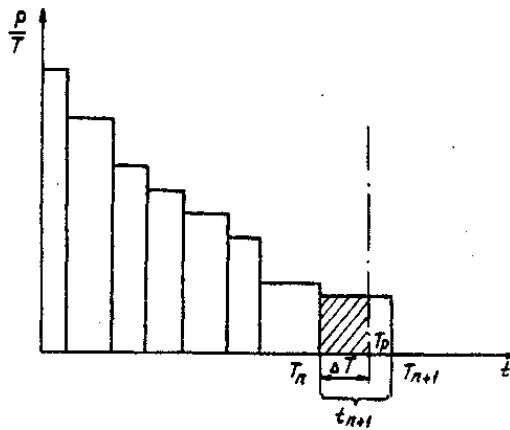


Рисунок 6.4 – Диаграмма

Она эквивалентна эффективности мероприятия P_{n+1} , если время его проведения равно $\Delta T = T_P - T_n$, то есть

$$\Delta S = \frac{P_{n+1}}{T_{n+1}} \Delta T$$

Все остальные оставшиеся мероприятия имеют величины параметров P_i/T_i меньшие, чем P_{n+1}/T_{n+1} , поэтому большей площади, чем ΔS , а следовательно, и большей эффективности за время ΔT получено быть не может (3.35).

Для удобства введем относительную величину δ :

$$\delta = \frac{\Delta S}{P_n}; \quad T_n < T_P$$

$$\delta = 0; \quad T_n = T_P$$

Тогда мы всегда сможем сказать, с какой относительной погрешностью суммарная эффективность P_{Σ_3} (для решения задачи 3) аппроксимирует суммарную эффективность P_{Σ_1} . В зависимости от величины δ можно судить, с какой степенью точности решение задачи 3 можно считать решением задачи 1. Если δ велика, то предлагается следующий метод поиска решения:

1. Оценим величину неиспользованного времени для комплекса мероприятий, являющегося решением задачи 3: $\Delta T = T_P - T_n$.

2. Сравним времена оставшихся мероприятий из упорядоченного ряда с величиной ΔT . При наличии мероприятий, времена которых удовлетворяют неравенству $t_i \leq \Delta T$, решаем на интервале ΔT задачу 3. Соответственно $P_{\Sigma} = P_{\Sigma_{3,\Delta T}}$. Если мероприятий, времена которых удовлетворяют условию $t_i \leq \Delta T$, нет, отбрасываем последнее мероприятие ряда, являющееся решением задачи 3 и решаем задачу 3 на расширенном интервале времени (рис. 6.5).

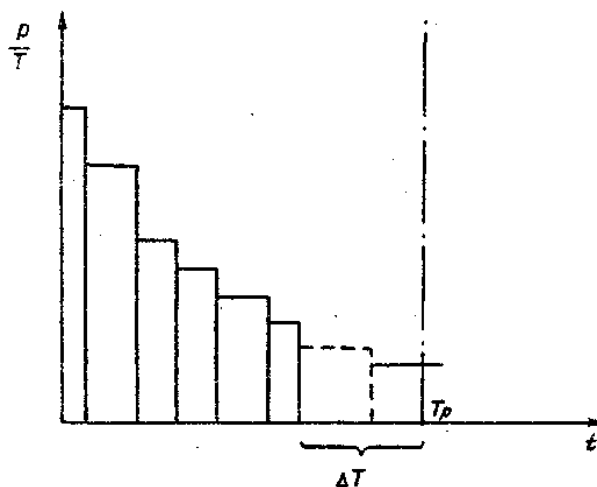


Рисунок 6.5 – Диаграмма

$$\Delta T + t_n$$

Выбирая мероприятия из оставшихся, за исключением отброшенного.

3. Находим относительную погрешность δ , предварительно сравнивая получившуюся суммарную эффективность с первоначальной P_{Σ_3} .

Решение задачи целесообразно вести подобным образом, отбрасывая мероприятия и расширяя временной интервал уточняя решения, пока не минимизируются величины

$$\Delta T = T_P - T_n \quad \text{и} \quad \delta = \Delta S / P_n$$

4. Проверка на замещение мероприятий упорядоченного ряда.

Из P_{n+1} (рис 6.4) надо вычесть P_i , для которых выполняется условие $t \geq \Delta T'$, где $\Delta T' = T_{n+1} - T_P$ и выбрать из них мероприятия с минимальной эффективностью P_i .

Если выполняется условие

$$P_{n+1} - P_i \rangle P_{\Sigma_3, \Delta T} \quad (6.34)$$

где $P_{\Sigma_3, \Delta T}$ - решение 3 задачи на интервале $\Delta T = T_P - T_n$, то исключаем мероприятие P_i из списка мероприятий, подлежащих выполнению. Суммарная эффективность тогда будет равна $P_\Sigma = P_n + P_{n+1} - P_i$.

Она по условию (3.50) больше, чем $P_\Sigma = P_n + P_{n+1} - P_{\Sigma_3, \Delta T}$, то есть P_Σ найденное в пункте 2, так как

$$P_n + P_{n+1} - P_i \rangle P_n + P_{\Sigma_3, \Delta T}$$

Полученные результаты позволяют оперативно решать задачу выбора мероприятий, обеспечивающих максимально возможную эффективность в условиях ограниченных ресурсов и дефиците времени. Область применения методики достаточно широка и определяется физическим смыслом, заложенным в эффективность мероприятий P_i , дефицит ресурсов и времени T . Это может быть областью обеспечения безопасности движения, эффективности выполнения учебных задач, модернизации и совершенства производственных процессов и другое.

6.3 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ

6.3.1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ

Оценка экономической эффективности мероприятий в различных отраслях экономики осуществляется в соответствии с межотраслевыми "Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов", утвержденными Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике № ВК 477 от 21.06.1999 г. При расчетах эффективности проектов и мероприятий, связанных с повышением безопасности движения на автомобильных дорогах, необходимо использовать основные положения межотраслевых рекомендаций с учетом специфических особенностей дорожной отрасли.

В основе оценки эффективности мероприятий лежат следующие основные принципы:

- оценка в течение расчетного периода всех видов затрат и результатов (эффектов), связанных с реализацией мероприятия;
- учет фактора времени при соизмерении результатов и затрат путем их приведения (дисконтирования) к начальному периоду, то есть приведение разновременных стоимостных показателей в сопоставимый вид;
- учет влияния инфляции, факторов неопределенности и риска.

Для оценки эффективности мероприятий используются различные показатели, базирующиеся на соизмерении затрат и результатов от реализации мероприятий. Наиболее часто рассчитывают чистый дисконтируемый доход (ЧДД) и срок окупаемости (T_0) мероприятий.

Чистый дисконтируемый доход или интегральный эффект от внедрения мероприятия определяют по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t)(1 + E)^{-t} , \quad (6.35)$$

где R_t - результаты от осуществления мероприятия на t -м шаге расчета;

Z_t – единовременные и текущие затраты при реализации мероприятия на том же шаге;

E – норма дисконта;

T – горизонт расчета (расчетный период сравнения вариантов);

t – номер шага;

$(1 + E)^{-1}$ – коэффициент дисконтирования.

На практике часто используется модифицированная формула для определения ЧДД. Для этого из состава затрат выделяют дисконтируемые капитальные вложения (K), определяемые по формуле

$$K = \sum_{t=0}^T K_t (1 + E)^{-1} \quad , \quad (6.36)$$

где K_t – капиталовложения на t -м шаге расчета.

Тогда формула для расчета ЧДД выглядит следующим образом

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^*) (1 + E)^{-1} - K \quad , \quad (6.37)$$

где Z_t^* – затраты на t -м шаге за вычетом капиталовложений.

Срок окупаемости инвестиций (T_0) – это минимальный временной интервал (от начала осуществления мероприятия), после которого ЧДД становится и в дальнейшем остается неотрицательным.

Мероприятие считается экономически эффективным, если ЧДД > 0, а срок окупаемости меньше заданного срока.

Кроме вышеуказанных критериев эффективности при сравнении вариантов дорожных мероприятий допускается использование показателей дисконтированных (приведенных) затрат (при равенстве конечных результатов их реализации) и дисконтированных (приведенных) эффектов (при равенстве затрат на их реализацию).

Для оценки эффективности мероприятий расчетный период разбивается на шаги, как правило, равные одному году. Затраты и результаты могут выражаться в текущих, прогнозных и дефлированных ценах.

Текущими называются цены без учета инфляции, заложенные в проект на момент его разработки; прогнозными - цены с учетом инфляции, ожидаемые на будущих шагах расчета; дефлированными - прогнозные цены, приведенные к уровню цен фиксированного момента времени путем деления на базисный индекс инфляции.

Определение эффективности любого мероприятия производится путем сравнения затрат и результатов, которые будут иметь место на транспорте и в сопряженных с ним отраслях в случае осуществления этого мероприятия (проектный вариант), с теми затратами и результатами, которые будут иметь место при отказе от его реализации (базовый вариант).

При сравнении вариантов с различными сроками службы продолжительность расчетного периода принимается по наиболее долговечному варианту. При этом в менее долговечных вариантах должны быть учтены дополнительные затраты на их усиление, замену или переустройство.

В составе затрат при расчете эффективности учитываются:

- капитальные вложения, необходимые для реализации мероприятий по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах;
- затраты на ремонт и содержание участков автомобильных дорог, на которых осуществляются подобные мероприятия;
- потери, связанные с изменением организации дорожного движения на время проведения работ по реализации мероприятий.

К результатам (эффектам), получаемым после проведения мероприятий, следует относить:

- сокращение капитальных вложений в автомобильный транспорт из-за улучшения дорожных условий;
- сокращение затрат на перевозку грузов и пассажиров в результате улучшения дорожных условий;
- сокращение потерь времени нахождения в пути грузов и пассажиров;
- сокращение потерь от дорожно-транспортных происшествий;
- сокращение экологических потерь.

6.3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ

Любые мероприятия, направленные на повышение безопасности движения, требуют привлечения соответствующих инвестиционных средств: денежных, имущественных, интеллектуальных. При этом сумма денежных средств определяется величиной капитальных вложений, направляемых на создание новых или модернизацию действующих фондов по обеспечению безопасности движения, а также затратами на ремонт и содержание этих дорожных фондов.

Величина капитальных вложений, необходимых для реализации мероприятий по повышению безопасности движения, определяется путем составления соответствующей проектно-сметной документации.

Состав и последовательность её разработки регламентирован "Инструкцией о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений" (СНиП 11-01-95) и "Методическими указаниями по определению стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации" (МДС 81-1.99).

Сметная документация, разрабатываемая в составе проекта, определяет сметную стоимость мероприятий, которая включает в себя все необходимые затраты на их реализацию, в том числе, затраты на выполнение строительно-монтажных работ, приобретение оборудования, проведение проектно-изыскательских и других работ.

Основным документом, определяющим полную стоимость мероприятий, является сводный сметный расчет, составляемый по форме №1. В форме №1 все затраты сгруппированы по 12 главам. Там же учитывается резерв на непредвиденные работы и затраты.

Основанием для составления сводного сметного расчета служат локальные и объектные сметы, рассчитываемые по форме (6.4), а также сметные локальные расчеты. Стоимость каждой работы, определяемой в сметах, должна учитывать прямые затраты, связанные с выполнением работ, накладные расходы, необходимые для организации и управления строительным производством, а также величину сметной прибыли.

В настоящее время применяют различные методы расчета прямых затрат, связанных с выполнением строительно-монтажных работ. Наибольшее распространение получили ресурсный, базисно-индексный и ресурсно-индексный методы.

Для определения стоимости работ в базисном уровне 2000 года используют сборники федеральных единичных расценок (ФЕР-2001) и разработанные на их основе территориальные сборники единичных расценок (ТЕР).

Накладные расходы можно рассчитывать двумя способами: в процентах от величины прямых затрат или в процентах от величины заработной платы рабочих (ФОТ). Почти также можно определить сметную величину прибыли, которая принимается в процентах от себестоимости работ (суммы прямых затрат и накладных расходов) или от величины ФОТ.

Выбор метода и способа расчета сметной стоимости работ зависит от их вида, наличия сметно-нормативной базы, требуемой полноты и точности расчета.

6.3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ

Эффект от проведения мероприятий по повышению безопасности движения равен величине потерь, устраняемых в процессе реализации мероприятия. Их величина определяется разницей значений экономических показателей до и после проведения соответствующих мероприятий.

Эффект от сокращения капитальных вложений в автомобильный транспорт в году t определяется по формуле (6.38):

$$\Delta K_{at} = \sum_{i=1}^n (K_{ait}^{\bar{o}} - K_{ait}^n) \quad (6.38)$$

$K_{ait}^{\bar{o}}, K_{ait}^n$ – капитальные вложения в автомобильный транспорт, осуществляющий перевозки на i -м участке дорожного сооружения соответственно до и после проведения мероприятий;

n – количество участков дорожного сооружения.

Капитальные вложения в автомобильный транспорт для t -го года рассчитываются по формуле:

$$K_{at} = 365 \sum_{j=1}^m \frac{A_{jt} N_{jt}}{T_{at}} \left(\frac{L}{V_{jt}^n} + t_t^3 \right), \quad (6.39)$$

где A_j – удельные капитальные вложения в автомобильный транспорт на один автомобиль j -го типа, включая предприятия автомобильного транспорта и подвижной состав;

T_{aj} – количество часов работы на линии одного автомобиля в течение года, ч;

N_{jt} – среднегодовая суточная интенсивность движения автомобилей j -го типа на участке, авт/сут;

L – протяженность участка дорожного сооружения, км;

V_{jt} – средняя скорость движения автомобилей j -го типа, км/ч;

t_t^3 – среднее время задержки (простоя) одного автомобиля на сложных для движения участках (пересечения автомобильных дорог, железнодорожные переезды, подъемы с большими продольными уклонами и т.п.), ч.

Эффект от снижения себестоимости перевозок грузов и пассажиров в год t определяется по формуле:

$$\Delta C_{at} = \sum_{i=1}^n (C_{ait}^{\bar{}} - C_{ait}^n), \quad (6.40)$$

где $C_{ait}^{\bar{}}$, C_{ait}^n – затраты на осуществление перевозок грузов и пассажиров на i -м участке дорожного сооружения соответственно в базовых и проектных условиях.

Годовые затраты на осуществление перевозок, то есть себестоимость перевозок рассчитывается по формуле:

$$C_{at} = 365 \sum_{j=1}^m N_{jt} (S_{jt} L + S_{jt}' t_t^3), \quad (6.41)$$

где N_{jt} – среднегодовая суточная интенсивность движения автомобилей j -го типа, авт/сут;

L – протяженность участка, км;

S_{jt} – средняя себестоимость 1 авт.-км пробега автомобилей j -го типа;

t_t^3 – среднее время задержки одного автомобиля на сложных участках, ч;

S'_{jt} – затраты на 1 ч простоя автомобиля j -го.

Себестоимость авт.- км пробега j -го типа автомобиля в зависимости от дорожных условиях находится из следующего выражения:

$$S_j = S_{неpj} + \frac{S_{посmj} + d_j}{V_j}, \quad (6.42)$$

где $S_{неpj}$, – расчетное значение переменных затрат на 1 км пробега автомобиля j -го типа;

$S_{посmj}$ – расчетное значение постоянных (не зависящих от пробега) затрат на 1 ч работы автомобиля j -го типа;

d_j – часовая заработная плата водителя автомобиля j -го типа;

V_j – средняя скорость движения j -го типа автомобилей на участке, км/ч.

Расчетная величина затрат на 1 ч простоя автомобилей j -го типа определяется по формуле:

$$S'_j = S_{посmj} + d_j, \quad (6.43)$$

Эффект от сокращения времени пребывания в пути пассажиров в году t определяется по формуле:

$$\Delta P_t = \sum_{i=1}^n (P_{it}^{\bar{o}} - P_{it}^n), \quad (6.44)$$

где $P_{it}^{\bar{o}}, P_{it}^n$ – общественные потери, связанные с затратами времени насе-

ления на поездки на i -м участке дорожного сооружения (дорожной сети) соответственно в базовых и проектных условиях.

Годовые потери, связанные с затратами времени населения на поездки, рассчитываются по формуле

$$P_t = 365C_t^{nac} \left[N_t^l B^l \left(\frac{L}{V_t^l} + t_t^3 \right) + N_t^{авт} B^{авт} \left(\frac{L}{V_t^{авт}} + t_t^3 \right) \right], \quad (6.45)$$

C_t^{nac} – средняя величина потерь народного хозяйства в расчете на 1 чел./ч пребывания в пути пассажиров;

N_t^l, N_t^{fdn} – среднегодовая суточная интенсивность движения соответственно легковых автомобилей и автобусов на участке, авт./сут;

$B^l, B^{авт}$ – среднее количество пассажиров в одном легковом автомобиле и автобусе;

$V_t^l, V_t^{авт}$ – скорость движения легковых автомобилей и автобусов на участке, км/ч.

Эффект от снижения количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в результате улучшения дорожных условий в году t определяется по формуле:

$$\Delta D_t = \sum_{i=1}^n (P_{it}^{\bar{o}} - P_{it}^n) \quad , \quad (6.46)$$

где $P_{it}^{\bar{o}}, P_{it}^n$ – потери от ДТП на i -м участке дорожного сооружения соответственно для базовых и проектных условий

Ежегодные потери от ДТП на участке с однородными дорожными условиями рассчитывают по формуле:

$$P_{it} = 3,65 \times 10^{-4} a_t P_{cpt} m_T N_{it} L_i \quad , \quad (6.47)$$

где a_t – количество дорожно-транспортных происшествий на 1 млн. авт./км;

$P_{\text{срт}}$ – средние потери от одного дорожно-транспортного происшествия в t -м году;

m_T – итоговый стоимостный коэффициент, учитывающий тяжесть дорожно-транспортных происшествий;

N_{it} – среднегодовая суточная интенсивность движения на i -м участке, авт./сут;

L_i – протяженность участка с однородными дорожными условиями, км.

Количество дорожно-транспортных происшествий в различных дорожных условиях устанавливается в соответствии с "Инструкцией по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании автомобильных дорог".

Средние потери от одного ДТП в t -м году определяют в соответствии с "Методикой оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий" (Р-03112199-0502-00).

Итоговый коэффициент, учитывающий тяжесть дорожно-транспортных происшествий, определяется как произведение частных коэффициентов (m_i):

$$m_T = m_1 \times m_2 \times \dots \times m_i \times \dots \times m_n, \quad (6.48)$$

Уменьшение экологических потерь следует определять по действующим в настоящее время методикам, принимая во внимание:

- потери от загрязнения воздушной среды;
- потери от акустического воздействия на окружающую среду;
- потери от загрязнения водной среды;
- потери от загрязнения почвы.

Так как экономические и социальные эффекты от улучшения дорожных условий весьма разнообразны, то допускается использование других методов расчета при условии обязательной аргументации возможности их применения и наличия соответствующей исходной информации.

6.3.4 РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

При технико-экономическом проектировании мероприятий определение их экономической эффективности необходимо выполнять с учетом специфики сравниваемых вариантов, которая включает:

- назначение вариантов, подлежащих сравнению, в соответствии с заданной интенсивностью, составом и направлением движения, топографическими и гидрогеологическими условиями местности, особенностями режимов движения и другими конкретными условиями;

- определение общих для всех вариантов границ, в пределах которых следует сравнивать варианты;

- определение технических параметров каждого из вариантов, влияющих на их экономическую эффективность (скорости движения потоков автомобилей, количество дорожно-транспортных происшествий и их тяжесть, площади занимаемых земель, суммарные потери времени от простоев транспортных средств и прочие);

- определение дифференцированных показателей затрат и результатов (эффектов) с учетом особенностей вариантов.

Основными техническими вопросами при обоснованиях являются:

- прогноз изменения интенсивности и состава движения;
- оценка скоростей движения потоков автомобилей;
- оценка пропускной способности автомобильных дорог;
- определение технического (морального) срока службы элементов дороги с учетом предполагаемых мероприятий по обеспечению безопасности движения.

Мероприятия по снижению аварийности и транспортного травматизма на автомобильных дорогах могут быть разделены на три группы:

- запланированные решения с изменением плана и профиля дороги, сооружением транспортных развязок в разных уровнях, подземных пешеходных переходов, обходов крупных населенных пунктов и тому подобное;

- инженерное оборудование дороги;

– применение технических средств организации движения.

Эти мероприятия могут осуществляться поотдельности или совместно.

Оценку эффективности мероприятий рекомендуется выполнять в системе электронных таблиц Microsoft Excel. По таблицам:

– для каждого из рассматриваемых мероприятий формируются необходимые для расчета исходные данные: основные параметры сооружения, удельные показатели дорожных затрат, технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта и прогнозируемые размеры интенсивности движения с учетом состава транспортного потока.

– производится расчет суммы дисконтированных затрат, связанных с обеспечением транспортного процесса для базового варианта (при отказе от осуществления мероприятия);

– производится расчет алгебраической суммы дисконтируемых затрат и эффектов (величина эффектов принимается со знаком "минус"), связанных с обеспечением транспортного процесса для проектного варианта, а также определение показателей эффективности мероприятия (чистого дисконтируемого дохода, срока окупаемости).

Ниже излагается рекомендуемый порядок обоснования мероприятий по повышению безопасности движения на автомобильных дорогах.

При экономическом обосновании запланированных решений обходов населенных пунктов:

– определяются варианты проектных решений;

– устанавливаются общие для всех вариантов границы, в пределах которых производится сравнение;

– определяются технические параметры каждого варианта, влияющие на размеры результатов и затрат (протяженность участков с различными характеристиками рельефа, интенсивность и состав движения, средние технические скорости движения автомобилей, графики коэффициентов аварийности, данные о ценности занимаемых земель);

– рассчитываются показатели эффективности затрат по вариантам и вы-

бирается наилучший вариант реализации мероприятия.

При расширении проезжей части дороги

– устанавливаются варианты ширины проезжей части и краевых укрепленных полос таким образом, чтобы можно было построить кривую зависимости показателя эффективности от величины исследуемого параметра;

– по каждому из сравниваемых вариантов рассчитываются объемы работ, средняя скорость транспортного потока и вероятное число ДТП;

– определяют показатели затрат и эффектов по каждому варианту (капитальные вложения в устройство проезжей части и краевых полос, затраты на ремонт и содержание дороги, затраты на автотранспортные перевозки, потери от ДТП, потери времени пассажиров в пути), и по их величине выбирают наиболее экономически эффективный вариант.

6.4 О МЕТОДОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

6.4.1 НОРМАТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ

Уровень безопасности дорожного движения в значительной степени определяется качеством управления системой ВАДС и её отдельными элементами. Управлению подлежат все процессы функционирования данной системы, в первую очередь планирование, организация и выполнение дорожного движения, их обеспечение, а при необходимости – процессы подготовки обслуживающего персонала и водительского состава, разработки и испытания новых транспортных средств, а также структурные изменения самой системы.

Выработка управления и контроль правильности его реализации могут осуществляться разными путями. Одним из таких путей является путь, базирующийся на нормативном прогнозировании. Суть нормативного прогнозирования заключается в следующем:

1. Разрабатывается прогнозная модель, позволяющая оценивать вероятность благополучного завершения движения при заданных условиях выполнения и варианте управления, варианте обеспечения.

2. Проводятся систематические расчеты всего множества планируемых рейсов при различных вариантах управления и определения ожидаемого числа дорожно-транспортных происшествий.

3. Выбирается такой вариант управления, который обеспечивает минимум дорожно-транспортных происшествий. Этот вариант и принимается за норму.

Необходимым условием нормативного прогнозирования является детальное наблюдение за функционированием системы. Оно необходимо для

- разработки прогнозной модели и идентификации её параметров;
- собственно прогнозирования, при котором необходимо знать реальное состояние системы.

Объем и потребная детальность и оперативность наблюдения требуют автоматизации всех его основных процессов.

6.4.2 АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Для накопления информации и возможности ее использования, как для нормативного прогнозирования, так и для задач обеспечения повседневной деятельности АТП (планирование, учет, отчетность) необходимо создание в памяти ЭВМ, так называемых баз данных и разработка программ системы управления базами данных.

База данных представляет собой упорядоченную структуру хранения информации как в оперативной памяти машины, так и на носителях (диски и тому подобное). Для обеспечения работы базы данных математическое обеспечение предусматривает наличие системы управления базой данных (СУБД). Разработка СУБД представляет собой сложную самостоятельную математическую задачу.

К базе данных автоматизированных информационных систем АТП помимо общеизвестных предъявляются следующие специфические требования:

1. База данных автоматизированных информационных систем (АИС) автотранспортного предприятия должна содержать всю информацию, необходи-

мую для планирования и организации повседневной деятельности АТП, с учетом всех требований обеспечения безопасности движения и выполнения грузовых и пассажирских перевозок и для уточнения информационной модели системы ВАДС.

2. Структура базы данных должна позволять как наращивать базы новыми объектами, так и вводить новые атрибуты для существующих.

3. Объем базы данных должен позволить размещать её в ПЭВМ относительно невысокого класса.

4. При переходе водителя на новое место работы или передаче транспортных средств в другое АТП должна быть обеспечена возможность одновременной передачи всего информационного массива, относящегося к этим объектам.

5. Простота и время выборки должны быть минимальными при решении наиболее часто встречающихся задач.

6. Информация базы данных должна быть защищена как от несанкционированного обновления информации, так и от несанкционированного считывания.

6.4.3 МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Как известно, объектом теории безопасности движения является система ВАДС и её элементы, а предметом исследования – закономерности возникновения и развития особых (опасных) ситуаций. Учитывая, что выявление всех опасных ситуаций возможно только при использовании автоматизированной обработки дорожной информации, необходима разработка методов автоматизации оценки опасности опасных ситуаций.

В математическом аспекте подход базируется на теории распознавания образов.

Задача распознавания образов – есть задача определения типа объекта или процесса по качественным или количественным признакам, его описывающим.

Исходные данные – множество объектов или процессов, для каждого из которых известно описание в виде набора признаков и известно, к какому из возможных классов этого множества оно принадлежит. Задача - построить по этой информации такое правило, с помощью которого можно было бы достоверно классифицировать вновь появляющийся объект. Это правило ищется путем построения разделяющей гиперплоскости в многомерном пространстве признаков (рисунок 6.6).

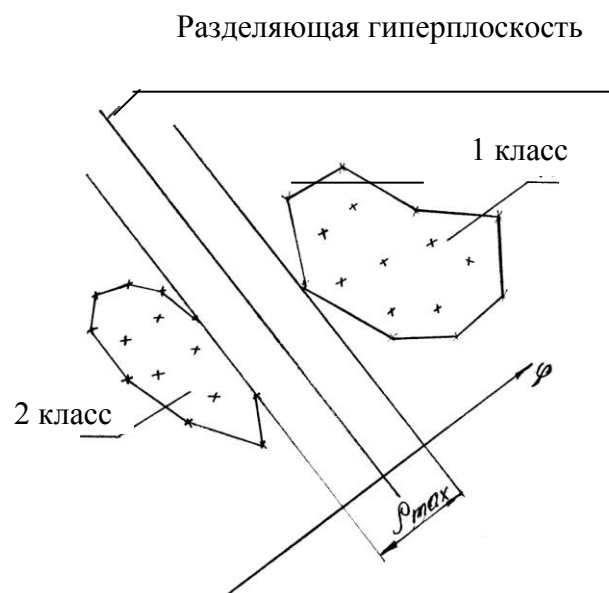


Рисунок 6.6 – Схема построения разделяющей гиперплоскости в многомерном пространстве признаков

Предполагается, что расстояние между проекциями на направление превосходит заданную константу. Если это условие не выполнено, то есть максимальное расстояние между проекциями оказывается меньше этой константы (или проекциями перекрывается), то из обучающей выборки исключается вектор, наиболее препятствующий успешному разделению. Поиск продолжается до тех пор, пока либо задача не будет решена, либо число исключенных векторов не превзойдет заданную долю числа векторов в обучающей выборке.

Классификация новых состояний объекта осуществляется по положению вектора, их описания относительно найденной плоскости.

Контроль качества построенного решающего правила проводится по экзаменационной выборке.

Процесс обучения распознаванию можно разбить на 3 последовательно выполняемых этапа:

- построение признакового пространства;
- построение оптимальной разделяющей гиперплоскости;
- контроль качества построенной гиперплоскости по экзаменационной выборке.

В целом задача обучения распознаванию сводится к следующему. Различные состояния объекта предъявляются для обучения распознаванию в виде матрицы векторов. Каждая строка матрицы представляет собой p -мерный вектор значений признаков, являющихся обезразмеренными переменными каждого объекта. При этом очень важно, чтобы совокупность признаков в наибольшей степени характеризовала различия возможных состояний объекта. Кроме того, от размерности признакового пространства в значительной степени зависит вычислительная сложность процедур обучения распознаванию и достоверность самого распознавания.

Для сокращения размерности пространства признаков используется переход к дискретному их описанию. Весь диапазон изменения значений каждого признака разбивается специальным образом на интервалы. Разбиение осуществляется последовательно каждый раз на большее число интервалов.

При каждом варианте разбиения определяется степень информативности каждого признака. Величина информативности определяется по обучающей выборке. Физически она показывает, насколько эффективно признак при данном разбиении на интервалы способствует правильному распознаванию состояний объекта. Кроме этого, данная процедура позволяет исключать из обучения распознаванию малоинформативные признаки.

На втором этапе обучения распознаванию строится оптимальная разделяющая гиперплоскость.

Теоретические основы этого этапа состоят в следующем. Два конечных множества векторов

$$X = \{x_1, \dots, x_a\}$$

$$X = \{\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_b\} \quad (6.49)$$

разделимы ориентированной гиперплоскостью, если существует такой вектор φ , что выполняются неравенства:

$$\begin{aligned} x_i^T \varphi &\geq c, \quad i = 1, \dots, a, \\ x_j^T \varphi &\leq c, \quad j = 1, \dots, b, \end{aligned} \quad (6.50)$$

где c – некоторая константа.

Среда всех φ есть φ_0 , определяющий такое направление, на котором проекции множеств x и \bar{x} наиболее отстоят друг от друга.

$$\varphi_0 = \arg \max_{\varphi} \left[\min_{x_i \in X} x_i^T \varphi - \max_{x_j \in \bar{X}} x_j^T \varphi \right] \quad (6.51)$$

Этот вектор φ_0 назван оптимальным, а полученная с его помощью гиперплоскость

$$x y_0 = c_0,$$

где

$$c_0 = \frac{\min x_i^T \varphi_0 + \max x_i^T \varphi_0}{2}, \quad (6.52)$$

оптимальной разделяющей гиперплоскостью.

Основной задачей является отыскание оптимального направляющего вектора φ_0

Построение оптимального направляющего вектора φ_0 эквивалентно решению задачи отыскания максимума функционала

$$W(\alpha) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \alpha_{ij} - \frac{1}{2} \varphi^T \varphi, \quad (6.53)$$

где

$$\varphi = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \alpha_{ij}$$

$$z = \{z_{ij} = x_i - \bar{x}_j\}, \quad i = 1, \dots, a, \quad j = 1, \dots, b$$

всего a, b элементов.

α_{ij} – точка траектории движения к максимуму функционала $W(\alpha)$

Отыскав максимум функционала $W(\alpha)$, считается, что оптимальная разделяющая гиперплоскость построена. Она задана вектором:

$$\varphi = \sum_{i=1}^L \alpha_i (x_i - \bar{x}_i) \quad (6.54)$$

и числом

$$R = 0,5(x_* \varphi^T + \bar{x}_* \varphi^T), \quad (6.55)$$

где x_* и \bar{x}_* векторы разных классов, ближайšie к гиперплоскости;

Контроль качества построенного решающего правила осуществляется по достоверности распознавания экзаменационной выборки. Экзаменационная выборка – это последовательность векторов, не участвовавших в построении решающего правила, но принадлежность к классам опасности опасных ситуаций которых известна. Достоверность распознавания оценивается отношением числа правильно распознанных векторов к общему числу векторов экзаменационной выборки данного класса.

6.5 КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Комплексной программой обеспечения безопасности дорожного движения называется система мероприятий проводимых в едином комплексе на всех стадиях создания, испытаний и эксплуатации конкретных транспортных средств, с целью обеспечения безопасности движения заданного уровня.

Разработка комплексной программы производится для каждого типа транспортного средства, однако в ее основе должны быть общие принципы, которые можно сформулировать следующим образом:

1. **Реальность.** Разработка комплексной программы должна базироваться на реальной возможности совокупными свойствами транспортной системы обеспечить заданный уровень безопасности движения. Низкий уровень аварийности достигается созданием технически совершенного ТС и его функциональных систем, высокими профессиональными качествами инженерно-технических работников, водительского и обслуживающего персонала, технически совершенными средствами и методами обеспечения безопасности дорожного движения, обслуживания и ремонта ТС.

2. **Комплексность.** При выполнении всех работ в рамках программы на всех этапах создания транспортных средств, подготовки водителей и обслуживающего персонала и выполнения движения должен применяться системный подход, под которым понимается систематизированный способ мышления, в соответствии с которым процесс обоснований решений базируется на определении общей цели системы и последовательном подчинении этой цели деятельности множества подсистем, планов их развития, а также показателей и стандартов работы.

Проблема снижения аварийности включает в себя комплекс проблем по градостроительству, дорожному строительству, организации и управлению движением, автомобилестроительству, эксплуатации ТС, подготовке водителей и других.

3. **Этапность.** Она заключается в специфике работ по обеспечению безопасности движения при разработке, производстве и эксплуатации ТС.

4. **Непрерывность.** Выполняются работы по всем необходимым направлениям при создании ТС на каждом из этапов создания транспортных средств, подготовки водительского состава и эксплуатации с применением количественных методов оценок и последовательного повышения их достоверности по мере разработки и эксплуатации ТС.

5. **Своевременность.** Заключается в проведении планирования испытаний, материально-техническом и методическом обеспечении всех работ в установленные сроки.

6. **Ответственность.** Это отчетность конкретных исполнителей каждого из направлений на каждом из этапов работ за объем, достоверность и сроки.

Комплексная программа реализуется на этапах разработки технического предложения и создания эскизного проекта, создания технического проекта, государственных испытаний, серийного производства и массовой эксплуатации. Для каждого из указанных этапов программой предусматривается комплекс работ, направленность и содержание которых определяется спецификой этапа.

Основная направленность работ по обеспечению безопасности дорожного движения на этапе разработки технического предложения и создания эскизного проекта, а также на этапе создания технического проекта состоит в разработке модели безопасности дорожного движения для расчетной оценки закладываемого при проектировании уровня БДД и тех мероприятий технического характера, которые должны реализовать этот уровень. На этапе государственных испытаний основная направленность работ состоит в оценке выполнения требований по обеспечению безопасности движения, в определении эксплуатационных ограничений ТС.

Работы по повышению безопасности дорожного движения на этапе серийного производства связаны с повышением надежности ТС, совершенствования его конструкции, разработкой и внедрением прогрессивных технологиче-

ских процессов, устранением производственных недостатков, обнаруженных при испытаниях.

На этапе массовой эксплуатации основными направлениями работ по повышению безопасности дорожного движения являются:

- оценка соответствия фактического уровня безопасности дорожного движения заданному;

- разработка на основе анализа неисправностей, исследования технического ТС, разработки предложений по повышению надежности ТС и безопасности движения;

- разработка мероприятий по предупреждению опасных ситуаций и уменьшению степени их опасности;

- совершенствование системы сбора, систематизации объективной информации из эксплуатации ТС;

- разработка режимов движения ТС с учетом эксплуатационных ограничений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение безопасности дорожного движения при организации перевозок пассажиров и грузов транспортными средствами, одна из главных задач коллективов соответствующих автотранспортных предприятий, осуществление которой возлагается в первую очередь на инженерно-технических работников, перед которыми должны быть четко распределены зоны ответственности, как по уровням власти, так и по различным ведомствам.

Для предупреждения дорожно-транспортных происшествий, важное значение имеет наличие всесторонних знаний, по обеспечению БДД у водителей и всех должностных лиц, ответственных за эксплуатацию транспортных средств. Однако получить такие знания сейчас совсем не просто. Парк машин постепенно стареет, новые транспортные средства закупаются в малом количестве, не хватает средств обслуживания и ремонта, к тому же он находится в ведении многих министерств и ведомств, при этом растет число машин частных владельцев. В стране действуют как международные, государственные так и ведомственные нормативы, что придает некоторую разобщенность в вопросе обеспечения безопасности дорожного движения.

Для того, чтобы понять, что ожидает нас завтра, необходимо оценить развитие тенденций набирающих силу сейчас.

Список литературы

1. Амбарцумян В.В., Шкрабак В.С., Шкрабак В.В. и др. Системный анализ проблем обеспечения безопасности дорожного движения. – С-Пб,.; изд-во СПГАУ, 1999. – 350 с.
2. Амбарцумян В.В., Бабанин В.Н. и др. Безопасность дорожного движения. – М.: Машиностроение, 1999. – 335 с.
3. Адоман В.В. Стохастические системы. – М.: Мир, 1987. – 376 с.
4. Аничкин Б.Л. и др. Математическая статистика /Учебное пособие. Харьков. – 1992. – 113 с.
5. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1993. – 215 с.
6. Белов В.В. Теория графов: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 1976. – 392 с.
7. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. – М.: АКАДЕМА, 2003. – 506 с.
8. Бершадский В.Ф., Дудко Н.И. Безопасность дорожного движения: Справ. пособие. – Мн. : Ураджай, 1990. – 271 с.
9. Боровской Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. Анализ дорожно-транспортных происшествий. – Л.: Лениздат, 1984. – 305 с.
10. Бочаров Е.В., Замета М.Ю., Волошинов В.С. Безопасность дорожного движения. Справочник. - М.: Транспорт, 1983. – 284 с.
11. Богданов Ю.И. Основная задача статистического анализа данных, корневой подход. – М.: МИЭТ, 2002. – 95 с.
12. Буралев Ю.В. Безопасность жизнедеятельности на транспорте. – М.: АКАДЕМА, 2004. – 288 с.
13. Благуш Петр. Факторный анализ с обобщениями // Пер. с чеш. Ю.А. Данилова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 246 с.
14. Бранд З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работ и инженеров//З. Бранд. Пер. с англ. – М.: Мир, 2003. – 696 с.
15. Безопасность дорожного движения: Учеб. пособие / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Машиностроение, 1999. – 335 с.
16. Ватутин В.А. Вероятностные методы в физических исследованиях. – М.: Наука, 1985. – 207 с.

17. Ветлинский В.Н., Осипов А.В. Автоматические системы управления автотранспорта. – С-Пб. : Машиностроение, 1986. – 200 с.
18. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – М.: Высшая школа, 2001. – 208 с.
19. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Учебник для вузов 7 – е изд. стереотип. – М.: Высшая школа, 2001. – 575 с.
20. Вентцель Е.С., Овчаров А.А. Задачи и упражнения по теории вероятностей. Учебное пособие для вузов 3 – е изд. стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 366 с.
21. Вентцель Е.С., Овчаров А.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Учебное пособие для вузов 2 – е изд. стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.
22. Волошин Г.Я. Анализ дорожно-транспортных происшествий/ Г.Я. Волошин, В.П. Мартынов, А.Г. Романов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
23. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – С-Пб, 2001. – 512 с.
24. «Внешняя» безопасность автомобиля// Автостроение за рубежом. – №1, 2008. – С. 34 – 37.
25. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. (Учебное пособие для ВУЗов по специальности экономика и организация автомобильного транспорта). – Киев.: Вища школа, 1987.– 197 с.
26. Гальянов И.В. Прогнозирование числа дорожно-транспортных происшествий и пострадавших в них. – Сб. науч. трудов. ”Теоретические и практические аспекты охраны труда в АПК”. – Орел: ВНИИОТ, 1995. – С. 96 – 101.
27. Гержодов В.И. и др. Техническое состояние автомобилей и безопасность движения. – Киев.: Техника, 1978. – 151 с.
28. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1971. – 478 с.
29. Гмурман В.Е. Руководство по решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Учебное пособие для вузов 8 – е изд. стереотип. – М.: Высшая школа, 2003. – 405 с.
30. Гудз Г.С. Исследование режима тормозных механизмов автомобильных колес методами физического и математического моделирования// Дисс. канд. техн. наук. – Львов, 1971. – 137 с.

31. Гуревич Л.В., Меламуд Р.А. Тормозное управление автомобиля. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.
32. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда. – М.: Высш. шк, 2005. – 382 с.
33. Государственный доклад по безопасности дорожного движения // STOP газета. – 2006, №9. – С. 1 – 23.
34. ГОСТ 20911 – 89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Госкомстандарт, 1990. – 13 с.
35. ГОСТ 22895 – 77. Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. Нормативы эффективности. Общие технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 22 с.
36. ГОСТ Р 51079-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – Введ. 01.02.2001. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 27 с.
37. Давидовская И.Л. Автотранспорт на балансе организации. – М.: МЦФЭР, 2001. – 219 с.
38. Дегтяренко В.Н. Автомобильные дороги и автомобильный транспорт промышленных предприятий. – М.: Высш. шк., 1981. – 261 с.
39. Дорожно-транспортный травматизм в Российской Федерации 2003 – 2006 гг./ГУ Национальный НИИ общественного здоровья РАМН [Электронный ресурс] <http://www.healthroad.ru>.
40. Дьяков А.В. Безопасность движения автомобилей ночью. – М.: Транспорт, 1984. – 201 с.
41. Евстигнеев В.А. Применение теории графов в программировании. М.: Наука, 1985. – 352 с.
42. Емелькин Г. О четырех ногах //За рулем. – 2005, №10 С. 242 – 243.
43. Ермаков Ф.Х. Повышение безопасности движения на перекрестках улиц, пешеходных переходах и пересечениях дорог путем совершенствования организационно-технических мероприятий //Дисс. докт. техн. наук. – С-Пб. – 1998. – 530 с.
44. Живонищев Ф.А., Иванов В.А. Регрессионный анализ в экспериментальной физике. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 208 с.
45. Жерондо Крисман. Безопасность движения прошлое, настоящее, будущее. // Пер. с фран. под редакцией Жулева В.И. – М.: Юридическая литература.

тура, 1983. – 224 с.

46. Заикин Я.Х. Техническое состояние автомобилей и безопасность движения/ Я.Х. Заикин [и др]. – М.: Транспорт, 1987. – 199 с.

47. Заикин Я.Х. и др. Автомобильный поезд и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1991. – 123 с.

48. Залуга В.П., Булейко В.Я. Пассивная безопасность автомобильной дороги. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.

49. Зингер Г.А., Пархаче А.Д. За пять секунд до аварии: Водителю о безопасности дорожного движения. – М.: Прометей, 1990. – 222 с.

50. Зыков А.А. Основы теории графов. – М.: Наука, 1987. – 382 с.

51. Ивуть Р.Б. Статистика автомобильного транспорта: Учеб. пособие. – Минск: Изд-во БНТУ, 2003. – 231 с.

52. Илларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. – М.: Транспорт, 1989. – 371 с.

53. Исследования по прикладной теории графов // Академия наук СССР, Сиб. отд – ние, В.Ц.; отв. Ред. А.С. Алексеев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд – ние, 1986. – 167 с.

54. Изменения №1 ГОСТ Р 51709 – 2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки (с изменениями от 26 августа 2005 г.). – М.: Госстандарт России, 2006. – 36 с.

55. Касаткин Ф.П., Баженов Ю.В. Безопасность перевозок грузов и пассажиров: Учеб. пособие. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 1998. – 137 с.

56. Кашерон П., Линт Дж. Теория графов, теория кодирования и блок – схемы / Пер. с англ. Б.С. Стеченко. – М.: Наука, 1980. – 139 с.

57. Каток А.Б., Хассельблат Б. Введение в современную теорию динамических систем / Пер. с англ. – М.: Факториал, 1999. – 667 с.

58. Кисляков В.М. и др. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов / В.М. Кисляков, В.В. Филиппов, И.А. Школяренко. – М.: Транспорт, 1979. – 199 с.

59. Корнилов Е.И., В.Н. Поляков, Юрченко Ю.В. Основы безопасности движения: Учеб. пособие. – М.: изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 100 с.

60. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1991. – 183 с.

61. Кондратьев В.В. «Повышение безопасности дорожного движения в

2006 – 2012 годах» (Комментарии к основным положениям Федеральной целевой программы). // Автомобильный транспорт. – 2006, №3. – С. 36 – 42.

62. Котик М.А. Беседы психолога о безопасности дорожного движения. – М.: Транспорт, 1990. – 141 с.

63. Кожевников Ю.В. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 2002 – 414 с.

64. Колемаев В.А. Теория вероятностей и математическая статистика. – Учеб. Для вузов. – М.: ЮНИТИ, 2003. – 352 с.

65. Кондратьев В.В. Анализ аварийности на дорогах России и за рубежом // Автомобильный транспорт. – 2004, №6 С. 6 – 8.

66. Конюховский П.П. Математические методы исследования операций. – М, 2002. – 284 с.

67. Коневцов М.Д. Математические модели колес седельного автопоезда // Автомобильная промышленность. – №12, 2004. – С. 21 – 24.

68. Королюк В.С., Портенко Н.И. Скороход А.В. и др. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Наука, 1985. – 640 с.

69. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования / Под ред А.А. Саморского. – М.: Наука, 1988. – 176 с.

70. Куперман А.И., Миронов Ю.В. Безопасность дорожного движения: Справ. Пособие. – М.: Высш. шк.: Акад., 1999. – 320 с.

71. Квужнер Гарольд Дж. Вероятностные методы аппроксимации в стохастических задачах управления и теория эллиптических уравнений / Пер. с англ. Л.Г. Михайловской; Под ред. Н.В. Крылова. – М.: Наука, 1985. – 203 с.

72. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 1997. – 231 с.

73. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: 5 изд., перераб. и доп. – М.; Транспорт, 2001 . – 246 с.

74. Климов Г.П. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 328 с.

75. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. – М.: Транспорт, 1990. – 254 с.

76. Лаврик В.С., Гладкий П.М. Словарь по правилам и безопасности дорожного движения. – Харьков.: Высшая школа, 1981. – 176 с.

77. Лаврентьев Н.А. Исследование и разработка методики средств испытаний автомобилей //Дисс. канд. техн. наук. – Минск, 1975. – 220 с.
78. Лиггет Томас М. Марковские процессы с локальным взаимодействием / Пер. с англ. А.Л. Тома, С.Б. Шлосмана; Под ред. Р.Л. Добрушина. – М.: Мир, 1989. – 550 с.
79. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
80. Лохов А.Н. Организация управления на автотранспорте: Опыт. Проблемы. Перспективы. – М.: Транспорт, 1987. – 271 с.
81. Лукьянов В.Р. Автомобиль и мы. – М.: Юридическая литература, 1983. – 320 с.
82. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения. – М.: Транспорт, 1983. – 250 с.
83. Матвеев Н.М., Доценко А.В. Математическое моделирование реальных процессов. – С-Пб.: Знание, 1985. – 32 с.
84. Мишуринов В.М., Надежность водителя и безопасность движения. – М.: Транспорт, 2001. – 311 с.
85. Морр Р.Ф., Мельникова Г.В. Расчет конструкций методом прямого математического моделирования. – Машиностроение, 1988. – 160 с.
86. Настольная книга автомобилиста. – М.: Гамма Пресс, 2001. – 447 с.
87. Немчинов М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля. – М.: Транспорт, 1985. – 237 с.
88. Новиков О.А. Уваров В.Н. Вероятностные методы решения задач автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1969. – 136 с.
89. Обыденков А.П. и др. Совершенствование систем управления автотранспортных предприятий: Учеб. пособие. – М.: Транспорт, 1992. – 230 с.
90. Оре О. Теория графов // Пер. с англ. – М.: Наука, 1980. – 336 с.
91. Педен М. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма [Электронный ресурс]/М. Педен и др. – Женева, ВОЗ, 2006. <http://www/muna/ru>.
92. Пугачев, В.С. Синицын И.Н. Стохастические дифференциальные системы.. – М: Наука, 1985. – 270 с.
93. Прохоров Ю.В. Розанов Ю.А. Теория вероятностей. Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы. – М.: Наука, 1987. – 397 с.

94. Прокофьев М.В. Технические стандарты ЕС в области конструкции и эксплуатации автотранспортных средств/Метод. пособ. – М.: АСМАП, 1997. – 64.
95. Привалов Н.Я., Ковальчук О.А, Грига А.Д, Худяков К.В. Оценка условий работы водителя в зависимости от параметров окружающей среды// Автомобильная промышленность. – №11, 2007. – С. 25 – 27.
96. Правила ЕЭК ООН. Стандарты ИСО и директивы ЕЭС в области автомобилестроения. САТР. – М., 1994. – 121 с.
97. Правила по охране труда на автомобильном транспорте: ПОТ РО – 200 – 01 – 95/М-во транспорта РФ. – М.: Апрохим, 2000. – 170 с.
98. Рачиоппи Ф. Предупреждение дорожно-транспортного травматизма: перспективы здравоохранения в Европе [Электронный ресурс]/ Ф. Рачиоппи и др. – Копенгаген, Европейское региональное бюро ВОЗ, 2004. – 97 с. [http:// www/healthroad/ru](http://www/healthroad/ru).
99. Редькин В.М. , Борисов О.Ю. Дорожная аварийность в России за период 1990 – 2005 годов и пути её снижения // Безопасность жизнедеятельности. – 2006, №11 С. 34 – 42.
100. Роговцев В.Л. и др. Устройство и эксплуатация автотранспортных средств. – М.: Транспорт, 1998. – 430 с.
101. Ройтман Б.А. и др. Безопасность автомобиля в эксплуатации. /Ройтман Б.А., Суворов Ю. Б., Суковицин В.И.. – М.: Транспорт, 1987. – 206 с.
102. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы В–А–Д–С. – М.: Машиностроение, 1986. – 214 с.
103. Российская Федерация. Правительство. Концепция Федеральной целевой программы “Повышение безопасности дорожного движения в 2006 – 2012 годах”: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.10. 2005 г. №1707 – [Электронный ресурс].
104. Рыбин А.Л. Совершенствование методов анализа дорожно-транспортных происшествий в целях повышения безопасности движения в городах //Дисс. канд. техн. наук. – М, 1998. – 155 с.
105. Рэнкман В. У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения. /Справочник. Перевод с английского. Предисловия В.И. Жулева.. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
106. Розанов Ю.А. Случайные процессы. – М.: Наука, 1971. – 285 с.
107. Савин В.И. Перевозки грузов автомобильным транспортом. – М.: Дело и Сервис, 2002. – 544 с.

108. Стандарты по эксплуатации автомобильного транспорта. ЕС. – Брюссель, 1991.
109. Галицкий И. И., Чугуев В.Л., Щербинин Ю. Ф. Безопасность движения на автомобильном транспорте //Справочник. – М.: Транспорт, 1988. – 158 с.
110. Тарасевич И.Т. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс (учебное пособие). – М.:УРСС, 2001. – 2001 с.
111. Технические системы обеспечения безопасности дорожного движения. // В.М. Комаров, Л.А. Кочетов, М.П. Печерский, Т.М. Андреева. – М.: Транспорт, 1990. – 350 с.
112. Усманова М.Н. Математико-статистическое моделирование процессов безопасности дорожного движения (по материалам Минавтотранса УзССР). //Дисс. канд. техн. наук. – Ташкент, 1991. – 150 с.
113. Федекин И.И. ДТП стоили России 2 миллиарда долларов //http://www/za/ru.
114. Фролов Ю.Н. Техническая эксплуатация и экологическая безопасность автомобильного транспорта: Учеб. пособие для вузов. – М.: МАДИ (ГТУ), 2001. – 135 с.
115. Фурманенко А.С. Безопасность движения на участках дорожных работ. – М.: Транспорт, 1999. – 92 с.
116. Федеральный закон “О безопасности дорожного движения”. Принят Государственной думой 15.11.1995 г.
117. Христофоров Е.Н. Вероятностно-статистические методы в дорожном движении // Монография. – Брянск.: изд-во БГСХА, 2005. – 200 с.
118. Христофоров Е.Н. Теоретические и практические аспекты улучшения условий и охраны труда операторов сельскохозяйственных транспортных средств // Монография. – Брянск.: изд-во ВНИИОТ, 2006. – 204 с.
119. Христофоров Е.Н. Причины травматизма операторов мобильных машин //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №12, 2004. – С. 39 – 40.
120. Христофоров Е.Н. О роли автотранспортных предприятий в повышении безопасности дорожного движения // Безопасность жизнедеятельности. – №10, 2006. – С. 54 – 55.
121. Христофоров Е.Н. Совершенствование сельскохозяйственных транспортных средств //Техника в сельском хозяйстве. – №3, 2007. – С. 47 – 49.
122. Христофоров Е.Н. Безопасность транспортных работ в АПК //Тракторы

и сельскохозяйственные машины. – №6, 2007. – С. 55 – 56.

123. Христофоров Е.Н. Обеспечение безопасности водителей транспортных средств [Текст]/В.С. Шкрабак, Е.Н. Христофоров и др. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 7, 2008. – С. 32 – 33.

124. Христофоров Е.Н. Влияние надежности транспортных средств на безопасность дорожного движения// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №2, 2008. – С. 50 – 51.

125. Христофоров Е.Н. Совершенствование методов анализа ДТП [Текст] /В.С. Шкрабак, Е.Н. Христофоров и др.//Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №.8, 2008. – С. 45 – 46.

126. Христофоров Е.Н. Неисправность тягово-транспортных средств и безопасность дорожного движения. [Текст] /В.С. Шкрабак, Е.Н. Христофоров и др.//Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №.10, 2008. – С. 39 – 42.

127. Харрари Ф. Теория графов // Пер. с англ.; Под ред. Г.П. Гаврилова. – М.: УРСС, 2003. – 297 с.

128. Цыганков Э.С. Контраварийная подготовка водителей: 15 приемов стабилизации автомобилей. – М.: Транспорт, 1993. – 78 с.

129. Цветкович Драгош и др. Спектр графов. Теория и применение / Пер. с англ. В.В. Строка; Под ред В.С. Королюка. – Киев.: Наук. думка, 1984. – 383 с.

130. Шкрабак В.С., Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е. Теория и практика обеспечения безопасности дорожного движения в АПК//Монография. – Брянск.: изд. БГСХА, 2008. – 282 с.

131. Шештокас В.В., Самойлов Д.С. Конфликтные ситуации и безопасность движения на дорогах в городах. – М.: Транспорт, 1987 – 208 с.

132. Экономико-математические методы и прикладные модели. /Под. Ред. В.В. Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 391 с.

133. [http://www. Gibdd.ru/](http://www.Gibdd.ru/)

Научное издание

**Евгений Николаевич Христофоров
Наталья Евгениевна Сакович
Антон Михайлович Никитин**

**Теоретические
основы безопасности дорожного движения**

МОНОГРАФИЯ

Редактор: Павлютина И.П.

ISBN 978-5-88517-252-3



Подписано к печати 15.05.2014.

Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага печатная. Усл. печ. л. 10,93.

Тираж 1000 экз. Изд. № 2706.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии
243365 Брянская обл. Выгоничский район, с. Кокино