

Мигаль В.Д.

**ТЕХНИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ
АВТОМОБИЛЕЙ**

Справочное пособие

Харьков «Майдан» 2011

УДК 62
ББК 30н
М 57

Рецензенты: **Тарлин В. Н.** д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой «Машиностроение и транспорт»
Севастопольского национального университета

Шаша И. К. д-р техн. наук, профессор,
начальник кафедры «Тактико-специальная подготовка»
Харьковского национального университета внутренних дел

Мигаль В. Д.

М 57 Техническая безопасность автомобилей: справ. пособие / В. Д. Мигаль.— Х.: Майдан, 2011.— 202 с.
ISBN 978-966-372-429-4.

Рассмотрены вопросы проектирования автомобилей на безопасный ресурс по показателям прочности, эксплуатационные свойства автомобилей, принципы обеспечения надежности после исчерпания назначенного безопасного ресурса. Описаны эксплуатационные параметры и системы, определяющие безопасность автомобиля, активная и пассивная безопасность, влияние водителя, дороги, окружающей среды и старения автомобиля на его безопасность. Изложены методы и мероприятия, замедляющие старение автомобиля.

Для студентов, преподавателей, конструкторов, инженеров служб технического обслуживания автомобилей.

УДК 62
ББК 30н

ISBN 978-966-372-429-4

© Мигаль В. Д., 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Конструктивное обеспечение технической надежности автомобилей	6
1.1 Принципы проектирования автомобилей на безопасный ресурс по показателю прочности	6
1.1.1 Выбор конструктивных решений	6
1.1.2 Ресурс и прочность	9
1.1.3 Ресурс и безопасность	11
1.2 Эксплуатационные свойства автомобилей, определяющие их безопасность	16
1.3 Системы и механизмы, определяющие безопасность автомобиля	27
1.3.1 Связь эксплуатационных свойств с техническим состоянием	27
1.3.2 Активная безопасность	29
1.3.3 Пассивная безопасность	40
1.4 Организация дорожного движения автомобиля	43
1.5 Приработка поверхностей трения при производстве и вводе машин в эксплуатацию	47
1.6 Принципы обеспечения надежности машин после исчерпания назначенного безопасного ресурса	51
2 Эксплуатационная безопасность автомобиля	60
2.1 Влияние неисправности и старение автомобиля на безопасность машин	60
2.2 Факторы, определяющие уровень безопасности движения автомобилей и причины ДТП	64
2.3 Методы и мероприятия, замедляющие изменения эксплуатационных показателей автомобиля по мере его старения	74
2.4 Определение оптимального срока службы автомобиля	80
2.5 Анализ риска опасного отказа	81
2.6 Нормирование безопасности дорожного движения машин	89
2.7 Прогнозирование числа ДТП в регионе или в стране	98
2.8 Принципы обеспечения надежности функционирования машин в системе АТП	102
3 Надежность водителя, дороги и среды в обеспечении безопасности автомобилей	109
3.1 Надежность водителя	110
3.2 Надежность дороги	114
3.3 Надежность внутренней и окружающей среды	124

3.4 Основные задачи водителя в системе обеспечения надежности эксплуатации транспортных машин	130
3.5 Интеллект, опыт и суждения человека в управлении автомобилем	136
4 Системы контроля и управления безопасностью автомобиля	143
4.1 Системы конструктивного и эксплуатационного обеспечения безопасности автомобиля	143
4.2 Требования, предъявляемые к механизмам рулевого управления повышенной безопасности	148
4.3 Развитие электронных систем управления безопасностью автомобиля	152
4.4 Расширение функциональных параметров электронных систем рулевого управления автомобиля	155
4.5 Функциональное назначение и контролируемые параметры подвесок с электронной системой управления	157
4.6 Управляемые системы автомобиль-водитель-условия эксплуатации	161
4.7 Системы контроля пассивной и активной безопасности автомобилей	166
4.7.1 Системы контроля движения автомобиля, передаваемой и аварийной ситуаций	166
4.7.2 Совершенствование активной и пассивной безопасности автомобилей	176
4.8 Системы сохранения надежности и безопасности транспортных машин в эксплуатации	177
4.8.1 Системы технического обслуживания и диагностирования	179
4.8.2 Методы повышения управляемости и устойчивости системы «человек-автомобиль»	183
4.8.3 Управление надежностью и безопасностью транспортных машин в системе автотранспортных предприятий	186
4.9 Пожарная безопасность машин	188
Предметный указатель	192
Перечень ссылок	195

ВВЕДЕНИЕ

От того, какие транспортные машины созданы, какие показатели их характеризуют, как машина взаимодействует с людьми и окружающей средой, зависит эффективность многих отраслей человеческой деятельности.

Проблема технической безопасности автомобилей актуальна для всего человечества. Ежегодно количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в мире увеличивается на 20 %, ежегодно в них погибает более 1,5 млн. человек. На дорогах Европы ежегодно погибает 40 тыс. человек, в Украине в ДТП ежегодно погибает 7 тыс. человек.

Стремление обеспечить высокий уровень технической безопасности автомобилей является основной движущейся силой при создании новых и использовании существующих автомобилей. Для этого привлекаются различные области знаний, совершенствуются существующие системы управления безопасности автомобилей. Однако проблема проектного обеспечения достаточного уровня технической безопасности автомобилей еще не решена, о чем свидетельствуют многочисленные доработки серийно выпускаемых машин даже передовыми фирмами.

Обеспечение достаточного уровня технической безопасности автомобилей в эксплуатации намного усложняются из-за появления неисправностей и старения автомобиля, снижения надежности их систем контроля и управления безопасностью.

Поэтому техническая безопасность автомобилей и дорожного движения является одной из приоритетных задач внутренней политики государства. В связи с этим в предлагаемой читателю книге рассмотрены вопросы проектирования автомобилей на безопасный ресурс по показателям прочности, эксплуатационным свойствам автомобилей, принципы обеспечения надежности машин после исчерпания назначенного безопасного ресурса. Описаны эксплуатационные параметры и системы, определяющие безопасность автомобиля, активная и пассивная безопасность, влияние неисправностей и старения автомобиля на безопасность машины, методы и мероприятия, замедляющие старение автомобилей, принципы обеспечения надежности машин в АТП. Освещены вопросы надежности водителя, дороги и среды при обеспечении безопасности машин, системы контроля и управления безопасностью автомобиля в эксплуатации.

1 КОНСТРУКТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

1.1 Принципы проектирования автомобилей на безопасный ресурс по показателю прочности

При проектировании и конструировании машин используются одинаковые методы расчета отдельных агрегатов и узлов на прочность, надежность и долговечность. Рассматриваются установившиеся и неуставившиеся режимы движения. Общая нагрузка учитывает статические и динамические составляющие. Для всех колесных машин динамические модели движения в различных дорожных условиях описываются аналогичными дифференциальными уравнениями.

При проектировании автомобилей уделяют особое внимание надежности и долговечности отдельных агрегатов машин, топливной экономичности, технической и экологической безопасности машин. Создаются встроенные диагностические системы с бортовыми компьютерами (АБК) и управляемыми системами впрыска топлива и зажигания. Автомобили оснащаются комплексными антиблокировочными и противобуксировочными тормозными системами, системами контроля рулевого управления и подвеской, бифункциональными нейтрализаторами вредных компонентов отработавших газов (ОГ). Получают широкое применение гибридные энергетические установки и топливные элементы, работающие на водородном топливе, солнечной энергии и др.

Любое проектирование начинается с анализа потребностей, которые по своей сути являются социальными проблемами. Процесс установления потребностей можно считать сложной пространственно-временной функцией. С учетом потребностей разрабатывается перспективный типаж (типоразмерный ряд) машин с основными технико-экономическими параметрами (грузоподъемность, максимальная скорость, мощность двигателя, расход топлива и др.). Классификация подвижного состава автомобильного транспорта представлена на рис. 1.1 [1]. При проектировании решается проблема комплекса критериев, которые играют ключевое значение в принятии окончательного решения [1, 2].

1.1.1 Выбор конструктивных решений

Многокритериальная оптимизация машин по показателям надежности становится все более актуальной в связи с повышением рабочих нагрузок и снижением металлоемкости машин и конструкций. Оптимизация включает выбор конструктивных решений для машины в целом и ее элементов, разработку технологических методов обеспечения надежности, выбор конст-

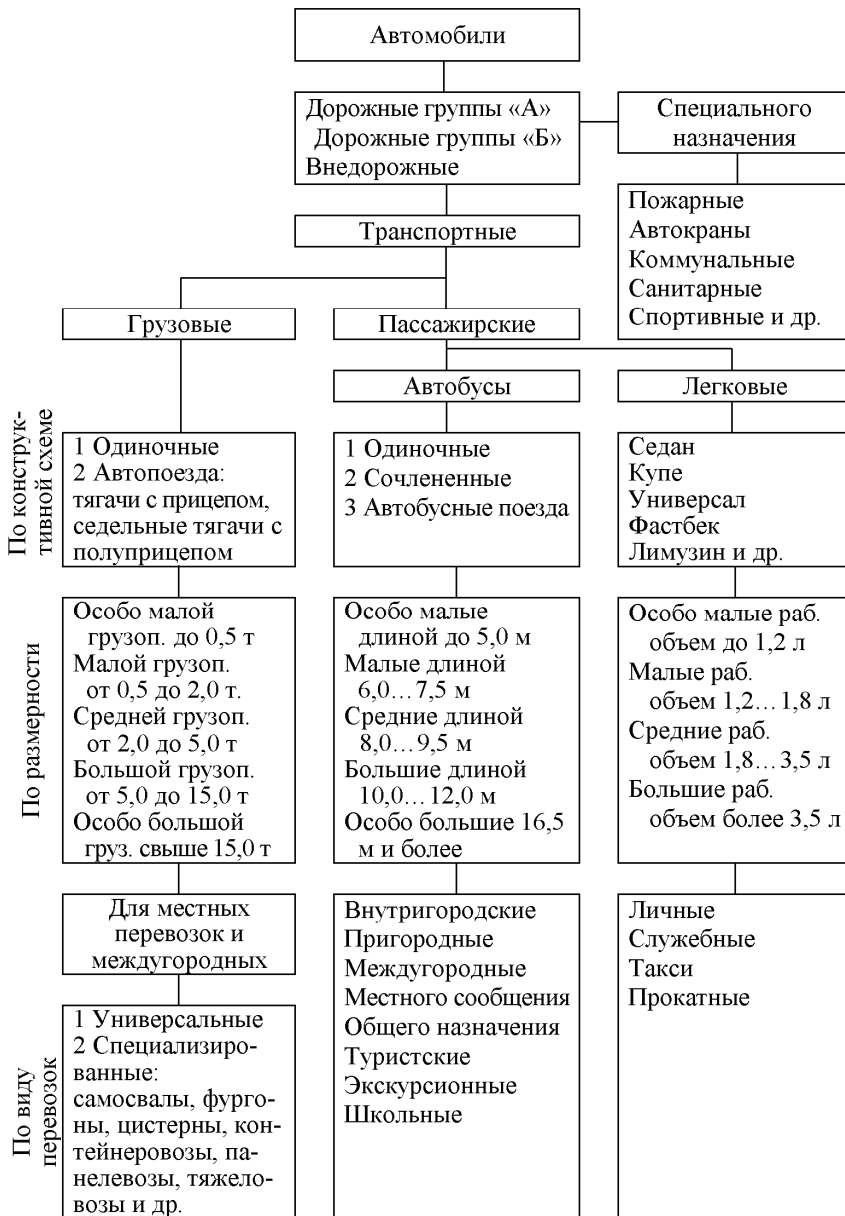


Рис. 1.1. Классификация подвижного состава автомобильного транспорта

рукционных материалов.

При выборе конструктивных решений для ответственных элементов машин используются [1, 2]:

- теоретические расчеты ожидаемых нагрузок и напряженных состояний;
- результаты сравнительных стендовых испытаний различных вариантов конструкции в широком диапазоне изменения режимов работы;
- результаты изучения опыта эксплуатации: сбор информации о дефектах и неисправностях, изучение характера износа и поломок при разборке узлов, изучение диагностической информации об изменении параметров в различных эксплуатационных условиях.

Методология оптимального конструирования включает:

- оптимизацию исходных данных, включая граничные условия, и рекомендации по параметрам среды, в которых должна эксплуатироваться машина;
- оптимизацию физических процессов и рабочих нагрузок;
- машинное конструирование, включающее обработку форм и размеров элементов конструкции, прочности, требований к материалам, технологии изготовления и др.;
- сравнительный анализ всех видов показателей качества проектируемой машины и показателей наиболее совершенных машин конкурирующих фирм;
- диагностические и сертификационные испытания.

Наибольшую сложность на этапе проектирования составляет оптимизация физических процессов, происходящих в машинах новых конструкций, когда многие исходные данные недостаточно изучены, а ресурс времени на проектирование ограничен. Здесь широко применяются методы математического моделирования. На основе этих исследований уточняются также граничные условия.

Процесс эксплуатации любого изделия характеризуется некоторой мерой его длительности, которая так или иначе связана со временем. Этой мерой может быть календарная продолжительность эксплуатации, наработка, то есть продолжительность осуществления изделием своих функциональных задач (например, километровый пробег автомобиля), число циклов функционирования или эксплуатационных циклов (например, для сезонных работ) и т.д. Очевидно, что «расстояние» между двумя любыми моментами эксплуатации может измеряться разными мерами.

Контролировать (измерять и диагностировать) протекание процесса эксплуатации нужно для решения двух главных задач: во-первых, заложить требуемые характеристики изделия при его проектировании и изготовлении и, во-вторых, принимать своевременные и правильные решения в процессе

эксплуатации (прекращение эксплуатации, профилактический ремонт, контроль состояния, изменение условий эксплуатации и т.д.). Решение этих задач, а следовательно, и диагностирование (измерение) процесса эксплуатации; теснейшим образом связано с понятием предельного состояния. По существу само измерение диагностических параметров и нужно лишь для того, чтобы предупредить момент достижения предельного состояния. Предельное состояние также является достаточно широким понятием, так как «предельность» может определяться различными факторами. Однако основными из них являются факторы безопасности и надежности, характеризующие допустимость эксплуатации, и факторы экономические, характеризующие целесообразность эксплуатации изделия.

Наиболее удачной является ситуация, когда и характеристики предельного состояния, и характеристики процесса эксплуатации измеряются единой мерой. В этом случае изменение исходного технического состояния до предельного состояния определяется наиболее простым и естественным способом.

Поскольку прочность и безопасность должны обеспечиваться для всех объектов парка, постольку следует особое внимание уделять экземплярам, обладающим наихудшими свойствами (в диапазоне возможного разброса) и эксплуатирующимся в наиболее неблагоприятных рабочих условиях.

Большой сложностью является количественное подтверждение того, что требуемый уровень безопасности достигнут. Фактическая потеря безопасности является экстраординарным (то есть весьма редким) событием, а надежный априорный прогноз вероятности столь редких событий оказывается очень трудной задачей. Под обеспечением безопасности следует понимать реализацию некоторого чрезвычайно высокого и поэтому приемлемого ее уровня. Количественное определение этого уровня является наиболее сложным вопросом, в первую очередь, психологически во всей идеологии обеспечения безопасности. Это связано с тем, что типовые подходы, основанные на допустимости или недопустимости той или иной степени ущерба здесь, плохо пригодны из-за отсутствия количественного соответствия между гибелью человека и величиной нанесенного этим ущербом.

1.1.2 Ресурс и прочность

На раннем этапе разработки требований к прочности конструкций широко использовалась методология формулировки (назначения) так называемых расчетных условий, выступающих в форме детерминистских правил, описывающих совокупность определенного числа сочетаний величин эксплуатационных факторов, при которых прочность должна быть обеспечена. В качестве расчетных условий, естественно, используются некоторые экстремальные условия, находящиеся на границах допустимых областей нормальной эксплуатации. Предполагается, что, если прочность обеспечена в

расчетных условиях, она будет обеспечиваться и при всех остальных условиях эксплуатации.

Для максимальных эксплуатационных нагрузок, которые могут возникнуть в условиях нормальной эксплуатации, вводится еще довольно значительный дополнительный запас (в авиации, как правило, 1,5-кратный), учитывающий случайные межэкземплярные различия характеристик прочности и индивидуальной нагруженности, а также возможные погрешности, ошибки, неопределенности и т.д. С учетом этого запаса и формируются детерминистские расчетные условия, которые опираются на некоторые, как правило, неформализованные, инженерные вероятностно-статистические представления и максимально учитывают накопленный опыт обеспечения безопасности эксплуатации.

Традиционные требуемые детерминистские условия (расчетные случаи), в основном, эквивалентны этим весьма жестким прямым вероятностным критериям. Поэтому в предположении, что деградационные процессы отсутствуют, а следовательно, несущая способность конструкции в процессе эксплуатации не изменяется, обеспечение «прочностной» безопасности сводится к выбору такой прочности (несущей способности), которой бы не хватало лишь в исключительных, практически невероятных случаях (например, один раз на миллион автомобилей).

В действительности же деградация происходит, и несущая способность в процессе эксплуатации снижается. Отсюда, вытекает естественное требование о необходимости обеспечения несущей способности, соответствующей расчетным условиям, не в начале эксплуатации, то есть для исходной конструкции, а в конце эксплуатации, для уже поврежденной конструкции. При таком подходе конструкция должна была бы иметь значительные резервы исходной (начальной) прочности, а следовательно, и избыток массы.

Компромиссным решением в этом случае является ограничение наработки в эксплуатации, то есть ресурса. Действительно, законы распределения долговечности как случайной величины при действии деградационных процессов (усталость, износ, коррозия) обладают той важной особенностью, что вероятность малых долговечностей также мала. Так можно за счет достаточно серьезного ограничения наработки, то есть путем установления ресурса, сделать возникновение существенно сниженной несущей способности сколь угодно редким событием.

Приняв, например, некоторое установленное поврежденное состояние конструкции в качестве предельного и обеспечивая (за счет ограничения наработки) высокую вероятность его недостижения в эксплуатации, можно добиться того, чтобы средняя наработка на разрушение (с учетом прогнозируемого процесса снижения несущей способности) превышала бы соответствующее значение для случая отсутствия процесса деградации на допусти-

мо малую величину.

Опыт авиации показал, что наиболее целесообразно и достаточно реалистично с позиций сочетания прочности и ресурса принять в качестве предельного такое состояние конструкции, когда она сохраняет остаточную прочность, равную $2/3$ от исходной [2].

Подтверждение требуемой остаточной прочности поврежденной конструкции на относительно ранних стадиях проектирования проводится расчетными или расчетно-экспериментальными методами. В качестве поверочной сертификационной и диагностической процедуры используются результаты специальных лабораторных стендовых испытаний элементов, узлов, агрегатов и конструкции в целом.

В качестве принципиально важного параметра для сочетания критического места конструкции с методом его диагностики выступает так называемый максимальный обнаруживаемый размер повреждения (величина диагностического параметра), то есть размер такого повреждения, которое может остаться необнаруженным с допустимой вероятностью (на практике принимается не более 5 %). Надо особо подчеркнуть, что речь идет не о паспортной разрешающей способности диагностического прибора, а о надежности метода контроля в целом, включая любые «мешающие факторы», фактически существующие в реальной эксплуатации (доступность для контроля, режимы и условия проведения контроля, квалификация и ответственность дефектовщика и т.д.) [2].

Опыт показывает, что казалось бы достаточно хорошо подтвержденное (так называемое базовое) значение максимального обнаруживаемого размера дефекта (повреждения), определенное на реальной конструкции, но в условиях лабораторных или стендовых испытаний, необходимо увеличить в несколько раз для получения аналогичной характеристики для условий реальной эксплуатации.

1.1.3 Ресурс и безопасность

Проектирование машин на безопасный ресурс. Под ресурсом машины понимается продолжительность функционирования конструкции, выраженная в часах до наступления предельного состояния, при котором дальнейшая эксплуатация машины, прекращается по требованиям безопасности или эффективности эксплуатации в связи с возможным недопустимым снижением прочности.

При создании современных машин обеспечение их ресурсов является весьма сложной и многогранной проблемой. Обеспечение заданного ресурса требует создания методов экспериментального исследования сопротивления усталости элементов и натурных конструкций, разработки систем обеспечения безопасности конструкций по условиям усталости (включая и нормативные требования), создание и внедрение методик, включающих

расчет усталостной долговечности и проектирования конструкций на заданный ресурс.

Появление усталостных трещин и других повреждений в силовых элементах при длительной эксплуатации машины из-за усталостных, коррозионных и случайных повреждений, а также возможность существования начальных (технологических) дефектов требует создания конструкций, обладающих свойствами живучести.

Ресурс следует различать по условиям износа, усталостной прочности и сроку службы конструкции. Срок службы конструкции, выраженный в годах, это – календарная продолжительность до наступления предельного состояния элементов конструкции машин (с учетом продолжительности хранения, нахождения на стоянках и в ангарах). При установлении срока службы учитываются такие факторы как старение, коррозия и т. п. Срок службы также влияет на ресурс по условиям усталостной прочности.

Проектирование машинных конструкций на заданный ресурс осуществляется поэтапно.

На этапе технического задания и технического предложения разработчиком производится выбор типа конструкции и конструкционных материалов для обеспечения прочности при принятой по статистическим данным весе конструкций и требуемых эксплуатационных характеристик.

На этапе аванпроекта разработчик определяет расчетные условия прочности и предварительно оценивает нагрузки в соответствии с требованиями Норм стандартов [1, 2]. На этом же этапе продолжается выбор основных конструкционных материалов и вариантов силовой компоновки конструкции с предварительной расчетной оценкой допустимых напряжений исходя из требований статической прочности, усталостной прочности и живучести. Производится предварительная оценка веса машины и выходных технических параметров.

На стадии эскизного проекта разработчик производит проектные расчеты нагрузок, окончательный выбор конструкционных материалов и силовой схемы конструкции, а также уточняет оценку ее веса.

На этапе рабочего проекта разработчик производит уточнение внешних нагрузок напряженно-деформированного состояния конструкции. На этом этапе используются результаты испытаний конструктивных элементов и агрегатов конструкции с подробной тензометрией. На стадии рабочего проектирования должна быть в основном закончена отработка силовых элементов конструкции по условиям статической прочности, усталостной прочности и живучести, а также по условиям обеспечения безопасности. Такие расчеты следует производить по известным нормам и требованиям стандартов [2]. В конце этого этапа выделяется первый экземпляр опытной машины для проведения статических испытаний, кроме того, до начала серийного производства проводятся эксплуатационные испытания опытного

образца машины с целью определения напряженно-деформированного состояния и критических скоростей непосредственно по результатам прямых измерений.

Для обеспечения эксплуатации по условиям живучести должны быть удовлетворены требования к длительности роста усталостной трещины и к остаточной прочности поврежденной конструкции. Решение проблемы живучести включает также разработку средств для обнаружения дефектов, повреждений и износов в процессе эксплуатации, введение обоснованного регламента осмотров, обеспечивающего своевременное обнаружение дефектов и необходимую степень безопасности конструкции по условиям прочности.

Назначение ресурса конструкции, машины на этапах проектирования и эксплуатации производят следующим образом: определяются нагрузки, действующие на конструкцию; определяются характеристики сопротивления усталости (долговечность до образования трещин) и трещиностойкости (скорость роста трещин и остаточная прочность) конструкции при нагружении ее нерегулярными нагрузками; назначаются коэффициенты надежности, определяются начало и периодичность осмотров конструкции в эксплуатации; назначается ресурс конструкции.

Определение совокупности переменных нагрузок, действующих на конструкцию, проводится применительно к нагрузкам функционирования, которые обусловлены массой машины, топлива, полезного груза, скоростью, и дополнительными нагрузками, вызываемыми маневрированием, атмосферными и климатическими условиями, неровностями поверхности дороги и др. При проектировании переменные нагрузки определяются расчетом с использованием статистических данных. На этапе эксплуатации проводят прямые измерения переменных нагрузок и вибрации.

Физической причиной, вызывающей усталость конструкции машины, являются переменные нагрузки и вибрации, действующие в процессе эксплуатации. Источники возникновения этих нагрузок различны, как различна и их физическая природа, в связи с чем характер переменных нагрузок тоже различен как по своей структуре, так и по величине и частотному составу. Вместе с тем можно выделить нагрузки, определяющие долговечность основной силовой конструкции, например трансмиссии машины, совершенство и прочность которых, в первую очередь, характеризуют качество конструкции машины в целом. Если речь идет о нагруженности и оценке долговечности продольных элементов рамы (кузова), то существенными являются лишь переменные нагрузки, характеризующиеся довольно низкой частотой, не превышающей в крайнем случае десятков Герц. К низкочастотным нагрузкам на машины следует в первую очередь отнести переменную нагрузку, цикл изменения которой соответствует условиям эксплуатации. Эта нагрузка вызвана переходом машины из стояночного положения, когда на

машину действуют лишь силы веса, в эксплуатационное положение, когда на машину действуют эксплуатационные нагрузки и обратно.

Эта переменная нагрузка называется нагрузкой функционирования, так как она неизбежно сопутствует функционированию машины и предопределяет его назначение как транспортной машины. К переменным нагрузкам относятся также дополнительные, в определенном смысле паразитные нагрузки, реально возникающие из-за воздействия атмосферных условий и неровностей дороги. Частота этих нагрузок находится в диапазоне от десятых долей до нескольких единиц герц. Наконец, промежуточное положение между нагрузками функционирования и дополнительными занимают маневренные нагрузки торможения, остановки и запуска. Некоторые из них являются неизбежными при маневрировании, другая же часть связана с дорожными условиями в процессе воздействия атмосферных условий.

Характеристики сопротивления усталости и трещиностойкости определяют расчетом и экспериментально. Для этого на этапе проектирования испытывают образцы материалов и соединений, опытные панели и узлы. В результате испытаний выбирают материалы, полуфабрикаты, конструктивные формы и технологические процессы, обеспечивающие высокий уровень характеристик сопротивления усталости и трещиностойкости. До начала эксплуатации и назначения ресурса проводят прямые испытания натурной конструкции машины на ресурс.

Ресурс машины в целом определяется по ресурсу отдельных элементов, разрушение которых или появление повреждений в них может непосредственно привести к катастрофе. Если необходимо, ресурс увеличивается после ремонта или замены элементов.

Безопасность конструкций машины по условиям сопротивления усталости подтверждается при эксплуатации на основе накопления и обобщения данных об условиях нагружения и технического состояния конструкции. Этот принцип реализуется поэтапно установлением значений назначенных ресурсов. Под назначенным ресурсом понимается часть полного ресурса, который допускается отработать с учетом всех обосновывающих материалов, имеющихся в данное время. Увеличение назначенного ресурса проводится на основе:

- уточнения характера и условий эксплуатации парка машин;
- уточнения нагруженности конструкции, в частности, по результатам эксплуатационных испытаний;
- анализа результатов дополнительных лабораторных испытаний на выносливость и живучесть, в том числе конструкций с наработкой в эксплуатации;
- анализа технического состояния конструкции в процессе эксплуатации и ремонтов.

Величину ресурса машины T_p следует определять делением значения

средней долговечности T_{CP} на суммарный коэффициент надежности η :

$$T_p = \frac{T_{CP}}{\eta}.$$

Коэффициент надежности η учитывает рассеяние долговечности и уровня нагрузок, а также возможности различного рода неточностей и незнания при оценке долговечности. Величина этого коэффициента существенно зависит от способа обеспечения безопасности по условиям усталостной прочности – безопасный ресурс или эксплуатационная живучесть.

Безопасный ресурс применяется тогда, когда появление повреждения можно обнаружить только после окончательного разрушения конструкции. В этом случае невозможно надежно обнаружить наступление предкритического состояния, поэтому эксплуатация прекращается, как только наработка достигает величины безопасного ресурса, назначенного независимо от состояния конструкции. Величина коэффициента η выбирается таким образом, чтобы в пределах безопасного ресурса разрушение конструкции было бы практически невероятным.

При применении понятия «**эксплуатационная живучесть**» конструкция должна обладать достаточной прочностью, обеспечивающей безопасность при появлении повреждений, которые могут быть обнаружены при специальных осмотрах и диагностировании. При этом весь парк машин, может эксплуатироваться до наработки, при которой появляются повреждения конструкции с наименьшей усталостной долговечностью. Принцип эксплуатационной живучести обеспечивает повышение надежности транспортных машин за счет осмотров конструкции и диагностирования и дает возможность увеличить их ресурс по сравнению с принципом безопасного ресурса.

На этапе начала серийного производства выполняется незначительная доработка силовой конструкции для устранения отдельных недостатков, выявленных в результате диагностических испытаний в объеме, указанном в технической документации, экспериментальных и окончательных проверочных расчетов.

Разработчик и завод-изготовитель проводят следующие работы: статические испытания головной серийной машины; частотные испытания головной серийной машины, лабораторные испытания серийной машины на усталость в объеме сертификационного минимума, сбор статистических данных по повторяемости перегрузок и нагрузок в эксплуатационных условиях как совокупность параметров, определяющих нагрузку.

Применительно к этим условиям определяются нагрузки, действующие в течение всего срока службы (ресурса).

1.2 Эксплуатационные свойства автомобилей, определяющие их безопасность

Эксплуатационные свойства автомобиля – это свойства, характеризующие выполнение им транспортных и специальных работ: перевозки пассажиров, грузов и специального оборудования. Эти свойства определяют приспособленность автомобиля к условиям эксплуатации, а также эффективность и удобство его использования.



Рис. 1.2. Эксплуатационные свойства автомобиля

Транспортные машины обладают целым рядом эксплуатационных свойств (рис. 1.2), которые составляют две группы, связанные и не связан-

ные с движением автомобиля [3...8]. Общие эксплуатационные свойства автотракторной техники представлены в работе [7], в частности на рис. 1.3 [7].

Тягово-скоростные и тормозные свойства, топливная экономичность, управляемость, поворачиваемость, маневренность, устойчивость, проходимость, плавность хода, экологичность и безопасность обеспечивают движение автомобиля и определяют его закономерности.

Эксплуатационные свойства транспортных машин контролируются с помощью их измерителей и показателей.



Рис. 1.3. Структурная схема эксплуатационных свойств автотракторной техники

Измерителем эксплуатационного свойства называется единица контрольного измерения, характеризующая это свойство с качественной стороны (например, скорость движения автомобиля).

Показателем эксплуатационного свойства называется число, определяющее величину измерителя этого свойства, его количество (например, значение максимальной скорости автомобиля).

Измерители и показатели эксплуатационных свойств автомобиля устанавливаются ГОСТами, отраслевыми стандартами и другими норматив-

ными документами. Для определения показателей эксплуатационных свойств проводят испытания автомобиля.

Вместимость, прочность, долговечность, приспособленность к техническому обслуживанию и ремонту, погрузочно-разгрузочным работам, посадке и высадке пассажиров во многом определяют эффективность и удобство использования автомобиля.

Безопасность автомобиля – это совокупность его свойств и конструктивных особенностей, характеризующих приспособленность к движению с минимальной вероятностью дорожно-транспортных происшествий и сведение к минимуму их возможных последствий, а также безвредность его использования для людей и окружающей среды. Безопасность является важнейшим свойством, от которого непосредственно зависит жизнь и здоровье людей, сохранность автомобилей и грузов, состояние окружающей среды.

Различают понятия активная, пассивная, экологическая и послеаварийная безопасность дороги [9, 10].

Требования к безопасности автомобиля в условиях эксплуатации (рис. 1.4) в Украине регламентируются ДСТУ 3649–97, а в России ГОСТ Р 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки».

Активная безопасность – это совокупность свойств и конструктивных особенностей автомобиля, обеспечивающих снижение вероятности дорожно-транспортных происшествий на стадии аварийной ситуации – тормозные качества, стойкость, управляемость и разгонные свойства автомобиля. К эксплуатационным свойствам и конструктивным особенностям, обеспечивающим активную безопасность автомобиля, относятся следующие: тормозные свойства; управляемость; устойчивость; маневренность; система внешнего освещения, световой и звуковой сигнализации; эргономические показатели. Активная безопасность зависит также от надежности функциональных систем автомобиля, обеспечивающих его безаварийную работу. Элементами конструкции, которые обеспечивают активную безопасность, являются: тормоза, шины, фары, приборы освещения и звуковой сигнализации, двигатель и топливная система, рулевое управление.

Тормозные свойства – это совокупность свойств, определяющих максимальное замедление автомобиля при его движении на различных дорогах, предельные значения внешних сил, при действии которых заторможенный автомобиль надежно удерживается на месте и имеет необходимые минимальные установившиеся скорости при движении под уклон.

Управляемость – это свойство управляемого водителем автомобиля сохранять заданное направление движения и изменять его в соответствии с воздействием на рулевое управление.

Для достижения хорошей управляемости конструкция транспортной машины должна отвечать таким требованиям:

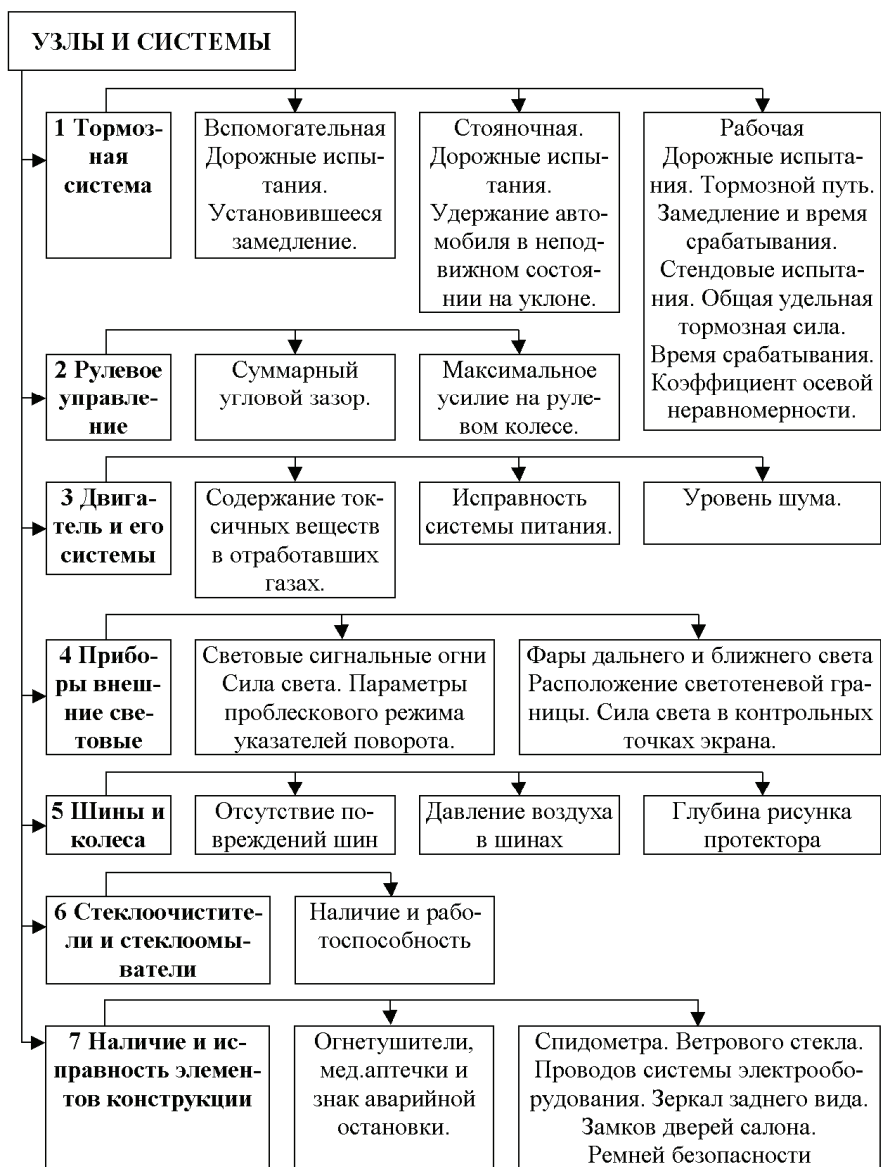


Рис. 1.4. Параметры систем и узлов транспортных машин, обеспечивающие безопасность движения

- управляемые колеса во время поворота должны катиться без бокового скольжения;
- рулевой повод может обеспечивать правильное соотношение углов поворота управляемых колес;
- размеры направляющих элементов подвески, упругость подвески и шин должны быть подобраны так, чтобы углы поворота передней и задней осей находились в определенном соотношении;
- управляемые колеса должны быть хорошо стабилизированы и не производить произвольных отклонений;
- в рулевом управлении обязательно наличие обратной связи, которая дает возможность водителю судить о величине и направлении сил, которые действуют на управляемые колеса.

Значительное влияние на управляемость оказывает боковая эластичность шин. Это влияние возрастает с увеличением боковых сил, которые действуют на автомобиль, и имеет большое значение во время движения автомобиля по криволинейной траектории. Управляемость автомобиля также зависит от технического состояния ходовой части и рулевого управления. Изношенность деталей рулевой трапеции и шквореневого соединения приводит к образованию зазора, который нарушает установленную кинетическую связь между деталями рулевого привода и содействует возникновению произвольного отклонения колес, что, в свою очередь, нарушает сцепление с дорогой и ухудшает управляемость транспортным средством.

Безопасностью движения называется свойство автомобиля двигаться с наименьшей вероятностью возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Это комплексное эксплуатационное свойство, связанное с управляемостью, поворачиваемостью, маневренностью, устойчивостью и тормозными свойствами. Это важнейшее эксплуатационное свойство, от которого зависят жизнь и здоровье людей, сохранность автомобиля, грузов и других материальных ценностей.

Вместимость представляет собой свойство автомобиля, определяющее количество грузов или число пассажиров, которые могут быть перевезены одновременно.

Прочностью называется свойство автомобиля работать без поломок и неисправностей.

Долговечность – это свойство автомобиля работать без интенсивного изнашивания отдельных деталей, механизмов и систем, вызывающего прекращение эксплуатации автомобиля.

Приспособленность к техническому обслуживанию и ремонту называется свойство автомобиля, определяющее простоту и трудоемкость этих работ, а также время простоя при их выполнении.

Приспособленность к погрузочно-разгрузочным работам представляет собой свойство автомобиля обеспечивать выполнение этих работ с

наименьшими затратами времени и труда.

Приспособленность к посадке и высадке пассажиров называется свойство автомобиля, характеризующее продолжительность остановки и удобство пассажиров при входе и выходе.

Система внешнего освещения, световой и звуковой сигнализации характеризуется наличием и эффективностью действия световых и звуковых приборов на автомобиле, предупреждающих о его положении, движении и маневрах. Нормативные документы регламентируют две группы параметров и характеристик световых и звуковых приборов. В первую группу входят параметры и характеристики самих приборов, к числу которых относят их типы, категории, конструктивные особенности, области применения, световые и цветовые характеристики и др. Вторую группу составляют параметры и характеристики, предназначенные для оценки эффективности действия приборов, устанавливаемых на автомобиле.

В обязательный минимальный комплект световых приборов для всех механических средств входят передние приборы: фары дальнего и ближнего света, габаритные огни, указатели поворота, задние приборы: габаритные огни, указатели поворота, сигналы торможения, световозвращатели, фонарь освещения регистрационного знака.

Дополнительные световые приборы устанавливают на некоторых категориях автотранспортных средств, отличающихся габаритными размерами и назначением от большинства автомобилей массового применения. К ним относят передние и задние контурные огни, боковые повторители указателей поворота, боковые световозвращатели, опознавательный знак автопоезда, устанавливаемый на тягаче, световозвращатели на прицепе и полуприцепе, огонь преимущественного проезда. Световыми приборами, установка которых на автотранспортном средстве необязательна (факультативна), но допускается по желанию предприятия-изготовителя или владельца автомобиля, являются противотуманные фары, фонари заднего хода, дневные ходовые огни, задние противотуманные огни, передние, задние и боковые стояночные огни, габаритные боковые огни, дополнительные сигналы торможения.

Пассивная безопасность – это совокупность свойств и конструктивных особенностей автомобиля, обеспечивающих снижение тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий. Различают внутреннюю и внешнюю пассивную безопасность.

К конструктивным мероприятиям, обеспечивающим внутреннюю пассивную безопасность, относят создание жизненного пространства, снижение инерционных нагрузок в процессе удара, ограничение перемещений людей внутри автомобиля, ограничение перемещения грузов и других предметов, находящихся в автомобиле.

К элементам пассивной безопасности относятся: ударопрочные каче-

ства кузова и кабины, травмобезопасность рулевой колонки и панели приборов, ремни и подушки безопасности, размещение дверей, способность двигателя во время лобового столкновения опускаться под салон автомобиля, сиденья и их крепления, подголовники, стекло кузова и кабины, размещение топливного бака и вид топлива.

Устойчивость – это свойство, характеризующее способность автомобиля сохранять заданное направление движения при воздействии внешних сил, стремящихся отклонить его от этого направления, вызвать занос или опрокидывание автомобиля. Устойчивость автомобиля в движении зависит от веса автомобиля, высоты его центра тяжести, колесной базы, ширины колеи, размера шин, их конструкции и состояния протектора, конструкции и состояния тормозов, скорости и направления движения, радиуса кривизны дороги и состояния ее поверхности, опыта управления автомобилем, психического и физического состояния водителя.

Нарушение поперечной устойчивости автомобиля в большинстве случаев возникает вследствие действия боковых сил: центробежные силы, поперечные силы веса, бокового ветра, ударов о неровности покрытия дороги.

Маневренность – это группа свойств, определяющих способность автомобиля изменять свое положение на ограниченной площади и проездах заданной формы и размеров в условиях, требующих движения по траекториям большой кривизны с резким изменением направлений, в том числе задним ходом.

Тягово-скоростными называются свойства автомобиля, определяющие диапазоны изменения скоростей движения и максимальные ускорения разгона в различных дорожных условиях при работе в тяговом режиме.

Тяговым называется режим движения автомобиля, при котором от двигателя к ведущим колесам через трансмиссию подводятся мощность и крутящий момент, необходимые для движения.

Тягово-скоростные (динамические) качества транспортных машин определяют их среднюю скорость движения в конкретных условиях работы. В специальной литературе динамические качества принято оценивать безразмерной величиной, которая называется динамическим фактором D . С помощью динамического фактора приближенно определяются скорости движения, величины преодолеваемых подъемов ($i = D - f$), ускорение автомобиля за счет остатков динамического фактора ($j_a = q (D - \psi) / \delta$), критические скорости движения, соответствующие максимальным подъемам или максимальным ускорениям.

Общепринятой системы оценочных показателей тягово-скоростных качеств не существует, но в ряде работ к ним относят максимальную скорость, время разгона до заданной скорости, максимально-преодолеваемый подъем, ускорение при разгоне, наибольшую силу тяги на крюке и др. Максимальные скорости автопоездов по ГОСТ 21398-75 должны быть не менее

75 км/ч. В зарубежных стандартах рекомендуется не менее 80 км/ч. Максимально преодолеваемый подъем на дороге с сухим твердым покрытием установлен не менее 18 %.

Тяговые и скоростные качества транспортных машин также определяются отношением мощности двигателя к полной массе автомобиля в тоннах. Во многих странах такая удельная мощность принимается не ниже 5,15 кВт/т.

Для расчетно-теоретического определения тягово-скоростных качеств рекомендуется применять на прямолинейной в плане и профиле дороге дифференциальное уравнение движения машин, которое в общем виде записывается так

$$\delta \cdot G_a \cdot j_a / q \approx P_k - \Sigma P_c,$$

где δ – коэффициент учета вращающихся масс; G_a – вес машины, Н; j_a – ускорение автомобиля, м/с²; P_k – тяговое усилие на колесах, Н; ΣP_c – суммарная сила сопротивления движению машин (сила сопротивления качению P_f , сила сопротивления подъему P_i и сила сопротивления воздуха P_w), Н.

Топливная экономичность – это свойство автомобиля, определяющее расход топлива при выполнении транспортной работы.

Топливная экономичность является одним из важнейших показателей, характеризующих эффективность и безопасность транспортных машин, поскольку от количества расходуемого топлива зависит загрязнение окружающей среды и стоимость транспортных работ. Затраты на топливо в себестоимости перевозок составляют 60...65 %. Общий расход светлых нефтепродуктов на Украине достигает 12 млн.т. Только 1 % экономии топлива составляет примерно 40 железнодорожных составов общей массой в 120 тыс.т.

Есть реальная возможность при проектировании новых машин и при составлении грамотных эксплуатационных технических норм значительно снизить общий расход топлива. Важнейшая роль в экономии топлива принадлежит разработке электронных систем подачи и зажигания топлива, использовании присадок к бензинам, повышение качества бензинов, условий их хранения, а также конструктивным решениям, учитывающим эксплуатационные факторы транспортных машин.

Поворачиваемость представляет собой свойство автомобиля отклоняться вследствие увода колес от направления движения, заданного рулевым управлением.

Проходимость называется свойство автомобиля двигаться по плохим дорогам и вне дорог. Проходимость характеризует степень уменьшения средней скорости движения и производительности автомобиля в указанных условиях по сравнению с хорошими дорогами. Такие условия характеризуются труднопроходимыми участками дороги с разного рода препятствиями,

которые создают большое сопротивление качению колес и ограничивают движение автомобиля.

Особенно тяжелыми для машин являются работы пахотных супесчаных, суглинистых и черноземных грунтах в период сельскохозяйственных работ, а также работы на песчаных грунтах в период сильных снегопадов и метелей.

По проходимости все автомобили разделяют на три группы:

- автомобили ограниченной проходимости (двух- и трехосные) с неведущей передней осью (колесные формулы 4 х 2,6 х 4);
- двух- и трехосные автомобили с всеми ведущими осями (колесные формулы 4 х 2,6 х 4);
- автомобили высокой проходимости, которые имеют специальную компоновку или конструкцию – четыре- или многоосные с всеми ведущими осями, а также полугусеничные и автомобили-амфибии.

К основным показателям проходимости автомобиля принадлежат геометрические и опорно-тяговые.

Геометрическими показателями являются следующие:

- дорожный просвет – расстояние между нижней точкой автомобиля и дорогой;
- радиусы продольной и поперечной проходимости (радиусы круга, которые касаются колеса и нижней точки автомобиля, размещенного в середине базы, колеи).
- передние и задние углы проходимости – углы, образованные опорной поверхностью дороги и плоскостью, которая касается передних или задних колес и нижней точки передней или задней части автомобиля.
- максимальная высота порога, которую может преодолеть колесо;
- минимально необходимая ширина прохода, которая связана с минимальной величиной радиуса поворота автомобиля.

Опорно-тяговыми показателями являются следующие:

- давление шин на опорную поверхность, которое определяется как отношение вертикальной статической нагруженности на шину $G_{ш}$, к площади контакта F , которое измеряются по контуру: $q_{ш} = G_{ш} \cdot F$;
- коэффициент изгиба колеи и отношения ширины колеи, которая создается передними колесами, к ширине колеи, которая создается задними колесами;
- проходимость автомобиля по скользкой дороге. На скользких дорогах (влажное покрытие, укатанный снег и т.п.) проходимость ограничивается буксованием колес.

Проходимость является одним из эксплуатационно-технических качеств, которое определяет среднюю скорость движения по плохим дорогам и бездорожью.

Плавность хода представляет собой свойство автомобиля обеспечивать защиту перевозимых пассажиров и грузов, а также систем и механизмов автомобиля от воздействия неровностей дороги.

Под плавностью хода транспортных машин, определяемой их подвеской, понимают приспособленность к движению по неровным дорогам с высокими скоростями и с минимальным колебанием поддрессоренных и неподдрессоренных масс. Подвеска влияет на тягово-скоростные качества, на комфортабельность и утомляемость пассажиров и сохранность перевозимых грузов. От совершенства подвески зависит средняя скорость движения и следовательно производительность, себестоимость и другие показатели эффективности функционирования машин.

Плавность хода зависит от конструкции машин, распределения масс по осям, расположения центра тяжести, упругости рессор и шин, жесткости виброизоляторов, соотношения веса поддрессоренных и неподдрессоренных масс, коэффициента распределения масс и др. Комфортабельность пассажиров определяется устройством сидений (упругость, мягкость) и величиной амплитуд, частот и вертикальных ускорений.

На дорогах с большим числом неровностей скорость машин ограничивается не мощностью двигателя, а величиной амплитуд и частот колебаний поддрессоренных и неподдрессоренных масс. Машины с высокой удельной мощностью на плохих дорогах функционируют весьма неэффективно.

От качества подвески и плавности хода зависит устойчивость против бокового увода и заноса. Плавность хода неразрывно связана с надежностью машин. От жесткости шин и веса неподдрессоренных масс зависит и сохранность дорожных покрытий.

Экологичность – это свойство автомобиля минимально загрязнять окружающую среду ОГ и шумом.

Автомобили выбрасывают ежегодно миллионы тонн различных вредных веществ. В основном нормируются монооксид углерода и легкие углеводороды, а в дизелях – сажа. Такие вредные вещества, как оксиды азота, серы, канцерогенных веществ и др. не нормируются и их никто не контролирует. Широко применяются этилированные бензины, топлива с высоким содержанием серы, велик процент в бензинах ароматических углеводородов, почти не применяются каталитические нейтрализаторы ОГ. Сохраняется тенденция дальнейшей дизелизации автомобильного транспорта.

Проблемы экологической безопасности на автотранспорте можно решить путем комплексного анализа ряда технико-эколого-экономических проблем, включая закономерности образования токсичных и канцерогенных веществ, техногенное загрязнение атмосферы, исследования топливо-экологических показателей двигателей, конструктивные и эксплуатационные методы улучшения топливо-экологических показателей, методы расчета уровней выбросов вредных веществ в атмосферу в разных условиях эксплуата-

ции и оценки ущерба от загрязнения атмосферы.

При проектировании транспортных машин необходимо ориентироваться на новые научно-обоснованные и прогрессивные нормы в области экологической безопасности автомобилей.

Жизненным пространством называют защитную зону вокруг человека, сидящего в автомобиле, внутрь которого не должны проникать детали автомобиля при аварии. Создание жизненного пространства требуемых размеров обеспечивается ударно-прочностными свойствами кабин грузовых автомобилей, кузовов пассажирских и устранением возможности травмирования людей элементами внутреннего интерьера.

К конструктивным мероприятиям, обеспечивающим требуемые размеры жизненного пространства, относят введение усилителей стоек крыши и кузова, установление жестких дуг безопасности над головами пассажиров. С целью уменьшения травмирования водителя и пассажиров сиденья, крышу, люки и детали интерьера изготавливают из энергопоглощающих материалов.

При встречных столкновениях автомобилей и при наезде автомобиля на препятствие возникают большие замедления, равные $(300...400) g$ в зоне переднего бампера и $(80...100) g$ в центре масс автомобиля. При действии замедления возникают большие инерционные нагрузки на тело человека, являющиеся причиной тяжелых травм и смертельных случаев. Для снижения инерционных нагрузок стремятся увеличить продолжительность деформирования деталей кузова. Вокруг водителя и пассажиров создают защитную зону за счет жесткого каркаса, а переднюю и заднюю части кузова делают легко сминающимися при ударе. При переднем расположении двигателя устанавливают на специальной рычажной подвеске, которая для исключения его перемещения в салон при ударе направляет двигатель под пол кузова.

Для уменьшения проникновения рулевого колеса внутрь салона применяют различные конструкции безопасных рулевых управлений: рулевой вал с карданными шарнирами; рулевой вал, рулевую колонку или обе эти детали со специальными встроенными элементами, разрушающимися при больших нагрузках (упругой муфтой на верхней и нижней частях рулевого вала; перфорированной трубой с ромбовидными отверстиями, расположенной в средней части вала, и др.).

Ограничение перемещений водителя и пассажиров внутри автомобиля при аварии обеспечивают посредством ремней безопасности и удерживающих систем. Требования к ним изложены в ГОСТ 21015–88 «Места крепления ремней безопасности легковых, грузовых автомобилей и автобусов. Общие технические требования и методы испытаний» и ГОСТ Р 41.25–2001 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения подголовников, вмонтированных или не вмонтированных в си-

дня транспортных средств». Главным недостатком ремней безопасности является ограничение перемещения людей и стеснение их движений в безаварийных условиях. Во избежание этого применяют устройства, позволяющие ограничивать перемещение людей только при аварии: подушки безопасности, защитные предохранительные сетки безопасности, безопасные сиденья, подголовники и др.

В нормативных документах регламентируется прочность конструкций кузова, обеспечивающих защиту водителя и пассажиров от воздействия перемещающихся грузов и предметов (ГОСТ 27226–90 «Платформы бортовые автотранспортных средств. Внутренние размеры»).

Правила ЕЭК ООН № 17 регламентируют прочность сидений; установленных на транспортных средствах категории М₁ и оборудованных или не оборудованных подголовниками, прочность их крепления, обустройство задней части спинок сидений, а также характеристики подголовников и устройств, предназначенных для защиты водителя и пассажиров от опасности, которая возникает в результате смещения багажа в случае лобового столкновения.

Для улучшения безопасности при столкновениях используют энергопоглощающие передние бамперы, а также амортизирующие устройства, устанавливаемые между передним бортом грузовой платформы и грузом.

Конструктивные мероприятия, обеспечивающие внешнюю пассивную безопасность, предназначены для уменьшения травмирования пешеходов, сохранения как самого автомобиля, так и окружающих его автомобилей и предметов. Указанные функции элементов внешней пассивной безопасности обеспечивают соответствующим оформлением наружных выступов автомобилей; применением защитных устройств, предотвращающих попадание пешеходов под колеса автомобилей, а также попадание автомобилей малого размера под крупногабаритные транспортные средства; конструкцией и расположением бамперов автомобиля.

Для предотвращения попадания пешеходов под колеса легковые автомобили оборудуют устройствами, выполняемыми в виде сеток или защитных рамок. Устройства автоматически срабатывают при столкновении пешехода с автомобилем, забрасывают пешехода на крышу капота и удерживают его до тех пор, пока не исчезнет опасность попадания под колеса.

1.3 Системы и механизмы, определяющие безопасность автомобиля

1.3.1 Связь эксплуатационных свойств с техническим состоянием

Эффективность работы автомобильного транспорта определяется не только производительностью, себестоимостью, но и безопасностью движе-

ния. Развитие автомобильного транспорта приносит не только общественные и экономические выгоды, к сожалению, приводит к росту дорожно-транспортных происшествий с увечьями и смертью людей. Как показывают статистические исследования относительная опасность перевозок на мобильном транспорте выше, чем на других видах транспорта. Самым безопасным видом транспорта считается железнодорожный, затем авиационный и самым опасным автомобильный.

Управляемость автомобиля зависит от его конструктивных свойств, которые обеспечивают сохранение прямолинейного движения, заданного управляемыми колесами. При хорошей управляемости повышаются средние скорости и безопасность движения.

Отклонение автомобилей от заданного прямолинейного движения могут вызывать внешние факторы (неровности и волны дороги, поперечный уклон дорог, изменение коэффициентов сцепления или сопротивления качению правых и левых колес) и внутренние факторы (конструктивные особенности и параметры автомобиля, его техническое состояние, не одинаковое давление воздуха в шинах и др.). Можно считать, что основными причинами ухудшения управляемости автомобиля являются колебания колес и осей автомобиля и увод колес.

Под стабилизацией управляемых колес понимают их способность сохранять нейтральное положение. Если одно из колес под действием удара или действия случайной боковой силы выходит из нейтрального положения, то управляемые колеса стремятся вновь занять нейтральное положение. Система стабилизации всегда стремится быстро вернуть колеса в нейтральное положение после выхода автомобиля из поворота, что повышает безопасность движения и облегчает работу водителя.

Стабилизацию управляемых колес обеспечивают углы поперечного и продольного наклона шкворней и углы схождения и развала колес в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Стабилизация управляемых колес зависит от эластичности шин и углов увода. С увеличением эластичности возрастает стабилизирующий момент и требуется больший момент для поворота управляемых колес.

Устойчивость автомобиля определяется по его способности двигаться без опрокидывания и скольжения. Опрокидывание автомобиля может произойти в продольном направлении вокруг передней или задней оси.

Потеря устойчивости возникает при скольжении одной из осей колеса вбок. Практически опасность опрокидывания автомобиля через переднюю и заднюю ось автомобиля исключена. В реальных условиях транспортные машины имеют небольшие скорости, при которых может произойти опрокидывание.

Современный автомобиль состоит из 15...20 тыс. деталей, из которых 7...9 тыс. теряют свои первоначальные свойства при работе, причем около

3...4 тыс. деталей имеют срок службы меньший, чем автомобиль в целом. Из них 80...100 деталей влияют на безопасность движения [3].

Составные части автомобиля, техническое состояние которых влияет на безопасность движения, приведены в табл. 1.1 [15]. Обеспечение высокого уровня надежности и безопасного функционирования транспортных машин стало одной из коренных проблем транспорта.

Эксплуатационные свойства, обеспечивающие движение автомобиля, существенно зависят от конструкции и технического состояния автомобиля, его систем и механизмов. Чем совершеннее конструкция автомобиля и лучше его техническое состояние, тем выше эксплуатационные свойства автомобиля. Поэтому автомобиль, его системы и механизмы конструируют таким образом, чтобы он имел определенные эксплуатационные свойства, требуемые для заданных условий эксплуатации и обеспечивающие его эффективное использование.

На рис. 1.5 показана связь эксплуатационных свойств с теми системами и механизмами автомобиля, конструкция и техническое состояние которых оказывают наибольшее влияние на эти свойства [3].

Одним из основных условий обеспечения безопасности является их высокая надежность, под которой следует понимать свойства объекта не допускать ситуаций, опасных для людей и окружающей среды. Опасность трагических последствий для людей и окружающей среды усиливается при выходе машин из строя и ошибками в управлении машинами в экстремальных ситуациях.

Ненадежность машин наносит травмы обществу не только при экстраординарных событиях – авариях, катастрофах, когда гибнет изделие и люди, нарушается ритм жизни, но и при обычных отклонениях от нормальной работы, когда не выполняются определенные задания и снижается качество и эффективность труда. Технические несовершенства конструкций и эксплуатации машин, обуславливающие нарушение работоспособности и выход из строя технических систем, связаны не только с вопросами технической безопасности и экономическими затратами, но и оказывают непосредственное влияние на окружающую среду и экологическую обстановку на нашей планете.

1.3.2 Активная безопасность

Обеспечение безопасности автомобиля в процессе эксплуатации определяется его конструкцией, а также совершенством технологии производства и технической эксплуатации. При конструировании автомобиля нужно хорошо представлять, как и почему в процессе эксплуатации автомобиля меняются показатели активной и пассивной, а также пожарной безопасности.

Опасность дорожно-транспортных происшествий (ДТП) по вине авто

Таблица 1.1

Составные части автомобиля, техническое состояние которых влияет непосредственно (знак «+») на безопасность движения (БД), топливную экономичность (ТЭ) и состояние окружающей среды (ОС)

Составные части автомобиля (возможные виды нарушений технического состояния)	БД	ТЭ	ОС
1	2	3	4
Двигатель			
Цилиндро-поршневая группа и газораспределительный механизм (потеря компрессии во всех или нескольких цилиндрах)	+	+	+
Головка блока (нагар в камерах сгорания)	–	+	–
Термостат, жалюзи, шторка радиатора системы охлаждения (нарушение теплового режима)	–	+	+
Топливный бак, карбюратор, карбюратор-смеситель, форсунка (негерметичность, износ, засорение, нарушение регулировки)	+	+	+
Топливный насос, газовый редуктор (негерметичность, нарушение регулировки, износ)	+	+	+
Система выпуска газов (повышенный уровень шума)	–	–	+
Сцепление			
Ведущий и ведомый диски (пробуксовка)	+	+	+
Усилитель привода выключения сцепления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
Коробка передач (ГМП)			
Подшипники, шестерни (износ)	–	–	+
Соединения, уплотнения (негерметичность)	+	–	+
Механизм переключения передач (затруднительное переключение)	+	+	+
Карданная передача			
Шарниры, фланцы, промежуточные опоры (ослабление крепления, износ подшипников)	+	–	+
Задний мост			
Соединения, уплотнения (негерметичность)	+	–	+
Подшипники, шестерни (износ, нарушение регулировки)	–	+	+
Передняя ось и рулевое управление			
Рулевой механизм (нарушение регулировки, ослабление крепления) рулевого управления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	–	–

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
Гидроусилитель рулевого управления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	–	+
Колеса (нарушение регулировки)	+	+	–
Подшипники ступиц (нарушение регулировки, ослабление крепления)	+	+	–
Рулевые тяги (ослабление крепления)	+	–	+
Тормозная система			
Компрессор (несоответствие давления воздуха)	+	+	+
Узлы и трубопроводы (негерметичность, нарушение работоспособности)	+	+	+
Тормозные барабаны и накладки колодок (несоответствие зазора)	+	+	–
Тормозная педаль (несоответствие свободного и рабочего хода)	+	–	–
Тормозные камеры и цилиндры (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
Стояночный тормоз (нарушение регулировки)	+	–	–
Рама, подвески, колеса			
Рама, узлы и детали буксирного и опорно-цепного устройств (износ)	+	–	–
Детали подвески (негерметичность, ослабление крепления, разрушение деталей)	+	+	+
Шины (износ, несоответствие давления)	+	+	–
Кабина, кузов, платформа			
Стекла окон, петли и замки дверей, зеркала, ремни безопасности, подголовники (ослабление крепления и другие неисправности)	+	–	–
Крылья, подножки, брызговики (трещины, ослабление крепления, коррозионное разрушение)	+	–	–
Отопитель (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
Электрооборудование			
Провода (замыкание на корпус)	+	–	–
Аккумуляторная батарея, генератор, стартер (нарушение регулировки, ослабление крепления)	+	+	+
Приборы системы зажигания (нарушение регулировки)	+	+	+
Приборы освещения и сигнализации (нарушение работоспособности)	+	+	–
Стеклоочистители и стеклоомыватели (нарушение работоспособности)	+	+	–

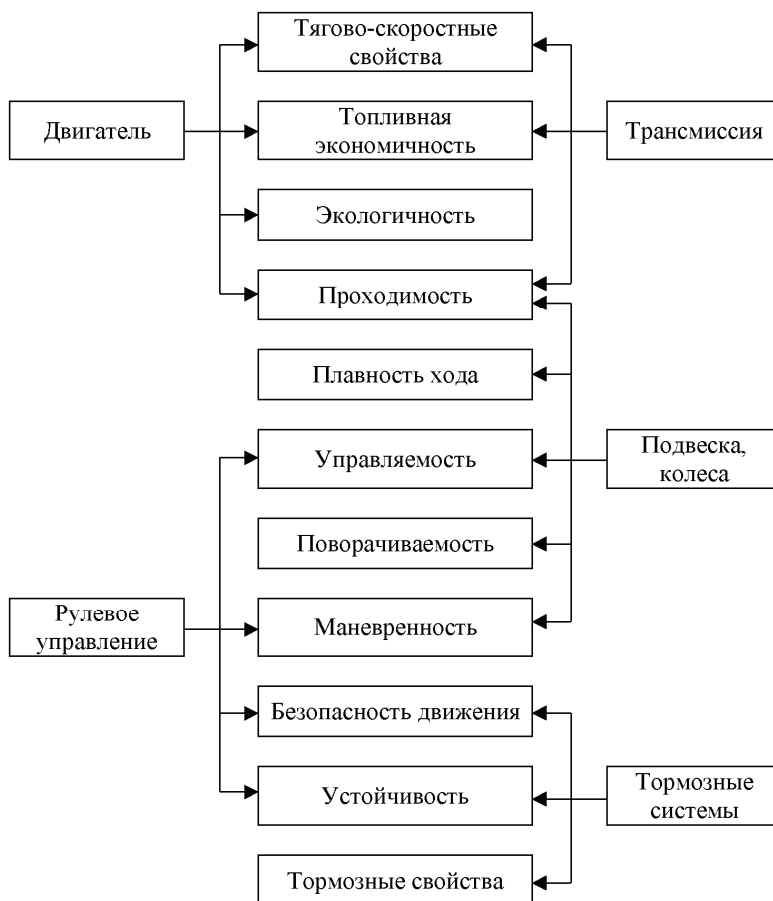


Рис. 1.5. Связь эксплуатационных свойств с системами и механизмами автомобиля

мобилья может происходить из-за потери устойчивости и управляемости, потери возможности эффективного торможения, разгона и, в общем случае, невозможности прогнозирования движения машины, что создает критическую ситуацию. Непосредственно влияет на движение автомобиля неудовлетворительное техническое состояние агрегатов, механизмов и деталей автомобиля. Обнаруженные, но не устраненные по тем или иным причинам технические неполадки автомобиля влияют также на психофизиологическое состояние водителя, его самочувствие и восприятие дорожной обстановки, что может привести к ошибочной ее оценке и неправильным действиям по управлению автомобилем [17].

Тормозная система. Типичным случаем потери работоспособности тормозной является повреждение трубопроводов, износ тормозных цилиндров, износ или разбухание уплотнительных колец и манжет. Как правило,

такие неисправности сопровождаются утечками тормозной жидкости, а потому в конструкции тормозной системы необходимо использовать датчики уровня тормозной жидкости в расширительных бачках. Желательно трубопроводы и тормозные цилиндры располагать на автомобиле таким образом, чтобы обеспечить возможность визуального наблюдения мест утечек тормозной жидкости. Естественным условием обеспечения надежности тормозной системы является правильный подбор по свойствам материала уплотнений, гибких шлангов и тормозной жидкости.

В процессе длительной эксплуатации автомобиля тормозные свойства могут ухудшаться вследствие использования при ремонтах недостаточно качественных деталей или вообще плохо выполненных ремонтных операций. К примеру при расточке тормозного барабана меняется его жесткость, что может привести к возникновению скрипов при торможении автомобиля. Биение рабочей поверхности расточенного тормозного диска, а также овальность тормозного барабана приведут к неравномерности торможения колеса.

Тормозные системы современных автомобилей оборудуются устройствами, обеспечивающими автоматическое слежение за работой тормозного механизма каждого из колес, что исключает их блокировку, юз и заносы автомобиля при торможении и повышает активную безопасность. Однако во многих случаях причиной ДТП является неадекватное поведение водителя в аварийных ситуациях и неполное использование тормозных возможностей автомобиля (исследования показывают, многие водители в стрессовом состоянии начинают недостаточно сильно давить на педаль тормоза). Чтобы избежать подобных ситуаций, в тормозную систему вводят усилители экстренного торможения. Сигналом срабатывания усилителя экстренного торможения служит резкое нажатие на педаль тормоза.

В настоящее время имеются два вида усилителей экстренного торможения: гидравлический и механический. В гидравлическом усилителе фирмой Bosch для повышения давления используется обратный насос антиблокировочной системы (АБС), что исключает необходимость встраивания в тормозную систему дополнительных узлов. Скорость и сила воздействия на тормозную педаль оценивается непосредственно градиентом повышения давления в главном тормозном цилиндре, порог срабатывания зависит от скорости движения. В случае механического усилителя, например фирмы «Континенталь-ТЕВЕС», повышение давления в тормозной системе и готовность к ответу на аварийную ситуацию обеспечиваются посредством специальных механических устройств в вакуумном усилителе тормозов, которые, при резком нажатии на педаль тормоза, фиксируют в открытом положении атмосферный клапан.

Усложнение тормозной системы естественно расширяет круг возможных отказов и неисправностей ее элементов и системы в целом. Отказ дат-

чиков и электронного блока АБС приводит к потере эффективности торможения, тем более что чисто механическая часть тормозной системы в таких конструкциях дает неравномерность торможения колес, большую, чем у автомобилей без АБС. Дополнительной проблемой оценки работоспособности АБС является отсутствие на данный момент серийно выпускаемых для СТО тормозных стендов, позволяющих контролировать одновременно тормозные силы на всех колесах автомобиля в режиме больших скоростей его движения. В механическом усилителе экстренного торможения, по мере длительного использования, возможны износы фиксирующих шариков и фасонной муфты, что грозит потерей работоспособности усилителя [16, 17].

Устройство обзорности. Неисправности устройств обзорности с рабочего места водителя по степени опасности при движении автомобиля находятся на втором месте после неисправностей тормозной системы. Водителю необходимо получать максимум зрительной информации об окружающей обстановке, чтобы своевременно заметить опасность и принять меры для предотвращения критических последствий. Обеспечить выполнение этой задачи водителю во много помогают зеркала заднего вида, система очистки наружной поверхности стекол от загрязнения и влаги, устройства защиты стекол от обмерзания и запотевания, противосолнечные щитки или шторки.

Зеркала могут быть плоские или сферические и располагаться внутри кабины (салона) и снаружи. Внутреннее зеркало заднего вида должно обеспечивать возможность видеть с рабочего места водителя линию горизонта и часть плоской и горизонтальной дороги шириной 20 м, начиная с расстояния не более 60 м позади автомобиля. Правое наружное зеркало должно обеспечивать возможность видеть часть плоской и горизонтальной дороги шириной не менее 3,5 м, начиная с расстояния не более 30 м позади водителя. Левое наружное зеркало должно обеспечить возможность видеть дорогу шириной 2,5 м на расстояние 10 м позади водителя.

Предписанная обзорность назад определяется настройкой зеркал и их состоянием. В процессе эксплуатации автомобиля возможны отказы устройств настройки положения зеркал и противосолнечных щитков, что приводит к их произвольному смещению под действием сил тяжести и ускорений, возможно ухудшение отражающей поверхности оптического элемента, его растрескивание. Все это может искажать форму и цвет отражаемых участников движения, приводит к ошибкам в их опознании и оценке характера перемещения.

При проектировании зеркал заднего вида следует обеспечивать удобство и надежность их настройки, желательно, чтобы настройка производилась изнутри салона, непосредственно с рабочего места водителя. Отражающий слой зеркала должен быть надежно защищен от влаги.

Заднее и боковые стекла салона автомобиля, будучи закаленными, при

сильных ударах обычно полностью разрушаются, а ветровое трехслойное стекло растрескивается. Трещины ухудшают обзорность дороги и условия работы стеклоочистителя. Со временем стекла теряют прозрачность вследствие абразивного износа поверхностного слоя.

Используемые для очистки стекол кабины (салона) от загрязнений стеклоочистители и стеклоомыватели должны нормально функционировать при минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала и включенных фарах дальнего света (если приборы имеют электрический привод). Частота перемещения щеток должна быть не менее 35 двойных ходов в минуту, угол поворота щеток обычно равен $100...115^\circ$. Струя омывающей жидкости должна подаваться в середину угла поворота щеток. По требованиям ГОСТ Р52280-2004, стеклоочистители должны иметь не менее трех режимов работы, один из которых обеспечивает прерывистый режим включения привода.

При замерзании жидкости в бачке стеклоомывателя, насос под воздействием льда, как правило, разрушается. В процессе эксплуатации автомобиля возможны отказы привода стеклоочистителя, довольно часто резиновые элементы щеток получают повреждения или меняют свои упругие свойства вследствие старения резины, что ухудшает очистку стекол. Может нарушиться работа механизма по укладыванию щеток в исходное положение после их выключения, это тоже ухудшает обзор дороги.

В целях устранения обмерзания и запотевания стекол, кабина (салон) автомобиля оборудуется системой отопления и обдува стекол теплым воздухом. Могут применяться специальные электрические обогреватели стекол, в виде нагревательных спиралей и токопроводящих пленок.

Возможные нарушения в работе нагревательных устройств (отказ электрического вентилятора, поломки заслонок и направляющих потоки теплого воздуха рефлекторов и т.п.), ухудшая обогрев стекол, будут затруднять обзорность и видимость дороги в зимних условиях эксплуатации автомобиля.

При проектировании автомобиля, расположение всех органов управления стеклоочистителем, стеклоомывателем, системой обдува и обогрева стекол должно предусматриваться в зоне удобной доступности, чтобы водитель настраивал их работу без отвлечения внимания от обзора дороги [16].

Световые приборы. Особое место среди устройств и приспособлений, обеспечивающих активную безопасность автомобиля, занимают внешние световые приборы и светоотражающие устройства – катафоты. Функционирование внешних световых приборов (осветительных и светосигнальных) сказывается на поведении всех участников дорожного движения, на выборе ими скорости и направления движения.

При естественном дневном освещении у водителя больше возможностей логически оценить и ситуацию, и свое поведение по отношению к дру-

гим участникам движения. Ночью или в условиях недостаточной метеорологической видимости (дождь, туман, снегопад, пыльная буря) восприятие информации, обеспечивающей безопасное движения автомобиля, ухудшается.

Используемые в конструкции автомобиля световые приборы должны отвечать заданным требованиям по интенсивности и направлению светового потока и его цвету. В процессе эксплуатации технические характеристики световых приборов ухудшаются. Так, в процессе горения лампы вольфрама, испаряющийся с нити накала, оседает на стеклянной колбе, уменьшая пропускание светового потока. Установлено, что в конце срока службы лампы ее световой поток обычно уменьшается до 75 % от начального.

Тепловые процессы в лампах являются одной из причин изменения регулировки фар ближнего света. Нагрев токопроводящих частей лампы уменьшает их прочность и под действием сил тяжести экрана, смонтированного в лампе возле нити накаливания, в начальный период эксплуатации лампы может происходить самопроизвольный поворот экрана, что приводит к изменению направления светового потока. Нагретые спирали могут разрушаться под действием динамических нагрузок, поэтому лампы обычно перегорают в самый неподходящий момент, когда автомобиль попадает на неровные участки дороги.

Существенное влияние на энергетические характеристики лампы, а значит, и на интенсивность светового потока, оказывает увеличение электрического сопротивления перехода в ламповой колодке или штекерных соединениях. При использовании двухнитевых ламп отказ «массовой» клеммы может приводить к искажению подаваемых сигналов. Например, при включении сигнала левого поворота у автомобиля с неисправной левой лампой начинают одновременно мигать вполнакала и левая и правая лампа. Перегорание (отказ) одной из сигнальных лампочек автомобиля приводит к тому, что при включении аварийной остановки участники дорожного движения получают ложную информацию о намерении водителя совершить поворот.

В процессе движения автомобиля наружные поверхности рассеивателей световых приборов и катафотов подвергаются «бомбардировке» абразивными частицами, что приводит к образованию царапин и микросколов. Такие же повреждения могут возникнуть при очистке загрязненных поверхностей путем их протирания сухой тряпкой. Абразивные повреждения поверхностей существенно снижают эффективность световых приборов и, особенно, катафотов.

В результате естественного старения пластмасс и действия солнечной радиации выцветает краситель и меняется цвет задних фонарей и катафотов. То же наблюдается при растрескивании рассеивателей сигнальных фонарей. Белесый цвет может привести к ошибкам при распознавании положения-

автомобиля и направлении его движения, и это повышает опасность возникновения ДТП [16].

Наличие трещин и сколов рассеивателей резко увеличивает скорость изменения эксплуатационной эффективности световых приборов. При том замена рассеивателя круглых фар при ремонте является весьма ответственной операцией, поскольку должно быть обеспечено строго определенное положение рассеивателя относительно посадочного места под лампу. При ремонте автомобиля абсолютно недопустимо перепутывание проводов, приводящее, как пример, к включению в одной из фар дальнего света вместо ближнего света, и т. п.

С целью повышения активной безопасности современных автомобилей, конструкция их приборов освещения постоянно совершенствуется. В качестве источников света используются не только галогенные, но и газоразрядные лампы. Все более широко наряду с АБС автомобиля оборудуются активным головным освещением, позволяющим создавать безопасные условия при поворотах автомобиля ночью и учитывать положение кузова относительно горизонта и дороги при разных скоростях движения. В качестве входных параметров для расчета функций активного головного света служат угол и скорость поворота рулевого колеса, скорость вращения колес и угловая скорость поворота автомобиля, крены кузова.

При работе активного головного света, встроенный электродвигатель поворачивает модули включенного ближнего света в горизонтальной плоскости на угол до 15° и до $7,5^\circ$, соответственно для внутренней и наружной фары по отношению к центру поворота. Кроме того, в фаре имеется статический головной свет – это лампа с отражателем, которая плавно включается на повороте и освещает ту сторону, в которую производится поворот. После выполнения поворота лампа плавно гаснет.

При выходе из строя ближнего света, регулировка модуля поворота прекращается, статический головной свет также не включается. Неисправности в системе активного головного света заносятся в память блока управления и корректора фар и могут быть считаны при подключении тестера в процессе диагностики. Следует учитывать, что при обесточивании системы, например, при отключении клеммы аккумулятора, вся накопленная информация о неисправностях обычно теряется [16].

Техническое состояние колес. Весьма существенное влияние на активную безопасность автомобиля оказывает техническое состояние колес и связанных с ними элементов. Процессы, влияющие на эксплуатационные показатели шин и их изменение по мере наработки, достаточно широко описаны в литературе [16, 17]. Одним из важных требований безопасности к колесам является надежность их монтажа на ступицах. Не допускаются трещины в диске колеса, отсутствие гаек или болтов крепления диска, а также отклонения момента их затяжки от установленного заводом-

изготовителем значения. Нарушение норм момента затяжки приводит к разрушению отверстий в диске и крепежных деталей, из-за пластической деформации или фреттинг-коррозии.

Автомобили и прицепы должны быть оборудованы грязезащитными фартуками колес. Разрушение фартука или его потеря в процессе эксплуатации автомобиля приводит к выбрасыванию щебня и комков грязи из-под колес, что создает опасность попадания выбрасываемых материалов в световые приборы и ветровое стекло движущегося следом автомобиля. Неожиданные удары по ветровому стеклу на большой скорости чреваты не только его разбиванием, но и могут провоцировать ошибки в действиях [16].

Надежность рулевого управления. Активная безопасность автомобиля связана с его управляемостью, то есть эффективностью и надежностью рулевого управления, которое должно позволять водителю оперативно и без больших затрат труда задавать требуемую траекторию движения автомобиля на любой скорости. Рулевое управление современного автомобиля, включающее гидравлический, электрогидравлический или электромеханический усилитель, является довольно сложным устройством, технические характеристики которого должны оставаться как можно более стабильными по мере эксплуатации автомобиля.

Трущиеся детали рулевого управления подвергаются износу, другие – накоплению усталостных повреждений, так как испытывают циклические нагрузки при движении автомобиля по неровной дороге, особенно когда рулевой привод плохо согласован с кинематикой подвески управляемых колес. Циклические нагрузки приводят к раскачиванию винтовых и шлицевых соединений, что приводит к возникновению увеличенного свободного хода руля, то есть к ухудшению управляемости автомобиля. Возможные ударные нагрузки могут приводить к деформации элементов рулевого управления и подвески автомобиля, что сопровождается изменением углов установки управляемых колес и возникновением дополнительных сил и моментов в деталях рулевого управления. Например при неравенстве углов продольного наклона шкворневой линии правого и левого колес на руле автомобиля возникает постоянно действующий момент, осложняющий управление автомобилем и ухудшающий его активную безопасность.

На сегодняшний день, наиболее совершенным по своим функциональным возможностям является электромеханический усилитель рулевого управления, который включается только по потребности, а это исключает лишние затраты энергии (по имеющимся данным, использование электромеханического усилителя руля вместо гидравлического позволяет снизить расход топлива легкового автомобиля на 0,2 л на 100 км). Если при движении по прямой на автомобиль действует боковой ветер или поперечные усилия, вызванные уклоном дорожного полотна, электромеханический усилитель создает постоянный поддерживающий момент, который освобождает

ет водителя от необходимости создавать реактивные усилия на рулевом колесе.

Конструкция усилителя и система его автоматического управления позволяют при отказе любого из датчиков: угла поворота рулевого колеса, крутящего момента на руле и частоты вращения ротора электродвигателя производить за счет вырабатывания резервного сигнала постепенное отключение усилителя, предотвращая тем самым внезапное прекращение поддерживающего усилия и повышая тем самым активную безопасность автомобиля. При появлении неисправности датчиков и перегреве блока управления на щитке приборов включаются контрольные лампы. Для исключения перегрузок при повороте управляемых колес до упора система управления усилителем оснащена виртуальными ограничителями рулевого управления [16].

Устойчивость и динамические свойства. На активную безопасность могут оказывать влияние и другие элементы: сцепные устройства автомобилей-тягачей, звуковой сигнал, рессоры и др. К числу таких элементов могут быть отнесены все те детали автомобиля, отказ которых способен привести к неожиданной потере обзора дороги.

Активная безопасность в определенной мере зависит и от динамических свойств автомобиля. Тяговые свойства (тяговая динамика) автомобиля определяют его способность интенсивно увеличивать скорость движения. С этими свойствами во многом связана уверенность водителя при обгоне, проезде перекрестков. Особенно важное значение тяговая динамика имеет для выхода из аварийных ситуаций, когда тормозить уже поздно, маневрировать не позволяют сложные условия, а избежать ДТП можно только опередив события.

Так же, как и в случае с тормозными силами, сила тяги на колесе не должна быть больше силы сцепления с дорогой, иначе колесо начнет пробуксовывать. При исчерпании силы сцепления, даже небольшая сила, направленная вдоль оси вращения колеса, приводит к его смещению, то есть боковому юзу и неуправляемому изменению траектории движения автомобиля. Для предотвращения такого явления современные автомобили, оборудованные АБС, часто дополнительно оснащают специальной противобуксовочной системой (ПБС). При разгоне автомобиля, ПБС автоматически притормаживает колесо, скорость вращения которого больше, чем у остальных колес, а при необходимости уменьшает мощность, развиваемую двигателем, и тяговую силу на колесах. Все это повышает активную безопасность автомобиля.

Многие водители, считающие себя опытными, начиная эксплуатировать автомобиль с АБС и ПБС, высказывают неудовольствие вмешательством автоматики в управление автомобилем, однако отказ автоматического регулирования всегда будет приводить к снижению активной безопасности

автомобиля [16].

Комфортабельность рабочего места водителя. Важную роль в вопросах активной безопасности автомобиля играет комфортабельность рабочего места водителя. Комфортабельность автомобиля определяет время, в течение которого водитель способен управлять машиной без утомления. Очевидным условием комфортабельности рабочего места является наличие регулируемого по фигуре водителя сидения, удобство расположения органов управления автомобилем, поддержание оптимальной температуры и вентиляция кабины. Сюда же надо отнести удобство обзора щитка приборов, их подсветку. Увеличению комфорта способствует использование автоматической коробки передач, регуляторов скорости (круиз-контроль). В настоящее время выпускаются автомобили, оборудованные адаптивным круиз-контролем. Он не только автоматически поддерживает скорость на заданном уровне, но и при необходимости снижает ее, вплоть до полной остановки автомобиля. На комфортабельность автомобиля существенное влияние оказывают плавность хода, а также уровень вибраций и шума в кабине.

В процессе эксплуатации автомобиля комфортабельность рабочего места водителя снижается, за счет возникающих неисправностей сиденья, перегораний лампочек подсветки приборов, ухудшения рабочих характеристик виброизоляторов и т.п. В большинстве случаев такие «мелкие» неисправности не устраняют в момент их возникновения из-за нежелания простоя автомобиля в текущем ремонте и по причине пренебрежительного отношения водителя к влиянию комфортабельности рабочего места на активную безопасность автомобиля. Оба эти обстоятельства противоречат нормам грамотной эксплуатации транспортного средства.

При проектировании элементов рабочего места водителя и, в частности, панелей приборов, следует находить компромисс между информативностью сигнальных устройств и их отвлекающим воздействием. Излишне яркие вспышки сигнальных ламп или резкие звуки зуммеров резко переключают внимание водителя и способны приводить к ошибкам в управлении автомобилем, то есть снижать активную безопасность.

1.3.3 Пассивная безопасность

Пассивная безопасность автомобиля должна обеспечивать выживание и сведение к минимуму количество и тяжесть травм пассажиров автомобиля, попавшего в ДТП, а также других участников аварии. В последние годы пассивная безопасность автомобиля сделалась одним из наиважнейших свойств его качества. В изучение и расширение возможностей пассивной безопасности производители автомобилей инвестируют огромные средства, и не только потому, что фирмы заботятся о здоровье клиентов, но и затем, что безопасность является рычагом продажи автомобилей [16].

Пассивная безопасность в основном зависит от конструкции автомобиля, но в определенной мере и от качества его изготовления и технического обслуживания в процессе эксплуатации.

Пассивную безопасность различают на внешнюю и внутреннюю.

Внешняя достигается исключением на наружной поверхности кузова острых углов, выступающих ручек, зеркал, фаркопа, кронштейнов антенн, всего того, что может сильно травмировать пешеходов или пассажиров, выброшенных в момент ДТП из салона. В процессе эксплуатации автомобиля его внешняя пассивная безопасность может ухудшаться при необдуманном тюнинге, когда автомобиль «украшают» жесткими, выступающими за габариты спойлерами, решетками-«кенгурятниками» и т. п.

Внутренняя безопасность обеспечивается конструкцией кузова и элементов салона автомобиля. Центральная часть кузова должна иметь достаточную жесткость и не деформироваться при перевороте автомобиля, а передняя и задняя части – обеспечивать максимальную деформацию при ударах кузова спереди или сзади, что снижает ускорения и силы, воздействующие на людей, находящихся в автомобиле при ДТП. В интерьере салона (кабины) не должно быть элементов с острыми кромками, которые могут поранить человека при ДТП. Должно быть исключено самопроизвольное открывание дверей.

По существующим нормам, каждая система дверной защелки в полностью запертом положении должна выдерживать нагрузку в 11 кН (1121 кгс), приложенную в перпендикулярном лицевой поверхности защелки направлении, а также нагрузку в 9 кН (917 кгс), приложенную в направлении отпирания храповика и параллельно лицевой поверхности защелки. Наконец, система дверной защелки должна соответствовать предписаниям в отношении устойчивости к воздействию динамической инерционной нагрузки при ускорении 30 g, приложенной к ней в направлениях, параллельных продольной и поперечной осям транспортного средства, а в случае задней двери – еще и в направлении, параллельном вертикальной оси транспортного средства. Те же нагрузки должны выдерживать и дверные петли. Не менее жесткие требования предъявляются к устройствам фиксации шарнирно закрепленных кабин грузовых автомобилей. Для повышения безопасности по самопроизвольному опрокидыванию кабины обычно конструкторы дублируют устройства фиксации кабины на раме.

Специальные устройства. К средствам пассивной безопасности можно отнести запасные выходы в автобусах, противоподкатные брусья в задней части грузовых автомобилей и прицепов, а также специальные устройства: ремни и подушки безопасности, складывающуюся травмобезопасную рулевую колонку, бамперы с энергопоглощающими элементами и т.д.

Система ремней безопасности, несомненно, является наиболее простым и действенным способом защиты человека во время аварии. В послед-

ние годы произошли существенные изменения, повысившие степень безопасности пассажиров. Так, система предварительного натяжения ремней (belt pretensioner) в случае аварии притягивает корпус человека к спинке сидения, тем самым предотвращая продвижение корпуса вперед либо проскальзывание под ремнем. Дополнительным элементом ремней безопасности с преднатяжителем является система ограничения максимальной нагрузки на тело. При ее срабатывании ремень слегка ослабляется, уменьшая ускорение замедления и нагрузку на тело в момент ДТП.

Одной из распространенных и действенных систем безопасности в современных автомобилях (после ремней безопасности) являются воздушные подушки. Они начали широко использоваться уже в конце 70-х годов, но лишь десятилетие спустя заняли достойное место в системах безопасности автомобилей большинства изготовителей.

Подушки размещаются не только перед водителем, но и перед передним пассажиром, а также с боков (в дверях, стойках кузова и т. д.), для защиты людей при боковых ударах.

По мере старения автомобиля могут меняться и свойства элементов пассивной безопасности. Под действием многократных перегибов и неаккуратного обращения разрушаются ремни безопасности, их замки, элементы крепления и автоматического натяжения. Возможны отказы и подушек безопасности, когда они могут не сработать при ДТП или сработать самопроизвольно. (Некоторые модели автомобилей имеют их принудительное отключение из-за того, что люди с больным сердцем и дети могут не выдержать ложного срабатывания.)

Достаточно важным элементом пассивной безопасности автомобиля являются установленные на спинки сидений подголовники. Роль подголовника – предотвратить резкое движение головы в момент аварии. Современные подголовники имеют две степени регулировки, позволяющие предотвратить травмы шейных позвонков при движении «взахлест», столь характерные при наездах на автомобиль сзади. В процессе эксплуатации автомобиля необходимо обеспечивать надежность элементов крепления и правильную регулировку подголовников.

Необратимые процессы старения резины и пластмасс меняют их свойства. В частности, панели щитка приборов могут сделаться хрупкими и твердыми и поэтому ранить людей в условиях ДТП; износ элементов регулировки положения сиденья способен привести к непредвиденному и опасному его перемещению; со временем может нарушиться подвижность складывающейся при ДТП рулевой колонки, и т.п. [16].

Характерная особенность элементов пассивной безопасности состоит в том, что состояние многих из них не может быть выявлено при плановых технических обслуживаниях автомобиля, поскольку контроль производится только при разрушающих испытаниях. Отсюда вытекает следующая поста-

новка вопроса: при проектировании автомобиля планировать для элементов обеспечения пассивной безопасности материалы со стабильными свойствами, а конструкция этих элементов должна позволять в условиях эксплуатации автомобиля проведение хотя бы косвенной проверки их работоспособности без разрушающих испытаний.

Существенной проблемой обеспечения пассивной безопасности автомобиля является то, что люди часто игнорируют предусмотренные средства защиты (не застегивают ремни безопасности, не фиксируют замки дверей и т.п.), несмотря на очень серьезные последствия таких нарушений. По статистике США, случаи выброса водителя или пассажиров за пределы транспортного средства через двери при ДТП составляют менее 1 % общего числа людей, получивших серьезные или смертельные ранения вследствие столкновений и опрокидываний автотранспортных средств, но 94 % из них приходится на тех, кто не был пристегнут ремнями безопасности.

Конструкторам полезно предусматривать автоматически срабатывающую тревожную сигнализацию или даже блокировку запуска автомобиля в условиях, когда не выполняются предписанные действия по безопасной эксплуатации автомобиля [16].

1.4 Организация дорожного движения автомобиля

Организация дорожного движения – это комплекс организационно-правовых, организационно-технических мероприятий и распорядительных действий по управлению движением на дорогах. Организовать дорожное движение – значит с помощью инженерно-технических и организационных мероприятий создать на существующей улично-дорожной сети условия для достаточно быстрого, безопасного и удобного движения транспортных средств и пешеходов: частичная реконструкция отдельных элементов улично-дорожной сети (перепланировка перекрестков, сооружение островков безопасности, оборудование автобусных остановок); установка технических средств ОДД (знаки, светофоры, разметка, ограждения); внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением; изменение графика движения маршрутного пассажирского транспорта; различные ограничения в движении и т.п. [9, 10, 11].

Автомобильные дороги – это комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения движения нерельсовых транспортных средств и пешеходов.

По характеру работы автомобильные дороги на всем протяжении или на отдельных участках в зависимости от расчетной интенсивности движения и их народно-хозяйственного и административного значения подразделяют согласно СНиП 2.05.02–85 «Автомобильные дороги» на пять категорий (табл. 1.2).

Для дорог каждой категории устанавливают определенные технические нормативы, рассчитанные на обеспечение безопасности движения одиночных легковых автомобилей при хорошей видимости в сухую погоду или при увлажненной чистой поверхности покрытия с расчетными скоростями, соответствующими данной категории дороги. Нормативная база требований обеспечения безопасности дорожного движения и методов контроля технического состояния транспортных машин в эксплуатации представлены на рис. 1.6 [11].

Таблица 1.2

**Основные технические характеристики автомобильных дорог
по СНиП 2.05.02–85**

Показатели	Категории дорог					
	I-a	I-б	II	III	IV	V
Среднесуточная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях, авт./сут.	Более 7000	Более 7000	3000-7000	1000-3000	100-1000	Менее 100
Расчетная скорость движения, км/ч	150	120	120	100	80	60
Число полос движения	4; 6; 8	4; 6; 8	2	2	2	1
Ширина полосы, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	НР
Ширина проезжей части (в обоих направлениях), м	15	15	7,5	7	6	4,5
Ширина обочин, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2	1,75
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м	6	5	НР	НР	НР	НР
Наибольшие продольные уклоны, %	3	4	4	5	6	7
Наименьшее расстояние видимости встречного автомобиля, м	НР	450	450	350	250	170
Наименьшие радиусы кривых в плане, м	1200	800	800	600	300	150
Наименьшие радиусы вертикальных кривых (в продольном профиле), м:						
выпуклых	30000	15000	15000	10000	5000	2500
вогнутых	8000	5000	5000	3000	2000	1500

Примечание. НР – не регламентируется.

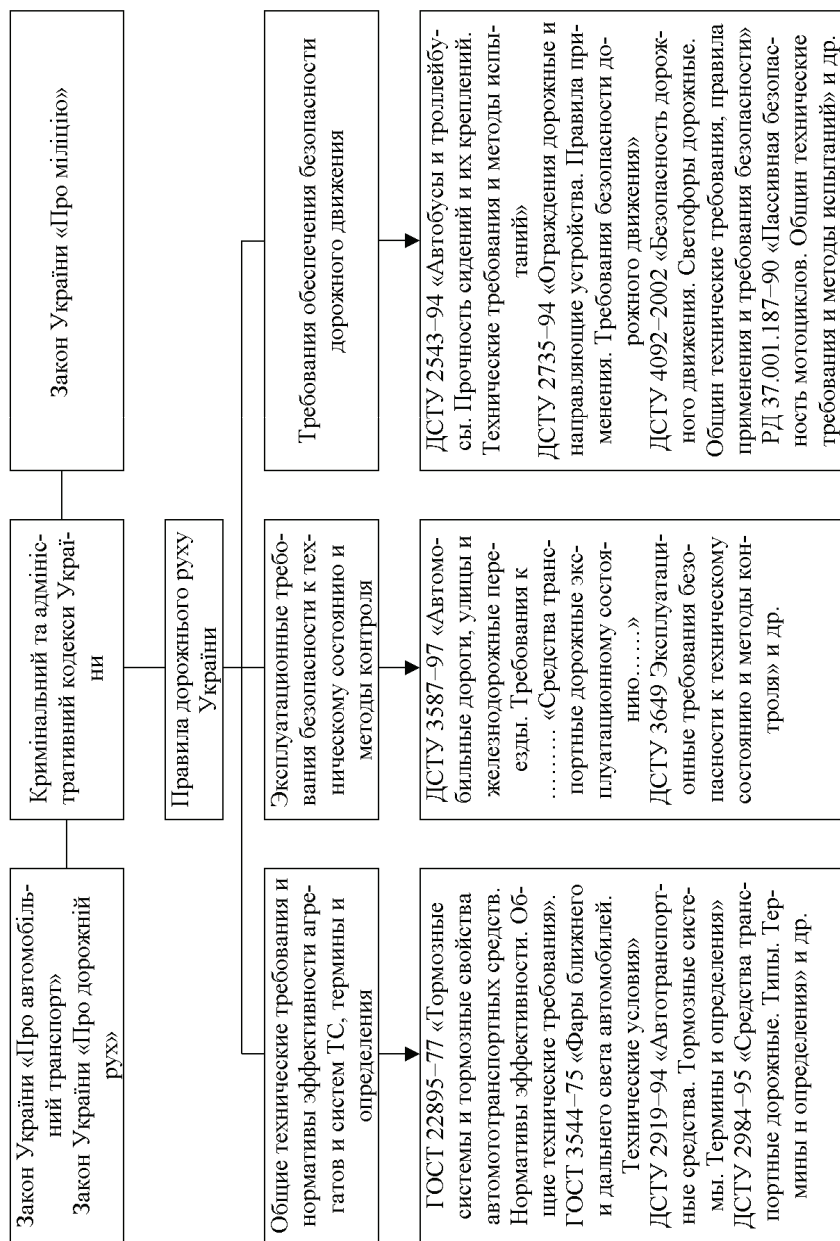


Рис. 1.6. Нормативные требования обеспечения безопасности дорожного движения машин

Условно можно выделить следующие основные направления ОДД:

- разделение движения в пространстве и времени;
- формирование однородного транспортного потока;
- оптимизация скорости движения на улицах и дорогах;
- организация движения пешеходов;
- решение проблем организации временных стоянок.

Для ОДД разрабатывают схемы расстановки дорожных знаков с обозначением мест и способов их установки и схемы дорожной разметки, в том числе горизонтальной – для дорог с капитальным и облегченным дорожными покрытиями. Разметка должна сочетаться с установкой дорожных знаков. Размещение технических средств ОДД осуществляется в соответствии с ГОСТ 23457–86 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения», ГОСТ Р 50970–96 «Технические средства организации дорожного движения. Столбики сигнальные дорожные. Общие технические требования. Правила применения», ГОСТ Р 50971–96 «Технические средства организации дорожного движения. Световозвращатели дорожные. Общие технические требования. Правила применения» и ГОСТ Р 51256–99 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования».

Для выделения пешеходных переходов, остановок переходно-скоростных полос, дополнительных полос на подъемах, полос для остановок автомобилей, проезжей части в тоннелях и под путепроводами, на железнодорожных переездах, малых мостах и других участках, где препятствия плохо видны на фоне дорожного покрытия, рекомендуется применять осветленные покрытия.

Пересечение автомобильных дорог категории I-а с дорогами всех категорий и дорог категорий I-б и II с дорогами II и III категорий осуществляется на различных уровнях (организуются транспортные развязки). При этом дороги I и II категорий выполняют без левых поворотов, а также въездов и съездов с левыми поворотами, при которых пересекались бы в одном уровне потоки основных направлений движения. Транспортные развязки также целесообразны при пересечении с железнодорожными путями дорог I–III категорий в любых случаях и дорог IV и V категорий в случае движения по этим дорогам троллейбусов или трамваев.

Стационарное электрическое освещение на автомобильных дорогах предусматривается на участках в пределах населенных пунктов, на больших мостах, автобусных остановках, пересечениях дорог I и II категорий между собой и с железными дорогами, на всех соединительных ответвлениях узлов пересечений и подходах к ним, кольцевых пересечениях. Освещенность участков автомобильных дорог в пределах населенных пунктов должна соответствовать требованиям СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное

освещение», а автомобильных тоннелей – СНиП 32–04–97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные». Осветительные установки пересечений автомобильных и железных дорог в одном уровне должны соответствовать нормам искусственного освещения, регламентируемым Системой стандартов безопасности труда на железнодорожном транспорте. Опоры светильников должны размещаться за бровкой земляного полотна или на разделительной полосе шириной не менее 5 м с установкой ограждений. Включение освещения участков автомобильных дорог производится при снижении уровня естественной освещенности до 15....20 лк.

На дорогах I категории должна быть установлена аварийно-вызывная связь. При смешанном составе транспортного потока на участках дорог II и III категорий предусматриваются дополнительные полосы проезжей части для грузового движения в сторону подъема. На участках дорог V категории при необходимости предусматривается устройство развязок.

На кривых участках дорог в плане с радиусом менее 2 000 м (для дорог I категории – менее 3 000 м) необходимо предусматривать устройство виражей исходя из условий обеспечения безопасности движения автомобилей с наибольшими скоростями.

На трудных участках дорог в горной местности предусматриваются площадки для остановки автомобилей. Размеры площадок должны обеспечивать стоянку не менее 3...5 грузовых автомобилей. Независимо от наличия площадок на затяжных спусках следует предусматривать противоаварийные съезды.

Автобусные остановки на дорогах категории I-а следует располагать вне пределов земляного полотна и отделять от проезжей части. Остановочные площадки на дорогах категорий I-б–III должны отделяться от проезжей части разделительной полосой.

1.5 Приработка поверхностей трения при производстве и вводе машин в эксплуатацию

Приработка пар трения происходит в процессе «притирки» микрогеометрии контактирующих поверхностей, «самоорганизации» тонких трущихся поверхностных слоев, обладающих высокими трибологическими качествами. Качество «притирки» и «самоорганизации» трущихся поверхностей зависит от многочисленных факторов, которые можно объединить в технологию приработки, но физический механизм этих процессов до сих пор полностью не раскрыт. По-видимому механизм такой приработки можно будет объяснить с позиций нанотехнологии.

Опыт показывает, что продолжительность приработки тем короче и объем изношенного металла тем меньше, чем ближе исходная шероховатость трущихся поверхностей к шероховатости их после приработки [12].

Поскольку к установившейся стадии изнашивания одинаковые пары трения приходят с соответственно одинаковыми шероховатостями поверхностей, то при прочих равных условиях скорость установившегося изнашивания должна быть одной и той же. Влияние исходной шероховатости поверхности на интенсивность изнашивания ограничивается стадией приработки.

На рис. 1.7 представлены кривые износа одной и той же пары трения, кривая 1 относится к исходной шероховатости поверхности, требующей приработки меньшей длительности t_1 . Начиная с момента t_2 , течение кривых в лучшем случае может быть параллельное: скорости изнашивания равны, но сохраняется постоянная разность износов $\Delta И$, обусловленная большей скоростью изнашивания на приработке по кривой 2. Влияние этой разницы заметнее при меньшей установившейся скорости или интенсивности изнашивания.

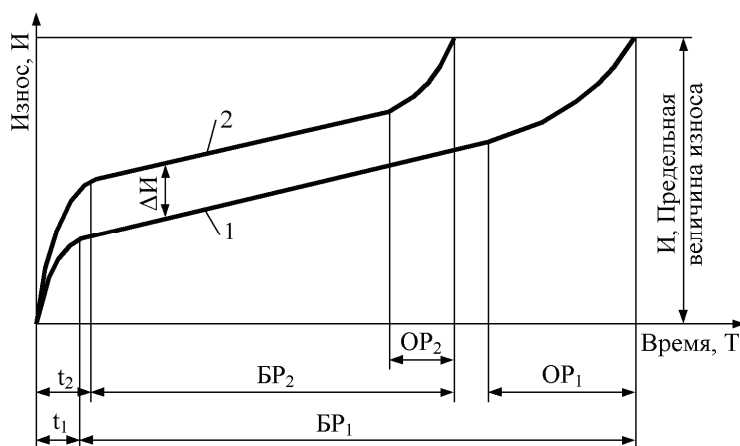


Рис. 1.7. Влияние исходной шероховатости поверхности на интенсивность изнашивания: 1 – при ускоренной обкатке; 2 – при типовой обкатке

Исходная шероховатость поверхностей после типовой приработки влияет на величину исходного износа-зазора в парах трения. В результате безопасный ресурс $БР_2$ и остаточный ресурс $ОР_2$ пары трения 2 меньший по сравнению с парой трения 1. Причем изнашивание на стадии остаточного ресурса $ОР_1$ протекает медленно. Снижение ресурса пары трения 2 происходит за счет завышенного исходного зазора. Наличие завышенного исходного зазора (по сравнению с оптимальным) в парах трения приводит к ускоренному изнашиванию. В этом случае наклон кривой изнашивания 2 больший, чем у кривой 1. На скорость изнашивания влияет технология приработки, включая рабочие режимы, качество смазочных материалов и присадки к ним.

Вместе с тем [17] чрезмерно гладкие поверхности или чрезмерно грубые по отношению к их оптимальной шероховатости отрицательно сказываются на износостойкости детали. Грубые поверхности контактируют на сравнительно небольшом числе пятен с малой общей площадью при высоких удельных нагрузках. В связи с необходимостью удаления значительных неровностей поверхностей в процессе приработки начальный износ возрастает и может потребоваться больше времени на приработку; не исключается образование крупных частиц износа, которые могут вызвать задиры. Слишком гладкие поверхности в меньшей степени адсорбируют смазочные материалы. Это, например, подтверждает нерастекаемость олеиновой кислоты на полированной стальной поверхности и плохая смачиваемость маслами полированной поверхности гладкого хрома. Более обстоятельно это доказывается методом центрифугирования.

Худшая адсорбция смазочного материала повышает возможность схватывания поверхностей. С другой стороны, из-за большей фактической площади контакта гладких поверхностей скорость их изнашивания невелика и может оказаться недостаточной для такого срабатывания сопряженных поверхностей, которое необходимо для предупреждения опасной концентрации напряжений. Последние возникают в связи с изменениями во взаиморасположении поверхностей вследствие всевозрастающих в процессе приработки температурных деформаций и нагрузки. В результате может произойти заедание пары трения даже после длительной работы.

Определение оптимальной шероховатости, свойственной поверхностям трения деталей в условиях нормальной эксплуатации, должно служить конструктору основой для назначения шероховатости трущихся поверхностей.

Использование новых технологий обкатки позволяет увеличить ресурс двигателей 30...40 %, а время самой обкатки – сократить в 3...4 раза [12].

Проблема ускоренной обкатки автотракторных двигателей становится особенно актуальной в связи с тем, что ресурс двигателей после капитального ремонта в большинстве случаев составляет 30...47 % ресурса новых двигателей. Например при нормативном ресурсе нового двигателя ЗМЗ-53, равном 160 тыс. км, ресурс отремонтированного двигателя составляет 55...65 тыс. км. В период эксплуатации машин до капитального ремонта их двигатели подвергаются капитальному ремонту от двух до шести раз. Например, автомобиль ЗИЛ-130 поступает в капитальный ремонт примерно на восьмой год, а его двигатель за этот период проходит ремонт два-три раза. Все это свидетельствует о необходимости проведения работ по повышению качества ремонта двигателей.

Повышение качества обкатки как завершающей технологической операции изготовления и ремонта двигателей может существенно влиять на процессы изнашивания. Основную концепцию ускоренной приработки при

обкатке можно проиллюстрировать на примере кривых износа (рис. 1.8) [12]. Кривая износа при ускоренной обкатке в связи с образованием на поверхности трения сервовитной пленки более пологая. Приработочный износ значительно меньше, чем при типовой обкатке (см. рис. 1.7). Время обкатки также меньше.

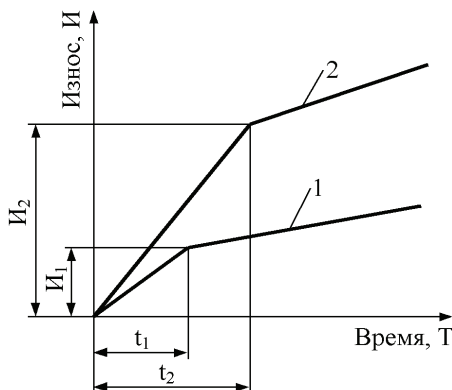


Рис. 1.8. Зависимость износа деталей от времени обкатки двигателей:
1 — при ускоренной обкатке; 2 — при типовой обкатке

Известно, что скорость износа деталей после ремонта возрастает по сравнению со скоростью износа деталей нового двигателя. Например, у отремонтированного двигателя скорость увеличения зазора в соединении шатунный вкладыш-шейка коленчатого вала возрастает в 1,25 раза по сравнению с новым. За первые 15 мин. приработки двигателей на стенде износ деталей отремонтированного двигателя в 1,7...2,2 раза превышает износ деталей нового.

Исследованиями ГОСНИТИ установлено, что износ деталей машин за время приработки составляет 10...20 % от предельной величины. По другим данным эта величина составляет 30...40 % от предельного.

Обкатку двигателей производят на различных режимах (по времени, нагрузке и скорости). В настоящее время отсутствуют обоснованные методики расчета оптимальных режимов стендовой обкатки, даже однотипные двигатели на разных заводах обкатывают на разных режимах. Продолжительность обкатки отремонтированных двигателей колеблется от 0,5 до 3 ч при нагрузках и скоростях, составляющих 50...100 % от номинальных значений. При этом двигатели или не достигают номинальной мощности (даже при сдаточных испытаниях) или работают с ней короткое время (не более 5 мин).

Как правило, заводская обкатка по времени ограничивается внутренними экономическими соображениями, а не готовностью пар трения к вос-

приятно эксплуатационных нагрузок. За время стендовой обкатки на эксплуатационных маслах приработка деталей завершиться не может. Многие исследователи установили, что для полной приработки деталей требуется 40...60 ч. Это является причиной того, что заводы-изготовители предписывают первоначальную эксплуатацию машин в условиях хозяйств производить со сниженными (на 25 %) скоростями и нагрузками. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства эксплуатировать машины на облегченных режимах часто не представляется возможным, поэтому преждевременный перевод двигателей на работу с полной мощностью приводит к повышенным износам, задирам деталей и даже заклиниванию двигателей. Это также является основной причиной снижения ресурса отремонтированных двигателей.

В связи с этим крайне важно приработку деталей двигателей завершать на заводе, исключив ее в процессе эксплуатации. Это может быть достигнуто применением в процессе обкатки металлоплакирующих смазочных материалов, создающих на поверхностях трения сервовитную пленку, которая заполняет впадины шероховатостей и выступы.

1.6 Принципы обеспечения надежности машин после истощения назначенного безопасного ресурса

Известно, что исходное техническое состояние машины меняется в процессе эксплуатации [2]. Исходная прочность (несущая способность под действием экстремальных расчетных нагрузок) снижается, а заложенные в конструкцию изделия зазоры в процессе эксплуатации увеличиваются за счет влияния большого числа эксплуатационных факторов (рис. 1.9) [2]. Происходит развитие деградационных процессов различной физической природы (изменение свойств материала, усталость, износ, коррозия и т.д., см. рис. 1.10). Часть из этих процессов вызывает видимые или диагностируемые повреждения. Но значительная часть этих процессов проходит скрытно, и поврежденное состояние конструкции не всегда может быть выявлено в эксплуатации имеющимися средствами и методами. Примером такого инкубационного периода деградации является первая фаза усталостного повреждения до возникновения обнаруживаемой трещины или другого повреждения.

Основными задачами проблемы определения ресурса по условиям усталостной прочности являются [1]:

- формирование перечня критических мест конструкции;
- определение предельного состояния для каждого из критических мест;
- определение максимального необнаруживаемого размера повреждения;
- выбор процесса эксплуатации;
- определение средней долговечности от начала эксплуатации до пре-

- дельного состояния;
- определение средней долговечности между состоянием, характеризующимся наличием повреждения максимального необнаруживаемого размера, и предельным состоянием;
 - использование необходимых запасов по долговечности с учетом выбранного процесса эксплуатации для установления эксплуатационных ограничений по наработке на момент первого осмотра (или ресурсного ограничения) и на интервалы между осмотрами.



Рис. 1.9. Классификация факторов, влияющих на надежность

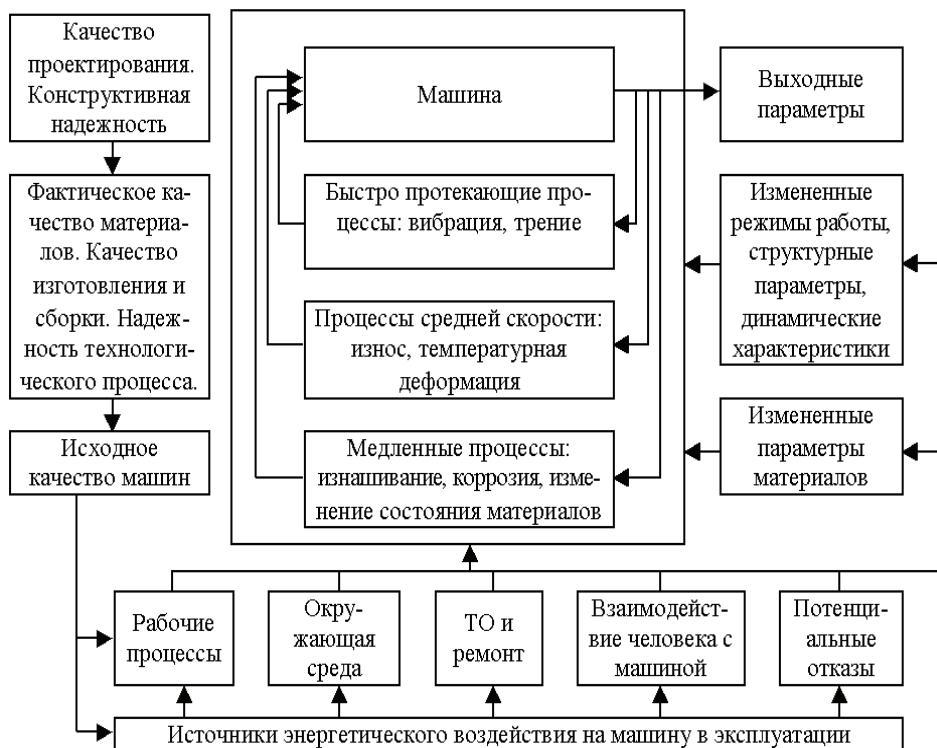


Рис. 1.10. Физико-вероятностная модель энергетических воздействий на машину в процессе эксплуатации

Необходимым условием обоснованного обеспечения прочностной безопасности объекта повышенной ответственности является выполнение всех без исключения перечисленных задач. При этом в зависимости от стадии жизненного цикла объекта уровень доверия к результатам этих действий должен быть различным.

Перечень критических (слабых) мест машины на этапе проектирования целесообразно иметь несколько избыточным. По мере накопления информации, особенно по опыту фактической эксплуатации, этот перечень может быть уточнен. В расчетных моделях определения нагруженности и долговечности целесообразно иметь некоторые запасы, они будут впоследствии изъяты с помощью соответствующих испытаний и т.д. Целесообразно вообще придерживаться следующего простого принципа: всякая новая информация, уточняющая ситуацию и требующая значительных затрат на ее получение, должна приводить к ослаблению (расширению) имеющихся ограничений, поскольку в противном случае стимула для получения этой информации не будет.

Исключение составляют объекты повышенной ответственности (руле-

вое управление, тормозная система, ходовая часть), для которых безопасность является приоритетным критерием, и если новые данные указывают на необходимость ужесточения ограничений, это условие должно быть выполнено любой материальной ценой. Однако такая ситуация весьма нежелательна, и ее можно избежать, обеспечивая определенную избыточность на стадии проектирования.

При применении индивидуального мониторинга для каждого критического места конструкции должен быть найден некоторый физический параметр, который может рассматриваться как индикатор состояния конструкции. Наилучшим вариантом является такой, когда индикатор выражен тем же физическим фактором, что и предельное состояние, например, величиной износа или длиной усталостной трещины, уровнем вибрации.

Для выполнения условия контролируемости состояния в качестве индикаторов могут использоваться некоторые косвенные диагностические параметры, которые максимально тесно коррелированы с факторами состояния. Если корреляция слаба, эффективность индивидуального мониторинга будет снижаться.

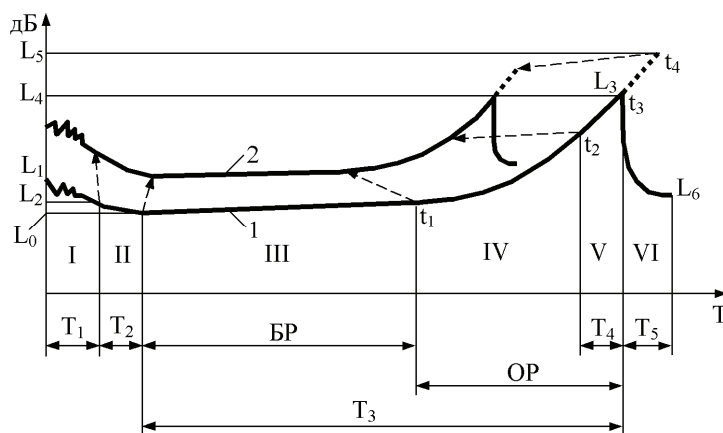


Рис. 1.11. Схема изменения диагностического параметра виброускорений в жизненном цикле (I...VI) машины (элемента)

На рис. 1.11 приведена схема изменения диагностического параметра виброускорений конструктивного элемента машины на всех стадиях жизненного цикла (I...VI) [13], где 1,2 — высокий (1) и низкий (2) уровни конструкторско-технологической разработки, изготовления и доводки машин; T_1 — период разработки и доводки машин; T_2 — период приработки; T_3 — период нормального функционирования (полный ресурс); БР — безопасный ресурс; L_1 — начало планово-предупредительного обслуживания согласно назначенной системы (ППР); участок $t_1...t_2$ — период зарождения и развития дефек-

тов; t_3 – фактический срок проведения ремонта; $t_3 \dots t_4$ – период появления отказов; T_4 – предельное значение эксплуатации до ремонта; T_5 – период доводки и приработки после ремонта; L_0 – уровни вибрации после приработки (обкатки с доводкой); L_1 – уровни вибрации машины после изготовления; L_2 – уровни вибрации машины после доводки; L_3 – уровни допустимой вибрации для диагностируемого элемента машины; L_4 – уровни предельно допустимой вибрации, требующие остановки и решения о пригодности к ремонту, замене узла, агрегата или машины; L_5 – аварийные уровни вибрации машины; L_6 – уровни вибрации машины после ремонта ($L_6 \geq L_2$), которые больше не менее чем на 4 дБ [13]; ОР – остаточный ресурс.

Несмотря на всю несхожесть, физических причин деградации, они обладают тем общим свойством, что окончательный – отказ (разрушение) конструкции произойдет из-за нехватки остаточной прочности – несущей способности, сохранившейся к этому моменту. Предельное по условиям прочности состояние конструкции, различное по своим физическим проявлениям (усталостная трещина, износ поверхности, наличие коррозионного повреждения), должно характеризоваться, по существу, единым признаком – величиной остаточной прочности. Момент снижения прочности до допустимого уровня и следует считать моментом исчерпания ресурса по тем или иным деградационным причинам.

Как бы в действительности ни проходил реальный процесс обеспечения безопасности по условиям прочности и долговечности, главным его свойством является то, что машина является «живой» динамической системой, потребляющей информацию и реагирующей на нее, учитывающей реальное соответствие (или несоответствие) прогнозов фактической жизни. Поэтому остаточный ресурс является текущим ресурсным состоянием, которое реализуется на объектах с учетом проводимого систематического переоценивания очередных прогнозов, «отслеживания» реальной ситуации, использования обратных связей и т.п. путем диагностирования.

Природа конструкции, технологии производства распоряжаются так, что при всей внешней и внутренней схожести каждая машина индивидуальна. В процессе эксплуатации машины еще больше становятся индивидуальными [2]. Поэтому не существует достаточно единых рецептов для всех машин и всех стадий жизненного цикла.

Диагностирование должно осуществляться конкретными способами и методами, направленными, в первую очередь, на уточнение составных элементов и результатов описанной системы мероприятий, которая должна быть задействована, начиная с этапа проектирования. С этих позиций понятие остаточный ресурс следует понимать, как те характеристики, которые становятся справедливыми с момента использования некоторой новой информации (в особенности из опыта эксплуатации) и остаются ими до получения и использования очередных более уточненных данных.

Если индивидуальное диагностирование машины не является непрерывным, а характеризуется интервалами с конечной периодичностью между моментами контроля, то должны быть приняты меры для предотвращения достижения предельного состояния $t_3 \dots t_4$, см. рис. 1.11, в промежутке между периодическими контролями диагностических параметров. Это достигается за счет тщательной статистической экстраполяции индивидуальной эмпирической зависимости «состояние-долговечность», полученной по результатам систематических осмотров одного и того же экземпляра конструкции, либо, если такая экстраполяция представляется ненадежной, путем «возврата на исходные позиции» и использования для прогноза на предстоящий интервал идеологии «наихудшего экземпляра».

Более трудной является ситуация, когда предельное состояние характеризуется мерой, отличной от той, которую возможно «отследить» в процессе эксплуатации. В этом случае темп приближения к предельному состоянию можно выявить лишь за счет возможных связей, существующих между затратами, например, энергоносителей. Затраты топлива на функционирование автомобиля нецелесообразно связывать с календарной продолжительностью эксплуатации, поскольку такая связь хотя и существует, но является достаточно слабой. Более предпочтительной мерой (кроме, естественно, прямого измерения расхода топлива) является наработка в километрах пробега, снижение мощности двигателя, анализ состава ОГ, хотя и эта связь является далеко не однозначной.

Одним из важных направлений уточнения ресурсных характеристик является выбор подходящего процесса эксплуатации, максимально адекватной процессу накопления усталости. На этой основе строится процедура, которую можно назвать нагрузочным мониторингом.

Техническая реализация нагрузочного мониторинга грузовых машин может быть выполнена по следующим двум основным направлениям:

- определение нагруженности в критических местах конструкции на основе измерений совокупности параметров эксплуатации и использования функциональных или корреляционных связей этих параметров с нагрузками и их повторяемостью. Установление связей проводится на основе расчетных методов с последующим экспериментальным подтверждением в процессе диагностических испытаний. Определение нагрузок может проводиться либо в наземных центрах обработки по завершению одного или нескольких циклов эксплуатации, либо осуществляться в процессе эксплуатации с помощью бортовой вычислительной системы;
- определение с помощью бортовой вычислительной системы величины условной расчетной усталостной повреждаемости по реализации номинальной относительной деформации в окрестности критического места за эксплуатационный цикл и установление корреля-

ционной связи между этой величиной и эталонной повреждаемостью критического места при проведении фактических испытаний.

В результате разных скоростей старения в эксплуатации после исчерпания безопасного ресурса БР (см. рис. 1.11) нет двух одинаковых по техническому состоянию машин. Однако транспортные машины экономически не выгодно снимать с эксплуатации или осуществлять их капитальный ремонт после исчерпания гарантированного безопасного ресурса БР (см. рис. 1.11), поскольку остается недоиспользованная остаточная прочность и ресурс машины (элемента) (участки IV и V, см. рис. 1.11). В большинстве случаев выработка машиной ресурса на участке БР составляет 75 % от общего (полного) ресурса ОР (см. рис. 1.11) [13, 14]. Количественно точно определить увеличение безопасного ресурса на стадиях IV и V по сравнению с гарантированным безопасным ресурсом БР представляется сложным из-за неодинаковой скорости роста влияния многочисленных производственных и технологических дефектов, различного исходного качества материалов и качества изготовления деталей, их сборки и монтажа, скорости износа, прогнозирования эксплуатационных условий использования машин, человеческих и других факторов. В этом случае темп приближения к предельному состоянию можно отследить в процессе эксплуатации путем диагностирования.

Методы диагностирования позволяют обнаружить существенное снижение прочности на участке IV и V последствия деградиационных процессов (усталостные макротрещины, существенные коррозионные повреждения, износа и т.д.). Это позволяет предотвращать достижение предельного состояния на основе более эффективного по сравнению с ограничением наработки БР, путем проведения систематического (по жестко установленным правилам и срокам) контроля состояния конструкции в эксплуатации.

Поскольку прямое измерение предельного состояния затруднительно или даже невозможно, смысл диагностирования как измерения процесса эксплуатации сводится к введению таких понятий, как ресурс, срок службы, интервал между осмотрами и ремонтами и т.д., чтобы связать с ними характеристику предельного состояния и на этой основе принимать необходимые решения о правилах и порядке эксплуатации.

В связи с этим ресурс оказывается понятием, достаточно сложным и неоднозначным, измерители ресурса могут быть весьма разными, и в каком-то смысле ресурс даже трудно назвать характеристикой только самого объекта.

Фундаментальной характеристикой безопасности повреждения конструкции, определяются правилами так называемой «эксплуатации по техническому состоянию», когда путем диагностирования выявляют скорость износа, длительность роста усталостной трещины от максимального необнаруживаемого в эксплуатации размера до предельного состояния.

В запасе надежности осмотры и диагностирование с полученной периодичностью можно начинать с начала эксплуатации; при этом будет обеспечена определенная вероятность обнаружения случайных повреждений, не связанных с усталостью, а вызванных износом, повреждениями и эксплуатационными воздействиями. Это позволяет не допустить развития повреждений до критических размеров участке IV, см. рис. 1.11.

Однако в местах, где случайные повреждения исключены, целесообразно установить момент первого осмотра по условиям усталостной долговечности; этот момент, очевидно, совпадает с величиной безопасного ресурса (БР), который мог бы быть определен для этого критического места в предположении, что оно неконтролируемо.

Максимальный необнаруживаемый размер дефекта не должен превышать размера повреждения в предельном состоянии. Если это условие не выполняется, критическое место конструкции должно квалифицироваться как неконтролируемое, и безопасность его эксплуатации может быть обеспечена другим способом, исключающим отрицательные последствия. Эти последствия, по существу, сводятся к трем возможным исходам: либо деталь (если она заменяема) должна быть заменена при определенной наработке, независимо от ее состояния; либо это критическое место должно быть отремонтировано, то есть изменена его конструкция, а, следовательно, для измененного места, которое целесообразно продолжать считать критическим, необходимо заново провести анализ возможных способов обеспечения безопасности; либо конструкция (если критическое место не может быть заменено или отремонтировано) должна быть снята с эксплуатации.

Если же это условие выполняется, то должно быть определено количественное значение длительности эксплуатации между двумя указанными состояниями: БР и допустимого значения диагностического параметра на участке IV, см. рис. 1.11.

В этих условиях необходимо обеспечить требуемое (чрезвычайно высокое) значения средней наработки до достижения предельного состояния. Полученная в результате величина требуемого интервала между осмотрами (контролем) рассматриваемого критического места конструкции является максимально допустимой по условиям обеспечения безопасности при эксплуатации по техническому состоянию.

Если же система может давать сбои, и решения, направленные на поддержание безопасности, вынужденно ухудшают принятые ранее представления об остаточных ресурсных характеристиках или даже требуют выполнения дорогостоящих и длительных мероприятий, то весьма принципиальным становится вопрос о своевременном принятии решения, что требует высокой ответственности и оперативности создателей техники и систем диагностирования, а также государственных контрольных организаций.

Обеспечению прочностной безопасности, в процессе эксплуатации

производится путем жесткого ограничения ресурсных характеристик (время, расстояние, число эксплуатационных циклов, наработка в условиях функционирования и т.д.).

Переоценка остаточных ресурсных характеристик ОР на стадии IV и особенно на стадии V (см. рис. 1.11.), является обязательной, а если она не проведена и не получено «добро» диагноста, то превышение установленного диагностического значения параметра запрещается.

В качестве запрещающего ограничения может быть использована система поэтапного продления установленных текущих значений назначенных ресурсов для конструкции в целом, когда в отличие от назначенного ресурса как ограничения наработки для неосматриваемого (неконтролируемого) критического места, эта ресурсная характеристика сохраняет только смысл момента для проведения переоценки технического состояния.

2 ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

2.1 Влияние неисправности и старение автомобиля на безопасность машин

Причиной ДТП, связанных с неисправностями автомобиля, наиболее часто являются неисправности тормозной системы, рулевого управления, устройств обзорности дороги, внешних световых приборов, колес и шин (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Распределение ДТП, возникающих от неисправностей и отказов агрегатов и систем автомобиля

Агрегаты, системы, приборы	Доля ДТП от их общего числа, %
Тормозная система	51,2
Рулевое управление	13,4
Приборы освещения	12,2
Приборы сигнализации	6,1
Ходовая часть	4,9
Прочие агрегаты, системы и приборы	12,2

По известной статистике, из общего числа машин, участвовавших в ДТП по причине возникновения неисправностей, примерно 4 % неисправностей приходится на ошибки конструирования и дефекты производства, примерно 27 % – на нарушение условий эксплуатации и около 69 % – на естественное изменение параметров автомобиля вследствие его естественного старения. Замедление процессов старения машин позволяет продлить срок их продуктивного использования.

В число процессов естественного старения, приводящих к неисправностям и ДТП, входят: износ тормозных колодок, тормозных дисков, барабанов, разрушение тормозных трубопроводов и других элементов привода. Как меру для предотвращения ДТП, при конструировании автомобиля желательно предусматривать датчики износа истираемых деталей.

Распределение ДТП в Украине в 2004 г., связанные с техническими неисправностями транспортных средств представлено в табл. 2.2 [11].

Как отмечают эксперты авторитетного немецкого Союза технического контроля автомобилей (VdTUV), основными дефектами, из-за которых на ремонт в автосервисы отправляются даже гарантийные автомобили, являются: неисправности тормозов (2,3 %), отказы и нарушения регулировок ос-

ветительных приборов (8,5 %), дефекты подвески (2,0 %), а также утечка масла (1,1 %). Эти дефекты регистрируются уже на двух-трехлетних автомобилях, а после 4...5 лет эксплуатации к ним, как правило, добавляются еще неисправности выхлопной системы, которые регистрируются у 9,3 % десятилетних автомобилей, приезжающих на инструментальный контроль [16, 17].

Таблица 2.2

Распределение ДТП в Украине в 2004 году, связанных с техническими неисправностями транспортных средств

Неисправность транспортного средства	ДТП	Погибшие	Раненые	Тяжесть последствий (число погибших на 100 ДТП)
Рабочий, стояночный тормоз	48	9	66	18,7
Рулевое управление	41	9	48	21,9
Колеса (заклинивание, отрыв)	27	4	32	14,8
Шины (разрыв, износ протектора, несоответствие типа)	70	33	95	45,4
Осветительные приборы	68	12	78	17,6
Сцепное устройство	8	4	9	50,0
Другие элементы	19	5	21	26,3
Всего	281	76	349	27,0

Те же эксперты отмечают общее снижение показателя надежности современных автомобилей: если в 1996 году лишь 11,6 % трехлетних машин не смогли с первого раза пройти техосмотр, то через десять лет, в 2006-м, общий процент неисправностей автомобилей с тем же сроком службы заметно увеличился, достигнув 18,2 %.

Из ежегодных отчетов VdTUV, который уже в течение 35 лет анализирует все эксплуатирующиеся на территории Германии автомобили, следует: надежность автомобиля слабо зависит от его цены и всегда зависит от срока эксплуатации. Все автомобили «стареют», с годами снижается их надежность, но этот процесс у разных автомобилей проходит по-разному и определяется он способностью производителя изготовить автомобиль, надежный на всем периоде его эксплуатации.

Анализ опубликованных данных по результатам контроля в 2006 году примерно 1 млн. немецких автомобилей и эксплуатирующихся в Германии иномарок 186 моделей приведен в табл. 2.3 [16].

Из табл. 2.3 следует, что количество поломок (дефектов, обнаруживаемых при технических осмотрах) в год существенно отличается для разных моделей автомобилей, и по мере срока их службы возрастает. При двух-трехлетней эксплуатации самого ненадежного автомобиля процент его

поломок (25,1 %) превышает процент поломок самого надежного автомобиля (11,3 %) в 2,22 раза, что по уровню поломок (23,3 %) начинает приближаться к новому ненадежному автомобилю только после 6...7 лет эксплуатации. Однако по мере старения машин соотношение поломок (max/min) для категории ненадежных и надежных автомобилей начинает приближаться к единице, то есть их надежность выравнивается.

Таблица 2.3

Изменение надежности различных моделей автомобилей по мере их старения

Показатели	Возрастные группы автомобилей, лет				
	2...3	4...5	6...7	8...9	10...11
Процент поломок самой ненадежной модели автомобиля (max)	25,1	33,9	30,5	35,7	37,7
Процент поломок самой надежной модели автомобиля (min)	11,3	18,2	23,3	29,6	34,2
Соотношение поломок, max/min	2,22	1,86	1,31	1,21	1,10

В работе [16] на основании приведенных данных сделано заключение, разница между надежными и ненадежными автомобилями на начальном этапе эксплуатации вряд ли существенно зависит от их конструктивных отличий, влияющих на показатели безотказности. Очевидно, главной причиной является уровень культуры производства, включая контроль качества комплектующих, поступающих на сборку, и самих процессов сборки автомобилей. По мере эксплуатации изначально ненадежного автомобиля происходит «исправление ошибок производителя», путем замены недоброкачественных деталей и узлов и проведения необходимых регулировок, причем, главным образом за счет потребителя. Выравнивание надежности автомобилей разного первоначального качества хотя бы через 10 лет – это, конечно, хорошо, но – поздно, так как автомобили к этому времени уже морально устарели.

Старение деталей и материалов выражается в изменении физико-химических свойств материалов под действием кислорода, света, теплоты, коррозии, радиации и других факторов. В результате старения резинотехнические изделия теряют эластичность и растрескиваются. Топливо, смазочные и другие эксплуатационные материалы окисляются, в результате чего изменяется их химический состав и ухудшаются эксплуатационные свойства.

На техническое состояние автомобиля существенное влияние оказывают следующие факторы:

- дорожные условия (категория дороги, величина уклонов, число и радиусы поворотов);

- условия движения (интенсивность движения, скорость);
- климатические условия (температура окружающей среды, влажность, ветра, солнечная радиация);
- окружающая среда (морской воздух, антигололедные покрытия дорог);
- условия эксплуатации (загруженность).

Мероприятиями, уменьшающими изнашивание деталей автомобиля, являются:

- своевременная смена защитных чехлов и фильтров;
- контроль крепежных соединений и своевременное выполнение регулировочных работ (регулировка клапанов и натяжения цепей, установки колес, подшипников ступиц колес и т.п.);
- смазочные работы (замена и доливка масла);
- восстановление защитного покрытия днища кузова.

Для уменьшения коррозии кузова автомобиля необходимо поддерживать чистоту и следить за состоянием лакокрасочного покрытия, своевременно восстанавливать его и выполнять противокоррозионную обработку скрытых полостей.

Для предотвращения усталостных разрушений и пластических деформаций следует строго соблюдать правила эксплуатации автомобиля, не допускать его работы на предельных режимах и перегрузок.

Таблица 2.4

Влияние пробега автомобилей такси с начала эксплуатации на расход запасных частей и трудоемкость ремонта

Интервалы пробега, тыс.км	Расход запасных частей		Трудоемкость ремонта	
	% к среднему	% к общему	% к среднему	% к общему
0...50	4,0	0,6	2,6	0,3
50...100	19,7	2,8	12,5	1,8
100...150	33,5	4,8	43,8	6,3
150...200	55,7	7,9	67,7	9,7
200...250	153,7	21,9	93,8	13,4
250...300	204,7	29,2	134,8	19,3
300...350	230,6	32,8	343,8	49,2

В число процессов естественного старения, приводящих к неисправностям и ДТП, входят: износ тормозных колодок, тормозных дисков, барабанов, разрушение тормозных трубопроводов, износ или разрушение уплотнительных колец, манжет и др.

Старение автомобилей приводит к существенному ухудшению их наиболее важных показателей качества. Техническим службам автотранспортных предприятий, даже при хорошем оснащении технологическим оборудованием

и правильной организации труда, не удастся поддерживать коэффициент технической готовности парка старых автомобилей на высоком уровне.

По данным НИИАТ, изменение некоторых эксплуатационных показателей автомобилей такси по интервалам пробега выглядит так, как показано в табл. 2.4, 2.5.

Приняв эксплуатационные показатели новых автомобилей (пробег в интервале 0...50 тыс. км) за 100 %, их изменение по мере старения автомобилей можно проиллюстрировать данными табл. 2.5.

Таблица 2.5

Изменение эксплуатационных показателей автомобилей такси по мере их старения, %

Показатели оценки	Интервалы пробега, тыс. км						
	0...50	50... 100	100... 150	150... 200	200... 250	250... 300	300... 350
Суточный пробег	100	98,9	61	57	54	47	46
Простои в ремонте	100	109	115	125	139	163	184
Расход запасных частей на автомобиль	100	152	274	242	337	337	337
Коэффициент технической готовности парка	100	99	99	98	95,5	92,5	89,4

2.2 Факторы, определяющие уровень безопасности движения автомобилей и причины ДТП

Схема сложного взаимодействия технического состояния, технического обслуживания, дорожных, транспортных, атмосферно-климатических и человеческих факторов, определяющих качество эксплуатации представлены на рис. 2.1. Из приведенных табл. 2.6...2.8 [18] следует, что наивысшая вероятность летального исхода наблюдается на транспорте. Факторы, определяющие уровень безопасности дорожного движения приведены на рис. 2.2 [11]. Из рис. 2.2 видно, что мы имеем сложную техническую систему, объединяющую множество связанных и взаимодействующих друг с другом подсистем, механизмов, агрегатов, дорожных условий и окружающую среду. С другой стороны – человека, представляющего собой сложную биологическую систему, элементами которой являются части тела, рецепторы (глаза, уши, кожа др.), головной мозг. Комплексное рассмотрение деятельности отдельных подсистем (5, 6, 7) и применение единой классификации условий работы транспортных машин (1, 2, 3, 4) позволяет на более высоком системном уровне анализировать их производственную деятельность.

На конец в 2005 г. количество ДТП выросло до 46485 случаев. При

этом зафиксирован наивысший уровень ДТП за последние 10 лет, в которых погибло 7229 (рост на 21 % по сравнению с 2001 г.) и ранено 55999 человек (рост на 47 % по сравнению с 2001 г.). Динамика показателей аварийности и последствий аварий в 2001...2005 г. приведены в табл. 2.9 [].

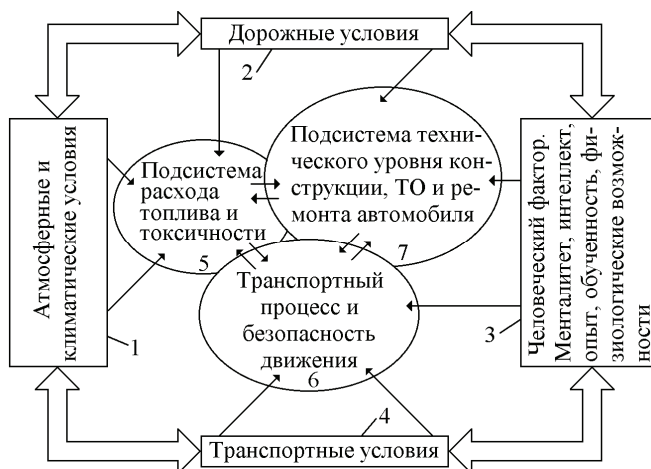


Рис. 2.1. Воздействие основных подсистем, определяющих опасность автомобильного транспорта

Таблица 2.6

Вероятность летального исхода

Отрасль народного хозяйства	10^{-7} чел/ч
Горные работы	3
Транспорт	3
Строительство	2
Добыча нерудных полезных ископаемых	1
Эксплуатация газопроводного оборудования и гидротехнических сооружений	0,6
Металлургическая промышленность	0,6
Деревообделочные работы	0,6
Пищевая промышленность	0,6
Целлюлозно-бумажная промышленность и печать	0,5
Электротехника, точная механика и оптика	0,4
Химия	0,4
Торговля, финансы, страхование, коммунальные услуги	0,4
Текстильная и кожевенно-обувная промышленность	0,3
Здравоохранение	0,2
Средняя величина для 20,2 миллиона застрахованных	0,7

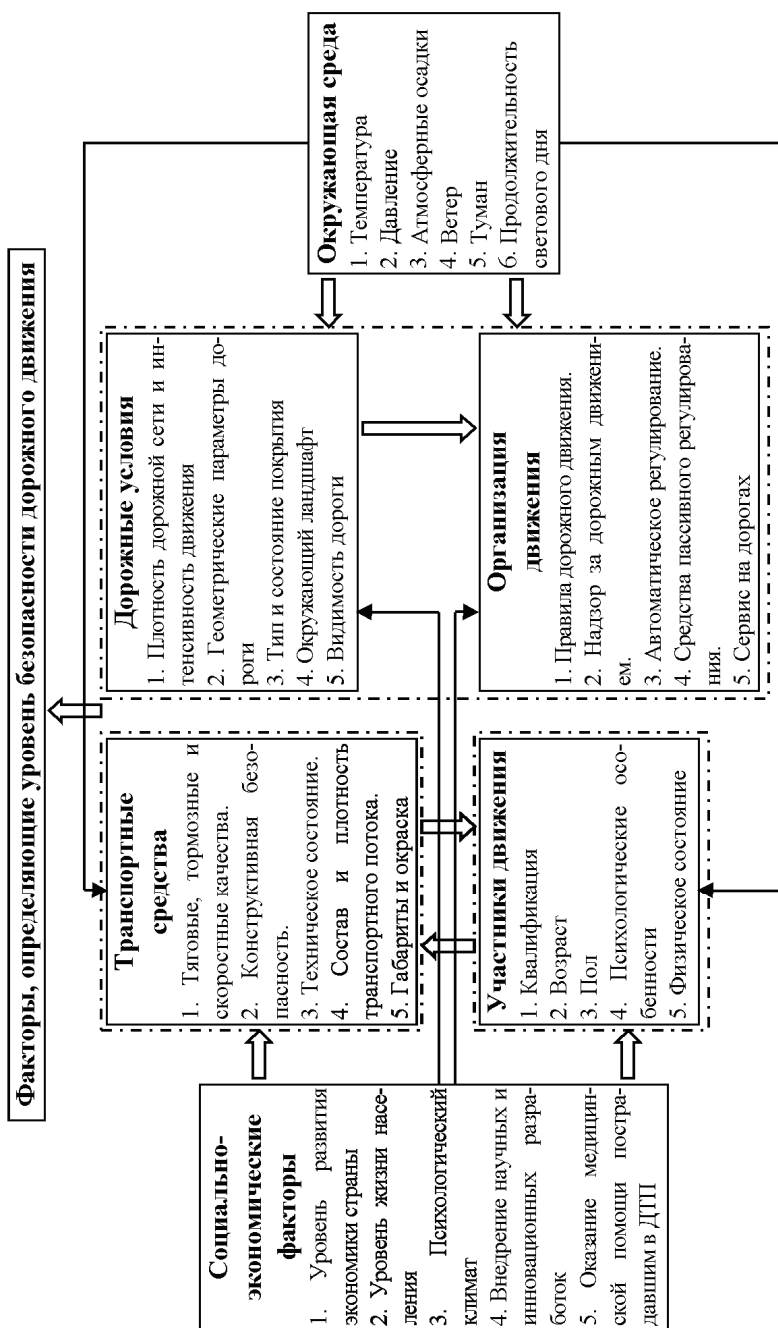


Рис. 2.2. Факторы, определяющие уровень безопасности дорожного движения

Таблица 2.7

Вероятность летального исхода

Вид деятельности	10^{-7} чел/ч
Профессиональная деятельность	3...0,2
Участие в движении транспорта	10...5
Занятие домашним хозяйством и свободное время	0,5
Тяжелые заболевания	3...0,01

Таблица 2.8

Вероятность летального исхода

Условия или вид деятельности	10^{-7} чел/ч
Аварии автомашин	2700
Огонь и взрывы	400
Водоемы	280
Обращение с механизмами	100
Воздушное сообщение	75
Электричество	51
Молния	5,5
Общественный транспорт	0,45
Радиоактивное излучение	0,05

Следствием равнодушного отношения общества к проблеме обеспечения безопасности движения являются значительные материальные потери народнохозяйственного комплекса Украины от ДТП. Прямые материальные потери от ДТП в 2005 г. превысили потери в 2001 г. на 39 %, а в 2004 г. этот показатель составлял 4,5% от валового внутреннего продукта.

Оценивая высокий уровень смертности и травматизма, установлено, что одной из основных причин высокого уровня аварийности является низкая дисциплина участников дорожного движения, в первую очередь водителей и пешеходов. Согласно работе [] ежегодно по вине водителей случается порядка 75 % ДТП. Основными причинами совершения ДТП является превышение скорости – 10,3 % от их общего количества, нарушение правил маневрирования – 13,2 %, выезд на полосу встречного движения – 8,1 %, отвлечение от управления – 18,7 %. В целом из-за этих нарушений правил дорожного движения совершается более половины дорожных приключений (табл. 2.10, 2.11).

Со стороны пешеходов основными нарушениями является переход через проезжую часть в неустановленном месте – 10,7 % и неожиданный вы-

ход на проезжую часть – 11,1 %.

Согласно данным Госкомстата Украины (Ukrainian media service) ежедневно на дорогах и улицах городов и сел Украины гибнет 21 человек, причем чаще гибнут пешеходы. Это – один из наихудших показателей уровня безопасности дорожного движения в Европе. За последние 25 лет в результате ДТП в Украине погибло 177996 человек (рис. 2.3, 2.4). В 2007 г. погибло более 9000 чел.

Таблица 2.9

Динамика показателей аварийности в Украине и их последствий

Показатели	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
ДТП	34541 100 %	34488 100 %	42409 123 %	45593 132 %	46485 135%
Погибло	5984 100 %	5982 100 %	7149 119 %	6966 116 %	7229 121 %
Ранено	38196 100 %	37916 99 %	47458 124 %	53638 140 %	55999 147 %
Пострадало	44180 100 %	43898 99 %	54607 124 %	60604 137 %	63228 143 %
Убытки, млрд. грн.	11,1 100 %	11,1 100 %	13,8 124 %	15,4 139 %	15,4 139 %
Погибло участников движения на 100 ДТП	17,3	17,3	16,9	15,3	15,5
Погибло на 100 пострадавших	13,5	13,6	13,1	11,5	11,4
Пострадало на 100 тыс. населения	83,6	84,3	103,6	110,4	110,6

Таблица 2.10

Основные причины ДТП в Украине в 2005 г. по вине водителей и пешеходов

Причины ДТП	ДТП		Погибло		Ранено		Тя- жесть ДТП
	слу- чаев	%	чело- век	%	чело- век	%	
По вине водителей							
Отвлечение от управления	6254	18,7	1201	21,1	7066	19,0	14,5
Превышение скорости	3453	10,3	878	15,4	3989	10,8	18,0
Выезд на полосу встречно- го движения	2711	8,1	660	11,6	3734	10,1	15,0
По вине пешеходов							
Неожиданный выход на проезжую часть	3322	9,9	590	10,3	2844	7,7	17,2

Динамика удельного веса ДТП за видами в Украине в 2001...2005 гг.

Вид ДТП	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Столкновение	24,2	24,3	25,3	27,8	29,7
Опрокидывание	8,5	8,4	8,9	8,3	8,4
Наезд на стоящий транспорт	2,4	2,3	2,4	2,3	2,3
Наезд на препятствие	8,7	9,0	9,2	9,0	9,5
Наезд на пешехода	45,6	46,4	44,8	43,4	40,9
Наезд на велосипед	9,0	8,3	7,9	7,6	7,8
Наезд на гужевой транспорт	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5
Наезд на животных	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Падение пассажира	0,6	0,5	0,8	1,0	0,9
Падение груза	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего ДТП	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

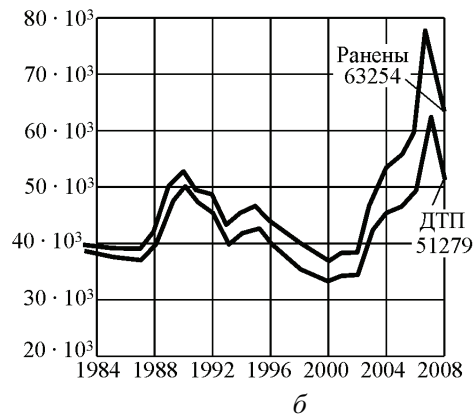
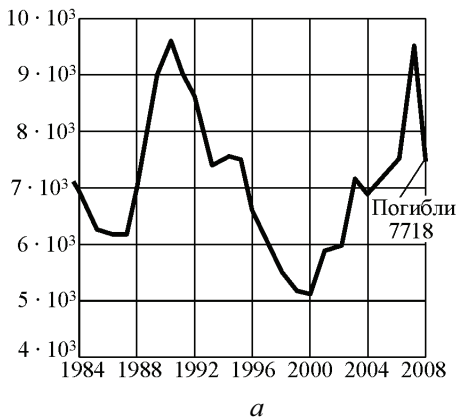


Рис. 2.3. Статистические данные про ДТП в Украине за период 1984...2008 гг.: а – смертность в ДТП; б – последствия ДТП

Согласно статистическим данным количество ДТП на автомобильном транспорте росло и в 2005 г. составило почти 56000 (рис. 2.4) [11]. В 2007 г. в автомобильных катастрофах погибло почти 9000 человек. По вине водителей совершается 77 % ДТП (рис. 2.5) [11].

В соответствии с данными всемирной статистики, основными причинами ДТП являются нарушения водителями правил дорожного движения и управление транспортными средствами в состоянии алкогольного опьянения.

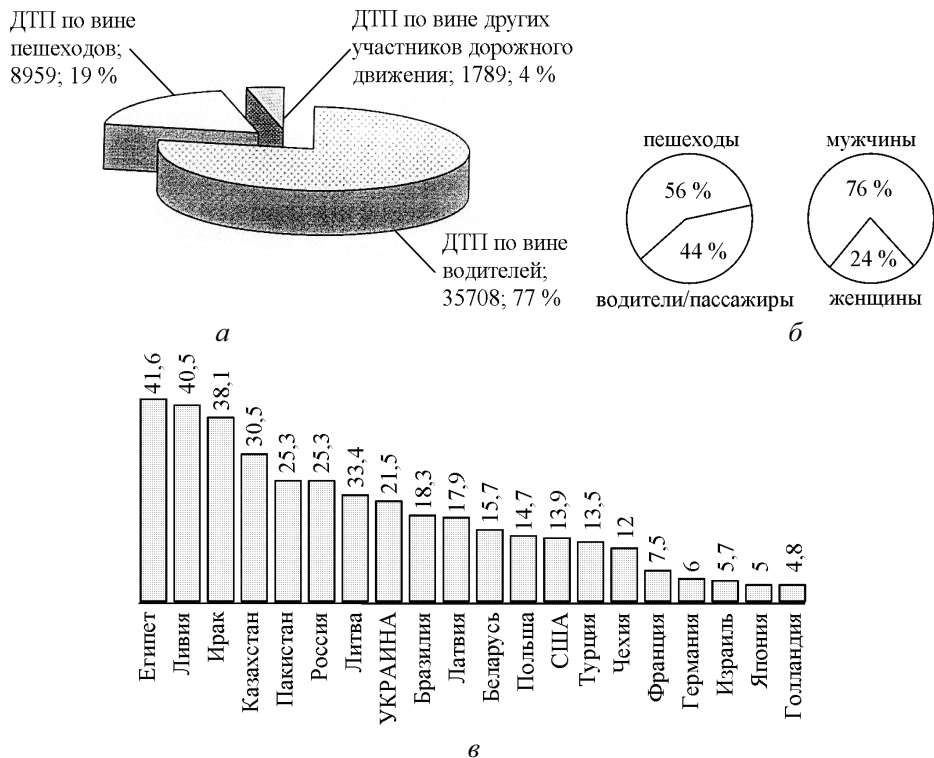


Рис. 2.4. Распределение ДТП в Украине по вине участников дорожного движения: *а* – по вине пешеходов, водителей и других участников за 2005 г. [11]; *б* – категории погибших за период 1984...2008 гг.; *в* – смертность в ДТП на 100000 населения

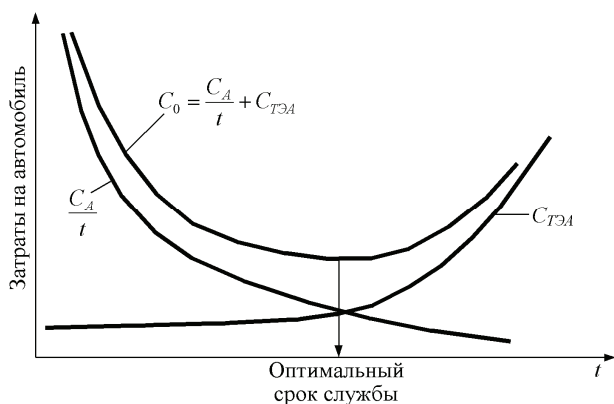


Рис. 2.5. Характер изменения удельных затрат в зависимости от срока службы автомобиля

В Украине основными причинами ДТП являются [10]:

1 Невыполнение правил дорожного движения:

По вине водителей:

- превышение установленной скорости;
- управление транспортными средствами в состоянии алкогольного опьянения или под влиянием наркотических веществ;
- нарушение правил маневрирования;
- выезд на полосу встречного движения;
- нарушение правил проезда перекрестков;
- несоблюдение безопасной дистанции и интервала;
- несоблюдение сигналов регулирования дорожного движения или их игнорирование;
- нарушение правил перевозки людей;
- нарушение правил проезда пешеходных переходов;
- нарушение правил проезда остановок общественного транспорта;
- нарушение правил использования осветительных приборов;
- нарушение правил остановки и стоянки транспортных средств;
- нарушение правил буксировки;
- нарушение правил предоставления беспрепятственного проезда;
- нарушение правил проезда железнодорожных переездов;
- нарушение правил обгона.

По вине пешеходов:

- переход через проезжую часть в неустановленном месте;
- невыполнение требований сигналов регулирования дорожного движения или их игнорирование;
- внезапный выход на проезжую часть;
- игра детей на проезжей части;
- нетрезвое состояние.

2 Неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств:

- неисправна стояночная тормозная система;
- неисправности рулевого управления: колеса (отрыв), шины, разрыв или изношенность протектора, несоответствие по типу или размеру;
- неисправность осветительных приборов;
- неисправность сцепляющихся приборов;
- неисправность других элементов конструкции транспортных средств.

3 Неправильное размещение или закрепление груза, что приводит к потере управляемости, устойчивости, сбоям в работе механизмов или к их отказу.

4 Снижения работоспособности водителей:

- переутомление;

- болезнь;
- алкогольное опьянение;
- влияние наркотических и токсичных веществ.

5 Влияние факторов, которые вызывают изменения самочувствия и восприятия обстановки движения.

6 Неудовлетворительное состояние элементов профиля дороги и дорожной инфраструктуры:

- скользкое покрытие;
- наличие повреждений дорожного покрытия (колдобины, неровности);
- отсутствие сигнальных столбиков;
- отсутствие дорожных ограждений;
- отсутствие внешнего освещения дороги или недостаточное освещение;
- неудовлетворительная организация дорожного движения.

7 Применение водителями опасных приемов управления транспортными средствами, которые приводит к потере управляемости во время движения или к поломке и повреждению механизмов, что, в свою очередь, служит причиной аварийных ситуаций, и, как следствие, ДТП.

В табл. 2.12 [11] приведены данные о дорожно-транспортных происшествиях в разных странах мира. Количество дорожно-транспортных происшествий зависит от количества автомобилей; величины населения страны; плотности дорожной сети; дорожных условий; природно-климатических условий; существующей системы диагностики, технического обслуживания и ремонта автомобилей; качества автомобильного парка, особенно парка легковых автомобилей индивидуального использования; организации дорожного движения и нормативно-правовой базы деятельности органов контроля за безопасностью дорожного движения; национальных особенностей и социальных условий жизни населения, качеством вождения транспортных средств. Условно все эти факторы можно разделить на три большие группы: дорожные, технические и социальные (социально-психологические, правовые, медицинские и др.).

Резкое увеличение количества дорожно-транспортных происшествий, прежде всего, связаны с недостаточной технической политикой на автомобильном транспорте, которая не обеспечивает безопасность, эксплуатационную надежность и качество автомобильной техники. Интегральные показатели состояния безопасности дорожного движения в стране, которые характеризуют надежность системы «человек-автомобиль-дорога», целесообразно принять отношение количества погибших на 1000 транспортных средств (Швейцария – 0,5, Германия – 0,23, Украина – 0,79) [11].

Внешние воздействия могут и не быть экстремальными, а лишь не-

сколько превышать уровень, установленный ТУ, или же они могут быть не учтены при проектировании машины. В этом случае машина будет быстрее терять свою работоспособность, чем это предусмотрено. Чем большие воздействия оказывает на машину среда, тем выше вероятность отказа, которая резко возрастает при работе в несвойственной обстановке.

Таблица 2.12

**Дорожно-транспортные происшествия и пострадавшие в 14 странах
положением на 31.12.2005 г.**

Страна	Население, млн. чел.	Количество автомобилей, млн. ед.	Количество ДТП, тыс.	Число пострадавших в ДТП, тыс. чел.	
				Погибло	Ранено
Украина	48,457	9,1	46,5	7,2	56,0
Россия	154,000	36,600	174,2	40,0	260,0
США	260,000	190,4	2251,0	39,2	3449,0
Франция	56,625	29,275	137,5	9,1	189,0
Италия	57,103	30,721	162,0	6,6	221,0
Великобритания	56,500	24,335	229,0	3,8	302,0
Германия	82,017	42,836	385,4	7,9	505,6
Испания	39,000	15,799	80,0	6,4	117,2
Польша	38,500	8,133	54,0	6,7	64,6
Канада	30,757	17,000	172,0	3,5	249,0
Япония	125,250	63,266	725,0	11,0	879,0
Турция	66,668	4,041	208,8	6,5	104,3
Швейцария	7,170	3,507	22,9	0,7	28,2
Швеция	8,842	3,953	13,8	0,6	19,7

Техническое состояние автомобиля является одной из основных причин роста их аварийности. Профилактическое обслуживание и ремонт автомобилей непосредственно связаны с транспортным процессом, качеством вождения, безопасностью движения, увеличением расхода топлива и выбросом вредных веществ.

Выход технических характеристик машин (КПД, герметичности, температур, динамических нагрузок, зазоров между трущимися элементами) за допустимые пределы, осуществление ремонта и технического обслуживания машин с отбросами смазочных материалов, ликвидации последствий аварий, пожаров, приводит к вредным, часто разрушающим воздействиям на биосферу, неживую природу, на атмосферу, литосферу (почву), снижая запасы гумуса в черноземе.

Учитывая огромный машинный парк планеты, даже незначительные воздействия на окружающую среду суммируются и порождают серьезные проблемы, что заставляет ужесточать требования к совершенству конструк-

ции и выходным параметрам машин, к контролю и диагностированию их на стадии проектирования, производства и в условиях эксплуатации.

2.3 Методы и мероприятия, замедляющие изменения эксплуатационных показателей автомобиля по мере его старения

Методы обеспечения технической и экологической безопасности машин весьма разнообразны, но могут быть сведены к двум основным направлениям – конструктивным и эксплуатационным – замедления процесса старения:

1 Создание машин, имеющих запас прочности, надежности трущихся пар и тех элементов конструкции и развития процессов повреждений, которые влияют на безопасность движения, то есть могут стать причиной возникновения катастрофических разрушений и экстремальных ситуаций. Для этого на стадии проектирования необходимо проведения комплекса диагностических исследований по стойкости конструкции к внешним воздействиям, оптимизации параметров, защиты и изоляции машины от вредных внешних воздействий.

2 Создание специальных систем и устройств, защищающих машину от вредных воздействий, перегрузок и предупреждающих о возможности наступления экстремальных ситуаций, управляющих функционированием машин в критических случаях. Для этих целей применяют контрольные и диагностические электронные системы, которые оценивают значения как выходных параметров системы машины, так и специально установленных диагностических признаков машины и окружающей среды: вибрации, температуры, качество смазывающих материалов, давления в газогидродинамических системах, погодных условий и др.

Одним из ведущих процессов старения автомобиля является износ его трущихся деталей. Конструктивные способы обеспечения долговечности изнашивающихся деталей сводятся к подбору оптимального сочетания материалов трущихся пар, назначению их размеров и формы, использованию наиболее подходящих к режимам трения смазочных материалов. Все эти задачи решаются на этапе конструирования автомобиля. Способы конструирования надежных машин, включая детали и их сопряжения, служат предметом изучения общинженерных и специальных дисциплин, посвященных, например, конструированию автомобиля и его агрегатов [14, 15]. Однако в этих традиционных учебных дисциплинах недостаточно внимания уделено роли механических и вибрационных напряжений, инерционных сил, возникающих при нарушении плавности работы двигателя при разгоне, торможении, переключении скоростей, при раскочке автомобиля при езде по неровностям дороги. Недостаточный учет этих нагрузок на стадии проектирования приводит к высокому уровню появления неисправностей и отказов ма-

шин в эксплуатации. Таким образом нерешенные конструкторские и производственные задачи перекладываются на потребителя.

Проведенный в подразделе 1.3 анализ технического состояния автомобилей при входном контроле и по мере эксплуатационной наработки свидетельствует о недостаточном уровне проектирования и методах диагностического обеспечения качества доводки и производства автомобилей. В работах [2, 13, 14] автор подчеркивал тот недостаток, который существует до настоящего времени при определении показателей надежности, когда для этих целей используется, главным образом, прошлая статистическая информация. В то время как определение показателей должно строиться на основе определения класса вибрации объекта, расчета и прогнозирования возможного поведения машины при данных условиях эксплуатации (конкретной конструкции), на технологическом обеспечении и доводке заданных показателей качества, на специальных испытаниях и регламентации условий эксплуатации, что создает основу для управления надежностью и достижения ее требуемого уровня.

В автохимии давно и успешно применяют в качестве добавок к смазочным материалам слоистые вещества: графит, дисульфид молибдена, нитрид бора, ряд йодистых комплексов. При работе слоистый материал заполняет микронеровности поверхностей трения и начинает воспринимать нагрузки, легко сдвигаясь при перемещении поверхностей. Следствием является уменьшение коэффициента трения и повышение износостойкости трущихся деталей. Особенно эффективно применение слоистых добавок в консистентные смазки и трансмиссионные масла [19, 20].

Одним из способов уменьшения износа служит нанесение на трущиеся поверхности приработочных и антифрикционных покрытий, которые на начальном этапе работы деталей предохраняют трущиеся поверхности от задиrow и способствуют быстрому образованию оптимальной геометрии поверхности, способной в последующем активно противостоять износу. Существует множество методов нанесения приработочных покрытий из чистых металлов (олово, свинец, кадмий, медь и др.) и многокомпонентных сплавов, наиболее распространены химические, электрохимические, механические и плазменные [19, 20].

Не полностью реализуются на практике разработанные методы обкатки с целью подготовки поверхностей трения к восприятию рабочих нагрузок (см. подраздел 1.5). Неприработанные поверхности трущихся деталей на начальном этапе эксплуатации автомобиля могут подвергаться задиру и, соответственно, интенсивному износу, что приводит к сокращению ресурса деталей. Например, использование обкаточных масел с добавлением серы, олеиновой кислоты и других веществ, которые как бы «омыляют» металл и способствуют быстрому формированию износостойкой поверхности трения. Имеется опыт использования обкаточных масел с добавлением легкодис-

персной алмазной пудры, позволяющей при обкатке узла на особых нагрузочных и скоростных режимах быстро подготовить трущиеся поверхности к нормальной работе.

Образование в зоне трения «безизносной» защитной пленки из меди за счет избирательного переноса может происходить в парах трения бронза-сталь в условиях спиртоглицериновой среды и в среде хладонов.

В настоящее время при ремонтно-восстановительных работах в смазывающие материалы в качестве присадки вводятся металлоплакирующие композиты – так называемые «реметаллизанты». Они подразделяются на ионные и порошковые. Порошковые препараты в качестве основного компонента содержат ультрадисперсные порошки, а ионные – полностью маслорастворимые соли пластичных металлов, органические кислоты, мыла жирных и нафтеиновых кислот, жирные амиды, эфиры жирных металлов (серии «Renom»). В металлизантах Римет используются медь, олово, цинк, железо, алюминий, свинец, серебро, хром, никель (фирма «БМП», Екатеринбург). Достаточно широко известны реметаллизанты, выпускаемые в Швейцарии, Великобритании, США, Бельгии и России. Всего выпускают более 15 видов реметаллизантов. Их применение требует соблюдения критических концентраций и длительного процесса стабильных режимов эксплуатации.

К отдельной группе ремонтно-восстановительных препаратов, обеспечивающих замедление процессов старения автомобиля, можно отнести так называемые кондиционеры поверхности. Механизм действия этих препаратов основан на физической адсорбции, хемосорбции и химическом взаимодействии поверхностно-активных веществ (ПАВ) с поверхностями трения. В эту группу входят широко используемые отечественные присадки ДФ-11, ВИР-1, ПАФ-4 и др. При использовании присадок контактируемые участки поверхностей покрываются достаточно устойчивыми полимерными и полиэфирными структурами, создается эффект прочной «масляной шубы», способной исключить непосредственный контакт трущихся деталей. Кондиционеры поверхности могут использоваться для защиты не только металлических поверхностей, но и резиновых и пластмассовых деталей. Есть специальные препараты, воздействующие на резиновые манжеты или уплотнительные кольца и восстанавливающие герметичность гидравлических цилиндров. Обработка препаратами приводных ремней восстанавливает их гибкость, упругость, повышает сцепление ремней со шкивами. Применение препаратов этой группы также способствует замедлению процессов старения автомобиля [16, 19, 20].

Исследования показывают, что в зоне трения происходят не только процессы износа, но и регенерации трущихся поверхностей. Это явление базируется на уникальных физико-химических процессах, происходящих при определенных условиях в зоне трения. Например, исследованиями до-

казана возможность использования избыточной энергии перегруженной зоны, направленной на разрушение поверхности. При внесении в зону трения «строительного материала» для создания условий, когда энергетически более выгодно строить новое, а не разрушать старое, то есть энергию разрушения превратить в энергию созидания. В зоне износа атомы металла имеют наибольшее количество свободных связей, которые, как магниты, захватывают и удерживают строительный материал – ревитализант, что приводит к нарастанию подвергшейся износу поверхности детали. После начала ревитализации и диффузии веществ «металл-металлокерамика» на месте локального повреждения (царапины) появляется металлокерамическая «заплата», уничтожая эрозный износ детали. Зона аномальной активности исчезает, энергетические процессы стабилизируются и рост поверхности прекращается.

Металлокерамический защитный слой, который образуется на поверхностях трения, может обладать уникальными трибо-техническими характеристиками [16, 19, 20]:

- микротвердость 65...75 HRC;
- шероховатость 0,1...0,3 мкм;
- коэффициент трения 0,003...0,007;
- температура разрушения 1700...2000°.

В последнее время явления, связанные с ревитализацией, получили наименование «геотрибология». Эта наука охватывает трение, износ, смазывание и восстановление в условиях применения различного рода минералов, в том числе соединений геологического происхождения, например, соединений, обнаруженных в скважинах Кольского полуострова России.

В отдельную и специфическую группу ремонтно-восстановительных препаратов могут быть выделены вещества, содержащие в своем составе наночастицы (греч. *nannos* – карлик) [16, 19, 20]. Нанотехнологии – это процессы разделения, сборки и изменения свойств материалов путем воздействия на них одним атомом или одной молекулой вещества. Наибольшего успеха в этом направлении достигли японские ученые, создавшие микроскопический «подшипник», в котором потери на трение близки к нулю. Они настолько незначительны, что даже самые точные приборы не способны их зарегистрировать.

До недавнего времени было известно, что углерод образует три формы: графит, алмаз и карбин. В настоящее время стала известна и четвертая форма углерода, так называемый фуллерен алмаза. Его молекула содержит фрагменты с пятикратной симметрией (пентагоны), которые запрещены природой для неорганических соединений. Поэтому следует признать, что молекула фуллерена является органической молекулой, а кристалл, образованный такими молекулами, есть связующее звено между органическим и неорганическим веществом.

Фуллерены, как вращающиеся шарики, в результате сложного технологического процесса вставили между удлиненными пластинками графита, реализовав принцип безызносного подшипника.

В последние годы нанотехнологии постепенно приходят и в машиностроение, и в автохимию. Алмазные наночастицы, в зависимости от условий применения, могут выступать либо в виде тончайшего абразива, либо эффективного модификатора трения. Оказалось, что алмазная шихта (промежуточный продукт получения наноалмазов) чрезвычайно эффективна в виде добавок к моторным и трансмиссионным маслам.

Почти треть всех ДТП связана с неисправностями, вызванными плохим качеством технического обслуживания и ремонта транспортных средств, что происходит из-за того, что в основу оценки качества регулировок и ремонта не положены достоверные методы диагностирования.

По результатам испытания двигателя ВАЗ-21011 на стенде с гидротормозом фирмы «Монк» (ФРГ) уже только отклонение от нормативных значений зазоров между контактами прерывателя-распределителя, зазоров в газораспределительном механизме и между электродами свечей зажигания, а также нарушение уровня топлива в поплавковой камере карбюратора приводит к существенному изменению эксплуатационных показателей двигателя (табл. 2.13) [16].

Из табл. 2.13 видно, что при возможных в процессе эксплуатации автомобиля отклонениях рассматриваемых параметров от нормативных значений мощность двигателя обычно падает, а удельный расход топлива увеличивается. Соответственно увеличивается объем и количество вредных веществ в ОГ. При уменьшенном зазоре между контактами прерывателя-распределителя до 0,1 мм затруднен пуск двигателя, а на частоте вращения коленчатого вала 5600 мин^{-1} и выше может случиться пропуск зажигания одного, иногда и двух цилиндров, вследствие чего происходит резкое снижение мощности и частоты вращения коленчатого вала.

При зазоре между электродами свечей 0,1 мм двигатель неустойчиво работает на 2000 об/мин., а при снижении оборотов – глохнет. В процессе снятия нагрузочных характеристик с зазором между электродами свечей, равным 0,2 мм, двигатель устойчиво работал только на 1400 об/мин. На некоторых режимах (при 3400 об/мин и 5000 об/мин), появлялись пропуски зажигания в одном цилиндре, что приводило к кратковременной потере мощности.

При уменьшении теплового зазора в клапанах до значений, близких к нулю, создаются условия, препятствующие плотному закрытию клапанов, что сопровождается существенным ухудшением мощностных и экономических показателей двигателя. Значительное увеличение зазора также может отрицательно сказываться на показателях двигателя.

Изменение регулировок клапана поплавковой камеры отражается на

показателях работы двигателя следующим образом: при снижении уровня топлива (объединение смеси) наблюдается потеря мощности и, за счет этого, незначительное увеличение удельного расхода топлива; при увеличении уровня топлива происходит обогащение горючей смеси, мощность практически не меняется, но наблюдается значительное ухудшение экономических показателей.

Таблица 2.13

**Влияние регулируемых параметров систем и механизмов двигателя
ВАЗ-21011 на его мощность и экономичность**

Регулируемые параметры механизмов и систем автомобиля	Мощность двигателя, %		Удельный расход то- плива, %	
	Частота вращения коленчатого вала, об/мин		Частота вращения коленчатого вала, об/мин	
	1000	5600	1000	5600
1. Зазор между контактами пре- рывателя-распределителя:	s			
номинальный – 0,4 мм	100,0	100,0	100,0	100,0
меньше номинального – 0,1 мм	87,1	100,0	102,0	100,4
больше номинального – 0,6 мм	100,0	99,0	102,4	101,3
больше номинального – 0,8 мм	98,0	97,0	106,0	105,7
больше номинального – 0,9 мм	95,4	89,6	104,8	104,0
2. Зазор в свечах зажигания:				
номинальный – 0,6 мм	100,0	100,0	100,0	100,0
меньше номинального – 0,1 мм	глох- нет	100,0	глох- нет	98,2
меньше номинального – 0,3 мм	96,0	99,2	87,2	100,0
больше номинального – 1,0 мм	94,2	103,2	101,2	102,0
3. Зазор и клапанах газораспре- делительного механизма:				
номинальный – 0,15 мм	100,0	100,0	100,0	100,0
меньше номинального – 0,05 мм	90,7	84,3	131,0	120,5
меньше номинального – 0,10 мм	96,6	96,0	100,9	104,4
больше номинального – 0,40 мм	97,7	100,0	104,6	105,3
4. Уровень топлива в поплавко- вой камере (зазор между поплав- ком и крышкой карбюратора):				
номинальный – 7,5 мм	100,0	100,0	100,0	100,0
меньше номинального – 9,0 мм	88,3	97,3	104,2	100,4
больше номинального – 5,0 мм	100,0	100,0	106,4	101,3

При диагностике названных параметров зазоров и уровней жидкости используют различные методы и средства, которые постоянно совершенствуются. Чем выше технический уровень методов и средств диагностики, тем точнее будет определено техническое состояние параметров систем и механизмов.

2.4 Определение оптимального срока службы автомобиля

Автомобиль, состоящий из большого числа агрегатов, систем и деталей, является сложной восстанавливающейся системой. Это означает, что путем многократных текущих ремонтов автомобиль можно поддерживать в работоспособном состоянии, в принципе, неограниченно долго. По мере старения автомобиля, интенсивность потока его отказов увеличивается, то есть ремонты требуется проводить чаще, потребность в запасных частях возрастает, чаще и продолжительнее простои автомобиля в ремонте. Все это сопровождается снижением экономической эффективности эксплуатации автомобиля. Но если старый автомобиль вывести из эксплуатации и отправить в утиль, то потребуются покупать новый [16].

Без учета издержек от морального старения автомобиля, оптимальный срок его службы можно найти по минимуму удельных затрат на покупку автомобиля и на поддержание его в работоспособном состоянии, в соответствии с известными зависимостями (см. рис. 2.5) [16].

Если C_a – стоимость автомобиля при его покупке, то при сроке службы t удельная годовая стоимость выразится отношением C_a/t . Затраты, связанные с поддержанием автомобиля в работоспособном состоянии $C_{ТЭА}$ в течение года можно представить суммой

$$C_{ТЭА} = C_{ТО} + C_P + C_{ТГ},$$

где $C_{ТО}$ – затраты на техническое обслуживание автомобиля; C_P – затраты на ремонт автомобиля, существенно возрастающие по мере его старения; $C_{ТГ}$ – затраты, связанные с потерей дохода от простоев автомобиля, обусловленных его технической готовностью.

Суммируя в течение каждого года удельные затраты, получаем кривую, по которой можно найти оптимальный срок службы автомобиля, соответствующий минимуму общих удельных затрат C_0 . Следует иметь в виду, что кривая суммарных удельных затрат может быть в зоне экстремума достаточно пологой. Это будет указывать на то, что оптимальный срок службы автомобиля может иметь нечетко выраженные границы, то есть списание автомобиля в утиль или направление в капитальный (восстановительный) ремонт возможно в достаточно большом временном диапазоне без каких-либо существенных экономических последствий.

Напомним, что в рассмотренном методе определения срока службы

автомобиля учитывались только затраты на его покупку и поддержание в работоспособном состоянии. На практике поддержание автомобиля в работоспособном состоянии в процессе эксплуатации не гарантирует, что автомобиль по комплексу своих свойств остается таким же, как и новый. Старение, проявляющееся в изменении некоторых «второстепенных» свойств, так или иначе будет снижать качество автомобиля и оказывать влияние на решение вопроса об оптимальном сроке его службы.

2.5 Анализ риска опасного отказа

Требования к безопасности системы определяются из условия величины риска ее отказа и его последствий, то есть выражения убытков от возможной гибели или травмирования людей, повреждения или разрушения оборудования, а также от возможного бездействия системы во время устранения отказа и его последствий. Оценка риска определяется произведением тяжести последствий критического отказа на вероятность его возникновения [21].

Вероятность безотказной работы по отсутствию критических отказов в функции наработки системы представляет собой показатель безопасности. Под критическим отказом, согласно [22], понимается «отказ системы или ее элемента, тяжесть последствий которого в пределах данного анализа признана недопустимой и требует принятия специальных мер по снижению вероятности данного отказа и возможного ущерба, связанного с его возникновением».

Вероятностная оценка безопасности проектирования технических систем нашла свое отражение в европейских и международных стандартах в морском, автомобильном, железнодорожном транспорте и др. Нормы периодичности технического осмотра транспортных машин по критерию безопасности и экономичности эксплуатации разрабатывают неправительственная Европейская экономическая комиссия (ЕЭК) ООН и Европейское экономическое общество (ЕЭО) [21].

Признаки и виды отказов, которые могут приводить к травмированию людей, приведены в табл. 2.14, а категории тяжести последствий отказов – в табл. 2.15 [21, 22].

РД 03–418–01 различает следующие показатели риска аварии:

- индивидуальный;
- коллективный;
- социальный;
- конструкционный.

Ожидаемый ущерб представляет суммарную оценку перечисленных показателей.

Для осуществления управления надежностью системы анализ риска должен включать [21]:

Классификация видов отказов

Признак классификации	Вид	Характеристика
Проявление	Внезапный	Отказ, который невозможно предвидеть на основании результатов предшествующего исследования или технического осмотра
	Постепенный	Отказ, вызванный постепенным изменением во времени заданных характеристик объекта
Критичность	Некритический	Незначительная неисправность, не нарушающая работоспособность объекта
	Критический	Неисправность, которая может привести к травмированию людей или значительному материальному ущербу
	Катастрофический	Внезапный отказ, который приводит к полной неспособности объекта выполнять все требуемые функции
Частота проявления	Частый	Вероятно частое возникновение, вероятность отказа $P > 0,11$
	Вероятный	Наблюдается несколько раз за срок службы изделия, вероятность отказа $0,005 < P < 0,11$
	Возможный	Возможно одно наблюдение данного отказа за срок службы, вероятность отказа $0,001 < P < 0,005$
	Редкий	Отказ маловероятен, но возможен хотя бы раз за срок службы, вероятность отказа $0,00005 < P < 0,001$
	Практически невероятный	Отказ настолько маловероятен, что вряд ли будет наблюдаться даже один раз за срок службы, вероятность отказа $P < 0,00005$
Взаимосвязь между отказами	Независимый	Отказ объекта, не вызванный отказом или неисправностью другого объекта
	Зависимый	Отказ объекта, вызванный прямо или косвенно отказом или неисправностью другого объекта

- систематическую идентификацию потенциальных источников опасностей отказа;
- систематическую идентификацию потенциальных видов отказов;
- количественную оценку риска и ее ранжирование;
- оценку возможных модификаций системы с целью уменьшения риска и повышения надежности;
- идентификацию основных компонентов, определяющих риск, и слабых элементов системы;
- сопоставление риска системы с альтернативными системами;
- вероятностную оценку риска;
- определение приоритетов для повышения безопасности системы;

- рационализацию технического обслуживания и контроля состояния системы;
- исследование последствий отказов и их возможное предотвращение;
- выбор наиболее рациональных решений, обеспечивающих уменьшение риска.

Таблица 2.15

Категории тяжести последствий отказов

Категории тяжести последствий отказов	Характеристика последствий отказов
I	Отказ, который может повлечь снижение качества функционирования объекта, но не представляет опасности для окружающей среды, самого объекта и здоровья людей
II	Отказ, который может повлечь задержку в выполнении задачи, снижение готовности и эффективности объекта, но не представляет опасности для окружающей среды, самого объекта и здоровья людей
III	Отказ, который быстро и с высокой вероятностью может повлечь за собой значительный ущерб для самого объекта и для окружающей среды, срыв выполняемой задачи, но создает пренебрежимо малую угрозу жизни и здоровью людей
IV	Отказ, который быстро и с высокой вероятностью может повлечь за собой значительный ущерб для самого объекта и для окружающей среды, гибель или тяжелые травмы людей, срыв выполнения поставленной задачи

Высокие требования к надежности, которые затруднительно обеспечить при современном уровне производства значительного числа компонентов и подсистем распознавания безопасности (препятствий) [23], вызывают необходимость многократного резервирования основных систем объектов машин. В частности, такое резервирование осуществлено в конструкции автомобилей и самолетов, например, ТУ–154 [24].

Анализ риска требует комплексного научного подхода с использованием методов и элементов сразу нескольких научных дисциплин:

- системного анализа;
- теории вероятности и математической статистики;
- прикладной механики;
- физики, химии и биологии;
- социальных наук, включающих экономику, психологию и социологию, эргономику и менеджмент.

Величина риска возникновения опасного события зависит от многих

факторов [21]. Они могут быть определены методами, представленными на рис. 2.6.



Рис. 2.6. Методы анализа риска отказа объекта машины

Общей задачей анализа риска является получение обоснованных решений, касающихся необходимости его уменьшения, в случае, если прогнозируемая величина риска превышает установленные для конкретной системы нормы.

Анализ риска следует осуществлять на всех стадиях жизненного цикла системы. Основные этапы метода анализа риска и работоспособности объекта машины включают:

- полное описание системы и процесса ее эксплуатации (например рис. 2.7, 2.8);
- систематический анализ компонентов (элементов) системы и возможных изменений функционирования (например рис. 2.9 [2]);
- определение влияния указанных изменений на риск отказа системы или снижение эффективности ее эксплуатации.

Величина допустимого риска возникновения опасного события также может быть определена различными методами [25, 26, 27]:

- глобального сравнения с существующими системами; все новые проектируемые системы должны обладать степенью риска не большей, чем аналогичные эксплуатирующиеся системы;
- определения практически допустимого уровня риска; там, где существует возможность возникновения катастроф, связанных с боль-

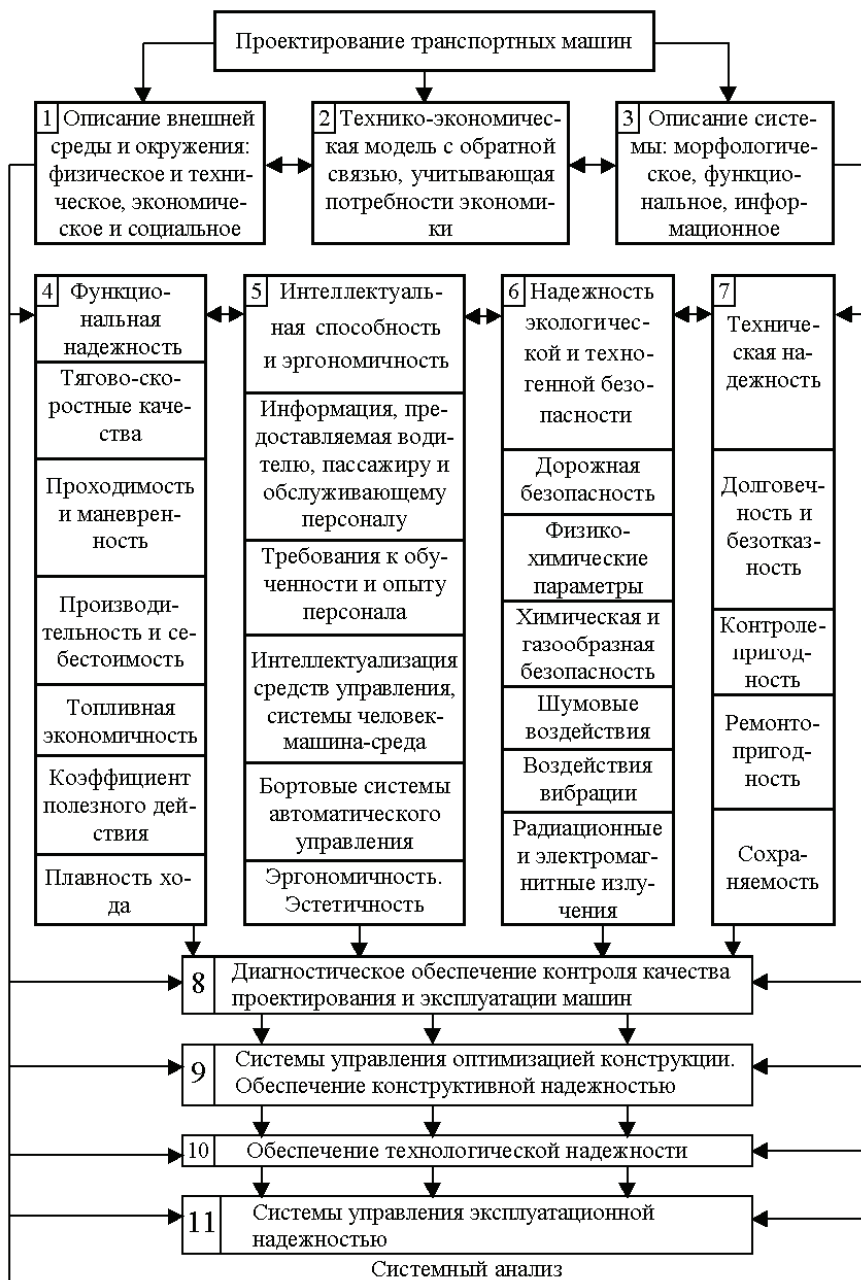


Рис. 2.7. Структурная схема задач и системного подхода к их решению при проектировании машин

- шим количеством жертв, необходимо определить допустимый уровень риска;
- оценки минимального уровня смертности, вероятность смертности от отказов системы не должна превышать установленный минимальный уровень человеческой гибели.



Рис. 2.8. Основные показатели качества проектирования машин

Управление риском базируется на классах вероятности и классах тяжести последствий. В зависимости от величин этих классов различают четыре уровня риска [21, 22]:

- Н – высокий риск;
- I – умеренный риск;
- L – малый риск;
- Т – незначительный риск.

Приблизительная оценка риска может быть выполнена по табл. 2.16 [24].

Под катастрофической тяжестью последствий понимается полное разрушение системы или значительное число человеческих жертв.

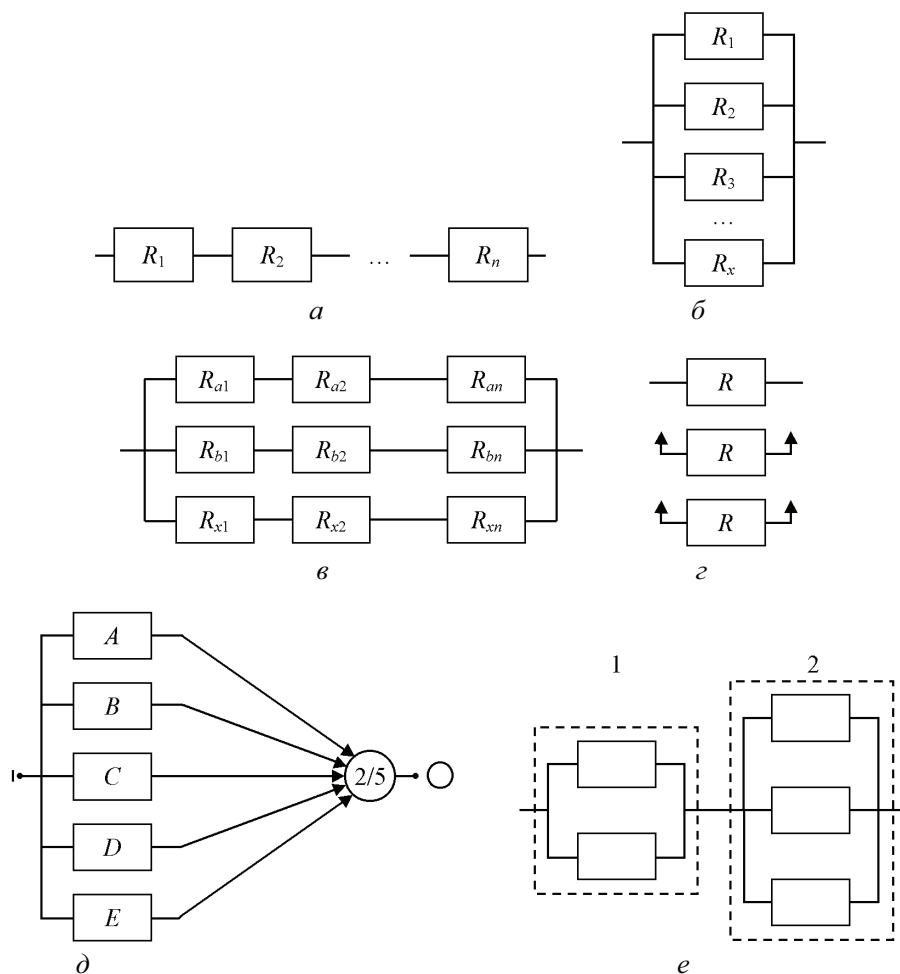


Рис. 2.9. Основные виды соединений элементов (блок-схем), применяемых для анализа надежности сложных технических схем: *а* – последовательное соединение; *б* – параллельное соединение; *в* – общее резервирование; *г* – элементное резервирование; *д* – параллельное соединение из n элементов при m работоспособных; *е* – с последовательным и параллельным соединением элементов блоков 1,2

Под крупной тяжестью последствий понимаются значительные повреждения системы или незначительное число человеческих жертв.

Под серьезной тяжестью последствий понимаются серьезные повреждения системы или травмирование обслуживающего персонала.

Под незначительной тяжестью последствий понимаются незначительные повреждения системы или незначительное травмирование обслуживающего персонала.

Классификация риска

Вероятность проявления за год	Тяжесть последствий			
	Катастрофическая IV	Крупная III	Серьезная II	Незначительная I
>1	Н	Н	Н	I
$0,1 \dots 1,0$	Н	Н	I	L
$10^{-2} \dots 10^{-1}$	Н	Н	L	L
$10^{-4} \dots 10^{-2}$	Н	Н	L	L
$10^{-6} \dots 10^{-4}$	Н	I	L	T
$<10^{-6}$	I	I	T	T

Вероятностная оценка безопасности проектирования технических систем нашла свое отражение в европейских и международных стандартах ядерных технологий, в авиакосмической отрасли, в системах управления, в морском, автомобильном, железнодорожном транспорте и в других отраслях [17, 28].

По нормам директивы ЕС 1985 года «Ответственность за дефектную продукцию» вероятность безотказной работы для всех деталей и агрегатов, связанных с безопасностью автомобиля, отказ которых может привести к катастрофическим последствиям за срок службы автомобиля 10 лет должна составлять 0,9999 с доверительным интервалом 95...99 % [29, 30].

Рекомендуемые в проекте государственного стандарта «Надежность в технике. Прогнозирование и обеспечение надежности механических приводов общемашиностроительного применения на стадии проектирования» нормы вероятности безотказной работы механических приводов в зависимости от уровня критичности отказов по ГОСТ 27.310 [22] и ИЕС 812[31] приведены в табл. 2.17.

Возможными путями управления риском являются:

- Предотвращение. Используется альтернативный вариант конструирования системы, обладающий меньшей величиной риска. Это наиболее эффективная мера управления риском. Однако этот путь не всегда является оптимальным с точки зрения затрат. Существуют программы, которые сознательно допускают высокий риск в целях получения высокой экономичности.
- Управление. Управление риском включает разработку плана уменьшения риска и осуществление этого плана.
- Допущение. Принятие существующего уровня риска и разработка рекомендаций поведения персонала в случае возникновения аварийных ситуаций.
- Передача. Передача риска другому элементу программы.
- Более глубокое исследование.

Таблица 2.17

Рекомендуемая вероятность безотказной работы механических приводов в зависимости от тяжести последствий отказов

Уровень тяжести последствий отказов	Вероятность безотказной работы
I	$0,800 < P < 0,900$
II	$0,900 < P < 0,950$
III	$0,950 < P < 0,990$
IV	$0,990 < P < 0,999$

2.6 Нормирование безопасности дорожного движения машин

На безопасность дорожного движения оказывает много факторов (см. рис. 2.2).

Нормы периодичности технического осмотра транспортных машин по критерию безопасности и экономичности эксплуатации разрабатывает неправительственная Европейская экономическая комиссия (ЕЭК) ООН и Европейское экономическое сообщество (ЕЭС). Согласно данным ЕЭК ООН технический осмотр должен производиться не реже 1 раза в год для таких транспортных средств:

- автомобили и прицепы, предназначенные для перевозки пассажиров, имеющие, помимо сиденья водителя, более 8 мест;
- автомобили, предназначенные для перевозки грузов, разрешенный максимальный вес которых превышает 3,5 т, а также прицепы к данным транспортным средствам;
- автомобили-такси.

Таблица 2.18

Периодичность технического осмотра автомобилей, предписываемая международными документами

Категория транспортных средств	ЕЭК ООН	ЕЭС
Грузовые автомобили и прицепы, полный вес которых, т: – более 3,5 – не более 3,5	Ежегодно Не предписывается	Через год после начала эксплуатации, далее ежегодно Не предписывается
Автобусы	Ежегодно	Через год после начала эксплуатации, далее ежегодно
Легковые автомобили общего пользования	Ежегодно	Через год после начала эксплуатации, далее ежегодно



Рис. 2.10. Задачи и объекты диагностирования транспортных средств

**Периодичность технического осмотра автомобилей в некоторых странах
Восточной Европы**

Страна	Норма периодичности осмотра				
	Грузовые автомобили и прицепы	Автобусы	Служебные легковые автомобили	Легковые автомобили-такси	Легковые автомобили индивидуальных владельцев
Болгария	Ежегодно	2 раза в год	Ежегодно	2 раза в год	Ежегодно или через год в зависимости от прав владения автомобилем
Венгрия	1 раз в 2 года	1 раз в 2 года	1 раз в 2 года	1 раз в 2 года	Первые 6 лет эксплуатации каждые 3 года, далее ежегодно
Польша	Первый осмотр через 3 года после начала эксплуатации, далее ежегодно	2 раза в год	Первый осмотр через 3 года после начала эксплуатации, далее ежегодно	Первый осмотр через 3 года после начала эксплуатации, далее ежегодно	Первый осмотр через 3 года после начала эксплуатации, далее ежегодно
Румыния	В зависимости от пробега	В зависимости от пробега	В зависимости от пробега	В зависимости от пробега	Ежегодно
Чехия	Ежегодно	2 раза в год	Ежегодно	2 раза в год	1 раз в 2 года после 10 лет эксплуатации

При этом контроль автомобилей, находящихся в личном пользовании граждан, не предусмотрена (табл. 2.18).

Основная задача международного комитета по техническому осмотру автомобилей состоит в развитии международного сотрудничества стран для достижения единого подхода к проблеме принудительного технического осмотра автомобилей.

Государственная система технического осмотра автомобилей состоит в том, что в отличие, например, от диагностирования при выполнении ТО и ТР, результаты носят обязательный характер. По результатам диагностирования делается заключение о техническом состоянии автомобиля и возможности его дальнейшей эксплуатации.

Перечень систем и узлов транспортного средства, диагностируемых по критериям безопасности дорожного движения

Агрегат, система, узел – объект диагностирования по критериям безопасности	Диагностируемое свойство (составная часть)	Метод диагностирования
1	2	3
1 Рабочая тормозная система	Эффективность торможения	На стендах с беговыми барабанами
		В дорожных условиях по тормозному пути
		В дорожных условиях по времени срабатывания привода и установившемуся замедлению
2 Стояночная тормозная система	Эффективность торможения	На стендах с беговыми барабанами ТС разрешенной максимальной массы
		На стендах с беговыми барабанами ТС снаряженной массы
		На уклоне ТС категорий М и N разрешенной максимальной массы
		На уклоне ТС категорий М и N разрешенной снаряженной массы
		В дорожных условиях по установившемуся замедлению ТС категорий М2, М3, N2 и N3
3 Запасная тормозная система	Эффективность торможения	На стендах с беговыми барабанами
		В дорожных условиях по тормозному пути
		В дорожных условиях по времени срабатывания привода и установившемуся замедлению
4 Вспомогательная тормозная система	Эффективность торможения	В дорожных условиях по установившемуся замедлению
5 Инерционный тормоз	Правильность регулировки	По величине свободного хода устройства управления на отцепленном прицепе

1	2	3
6 Тормозной привод	Регулятор тормозных сил	Давление на контрольном выводе или параметр, установленный изготовителем
	АБС	По сигнализаторам АБС
		В дорожных условиях по сохранению устойчивости ТС при торможении
	Система сигнализации и манометры	По адекватности срабатывания световых сигнализаторов и показаний манометров
	Герметичность тормозного привода и давление на контрольных выводах	Органолептический контроль *, измерение величин и падения давления за установленное время
7 Рулевое управление	Изменение усилия при повороте рулевого колеса и его ограничения	Органолептический контроль *
	Суммарный люфт в рулевом управлении	Измерение прибором при опоре ТС на управляемые колеса
	Детали крепления и фиксирования положения, подвижность рулевой колонки, рулевого механизма и деталей рулевого привода	Органолептический контроль * (для деталей рулевого привода – с возможным силовым воздействием на управляемые колеса при их установке на стенд)
	Натяжение ремня привода насоса гидроусилителя	Измерение прогиба под воздействием фиксированного усилия
	Подтекание рабочей жидкости из гидроусилителя	Органолептический контроль *
8 Фары	Положение и форма светового пучка в режиме «ближний свет»	На рабочей площадке с использованием прибора и ориентирующего приспособления или матового экрана
	Сила света по верхним и нижним границам светового пучка в режиме «ближний свет»	Измерение на рабочей площадке с использованием прибора и ориентирующего приспособления
	Сила дальнего света	Измерение на рабочей площадке с использованием прибора и ориентирующего приспособления
	Положение и форма светового пучка противотуманных фар	На рабочей площадке с использованием прибора и ориентирующего приспособления

1	2	3
	Сила света противотуманных фар по верхней и нижней границам светового пучка	Измерение на рабочей площадке с использованием прибора и ориентирующего приспособления
9 Сигнальные фонари	Отличия в силе света парных симметрично расположенных сигнальных фонарей	Органолептический контроль *
	Включение и режимы работы	Органолептический контроль *
	Сила света	Измерение с использованием прибора для контроля сигнальных фонарей
10 Колеса и шины	Комплектование шинами и установка колес	Органолептический контроль *
	Высота рисунка протектора шин	Измерение с помощью приспособления или контроль по индикаторам износа
	Местные повреждения шин	Органолептический контроль *
	Наличие и затяжка гаек крепления колес	Органолептический контроль *, при необходимости измерение динамометрическим ключом
	Трещины дисков и ободьев, нарушение формы и размеров крепежных отверстий	Органолептический контроль *
11 Двигатель	Содержание вредных веществ в ОГ	Измерение на скоростных режимах с помощью газоанализатора или дымомера
	Отсутствие подтеканий топлива	Органолептический контроль *
	Герметичность газовой системы питания	Измерение с помощью течеискателя
	Отсутствие утечек в системе выпуска	Органолептический контроль *
	Рассоединения в системе вентиляции картера	Органолептический контроль *
12 Стеклоочистители и стеклоомыватели	Наличие стеклоочистителей и стеклоомывателей	Органолептический контроль *
	Частота перемещений щеток по стеклу	Измерение с помощью секундомера
	Обеспечение подачи воды	Органолептический контроль *
13 Тягово-сцепное устройство	Работоспособность механизмов сцепного устройства	Органолептический контроль при приведении сцепного устройства в действие

1	2	3
	Диаметры наиболее изнашивающихся деталей	Контроль с помощью калибра-шаблона или измерение штанген-циркулем
	Повреждение деталей	Органолептический контроль *
	Предохранительные цепи	Органолептический контроль *
	Передние буксирные устройства	Органолептический контроль *
	Устройство поддержки сцепной петли дышла прицепа	Органолептический контроль *
14 Стекла и обзорность	Укомплектованность ТС зеркалами заднего вида	Органолептический контроль *
	Отсутствие трещин на стеклах	Органолептический контроль *
	Наличие предметов, ограничивающих обзор водителю	Органолептический контроль *
	Светопропускание стекол	Измерение с помощью прибора
	Устройства обогрева стекол	Органолептический контроль *
15 Комплектность ТС	Наличие аптечки, знака аварийной остановки, противоткатных упоров, огнетушителей, надколесных грязезащитных устройств	Органолептический контроль *
	Цветографические схемы окраски, специальные световые и звуковые сигнальные приборы	Органолептический контроль *
	Наличие на автобусах дополнительного огнетушителя, противооткатного упора, обозначений аварийных выходов	Органолептический контроль *
	Задние защитные устройства, бамперы	Органолептический контроль *
16 Крепление составных частей и принадлежностей	Крепление запасного колеса, аккумуляторной батареи, огнетушителей	Органолептический контроль *
	Крепление поручней в автобусах	Органолептический контроль *

1	2	3
17 Сиденья и ремни безопасности	Крепление сидений	Органолептический контроль *
	Работа механизмов продольной регулировки и фиксирования положения сидений	Органолептический контроль * с приведением механизма в действие
	Высота подголовников	Измерение линейкой
	Дефекты ремней безопасности	Органолептический контроль *
18 Спидометры и тахографы	Адекватность показаний спидометра	Органолептический контроль * с приведением спидометра в действие
	Адекватность показаний тахографа	Органолептический контроль * с приведением тахографа в действие
	Метрологический контроль и пломбировка тахографа	Органолептический контроль *
19 Подвеска и карданная передача	Затяжка болтовых соединений	Органолептический контроль *
	Разрушение деталей	Органолептический контроль *
20 Замки дверей, запоры бортов и горловин, выключатели	Работоспособность замков дверей, запоров бортов и горловин	Органолептический контроль * с приведением замков в действие
	Аварийный выключатель дверей, устройства приведения их в действие и сигнал требования остановки автобусов	Органолептический контроль * с приведением в действие проверяемых узлов
	Противоугонное устройство	Органолептический контроль *
21 Каплепадение	Наличие каплепадения рабочих жидкостей или масел	Органолептический контроль *
22 Маркировка ТС	Государственные регистрационные знаки	Органолептический контроль *
	Таблички изготовителя и заводские номера агрегатов	Органолептический контроль * и контроль подлинности с помощью прибора
	Маркировка газовых баллонов	Органолептический контроль *

* Термин «органолептический контроль» (ДСТУ 2925–94) по мнению автора не отражает необходимые процессы контроля, которые выполняются органами чувств и мышлением человека

Периодичность технического осмотра автомобилей в некоторых странах

Страна	Норма периодичности осмотра		
	Грузовые автомобили и прицепы	Автобусы	Легковые автомобили индивидуальных владельцев
1	2	3	4
Австрия	Ежегодно	Через 3 года после начала эксплуатации далее ежегодно	Через 3 года после начала эксплуатации, затем через 2 года, далее ежегодно
Бельгия	Ежегодно	3 раза в год	Через 4 года после начала эксплуатации, далее ежегодно
Великобритания	Ежегодно	Ежегодно	Ежегодно
Испания	Через 4, 6 или 12 месяцев в зависимости от сроков эксплуатации	Через 4, 6 или 24 месяцев в зависимости от сроков эксплуатации	Через 4, 6 или 12 или 24 месяцев в зависимости от сроков эксплуатации и права владения
Португалия	Через 5 лет после начала эксплуатации, далее ежегодно	Ежегодно	Через 5 лет после начала эксплуатации, далее ежегодно
Финляндия	Ежегодно	Первые 5 лет эксплуатации ежегодно, далее 2 раза в год	Через 3 года после начала эксплуатации, далее ежегодно
Франция	Ежегодно	2 раза в год	Осмотр не осуществляется
Германия	Более 2,8 т ежегодно	Ежегодно	Через 3 года после начала эксплуатации, далее через 2 года
Швеция	Через 2 года после начала эксплуатации, далее ежегодно	Через 2 года после начала эксплуатации, далее ежегодно	Через 2 года после начала эксплуатации, далее ежегодно
Япония	Ежегодно	Ежегодно	До 10 лет эксплуатации через каждые 2 года; более 10 лет ежегодно

Задачи и объекты диагностирования транспортных средств по критериям безопасности и экономичности эксплуатации представлены на рис. 2.10. Важно, чтобы диагностические параметры для этих объектов имели качественные (признаки) и количественные значения.

Периодичность технического осмотра автомобилей в некоторых странах представлены в табл. 2.19.

Согласно данным выборочного обследования транспортных машин на дорогах 69,1 % легковых и 82,3 % грузовых автомобилей имели минимум по одной технической неисправности, влияющих на безопасность дорожного движения [11].

Перечень систем и узлов транспортных средств, диагностируемых по критериям безопасности дорожного движения представлены в табл. 2.20 [11]. Одной из основных причин недостаточной достоверности диагностирования транспортных средств является недостаточное диагностическое обеспечение станций контроля автомобильных транспортных средств и несовершенство системы контроля технического состояния.

Неисправности автомобилей, как правило, приводят к внезапному нарушению устойчивости движения, потере управления. Самая высокая вероятность возникновения аварийной обстановки наблюдается при эксплуатации транспортных средств с неисправными тормозными системами.

Нормы периодичности осмотра автомобилей в некоторых странах представлены в табл. 2.21 [11].

2.7 Прогнозирование числа ДТП в регионе или в стране

Описанная ниже методика расчета числа ДТП предложена в работе [38].

С достаточной точностью число дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом можно определять по формуле [11]:

$$Д = K \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{N \cdot P^2} = K \cdot \sqrt[3]{10^{-12} \cdot N \cdot 10^6 \cdot P^2 \cdot 10^{12}} = 10^2 \cdot K \cdot \sqrt[3]{N \cdot P^2} \text{ чел.};$$

$Д$ – количество ДТП со смертельным исходом; K – коэффициент безопасности, который для разных стран изменяется в пределах $(1...4) \cdot 10^{-4}$; N – количество автомобилей в стране; P – численность населения.

Коэффициент безопасности для каждой страны можно вычислить по формуле

$$K = Д / 10^2 \cdot \sqrt[3]{N \cdot P^2}.$$

В табл. 2.22 приведены статистические данные по ДТП по 14 странам мира (по состоянию на 31.12.2005 г.) и расчетные коэффициенты K . Этот коэффициент по Украине достигал 2,7. В 2007 г. в Украине погибло около 10 тыс. чел. Если принять численность населения $P = 46$ млн.чел. и количество автомобилей $N = 10$ млн. (с учетом транзитных автомобилей и пасса-

жиров), то коэффициент K будет равен:

$$K = \frac{10000}{10^2 \cdot \sqrt[3]{10 \cdot 46^2}} = \frac{100}{\sqrt[3]{21160}} = \frac{10}{2,765} \approx 3,62.$$

Таблица 2.22

Статистические данные по ДТП

Страна	Население млн. чел.	Количество автомобилей, млн. ед	Количество ДТП, тыс.	Число пострадавших в ДТП, тыс. чел		K
				Погибло	Ранено	
Россия	154,00	36,600	174,2	40,0	260,0	4,2
Украина	48,457	9,124	46,5	7,2	55,9	2,7
США	260,00	190,4	2251,0	39,2	3449,0	1,7
Франция	61,10	29,275	137,5	9,1	189,0	2,0
Италия	57,103	30,721	162,0	6,6	221,0	1,4
Великобритания	56,50	24,335	229,0	3,8	302,0	0,9
Германия	82,017	42,836	385,4	7,9	505,6	1,5
Испания	40,00	15,799	80,0	6,4	117,2	2,8
Польша	38,50	8,133	54,0	6,7	64,6	2,9
Канада	30,757	17,000	172,0	3,5	249,0	1,4
Япония	125,25	63,266	725,0	11,0	879,0	1,1
Турция	66,668	4,041	208,8	6,5	104,3	2,5
Швейцария	7,170	3,507	22,9	0,7	28,2	1,2
Швеция	8,842	3,953	13,8	0,6	19,7	0,9

На каждую тысячу автомобилей число смертных случаев в Украине определится по формуле

$$\begin{aligned} D' &= \frac{1000D}{N} = 1000 \cdot 3,62 \cdot 10^{-4} \sqrt[3]{\frac{48^2 \cdot 10^{12}}{10^2 \cdot 10^{12}}} = \\ &= 0,362 \cdot \sqrt[3]{28,04} \approx 0,362 \cdot 2,85 \approx 1,0 \text{ чел./1000 авт.} \end{aligned}$$

При увеличении численность автомобилей на Украине до 20 млн., число погибших возрастает до 13000 чел., а D' снизится до 0,65 чел./1000 авт.

В США, например, при $P = 260$ млн. чел и $N = 190$ млн. авт. число смертных случаев на 1000 авт. составляет $0,17 \sqrt[3]{260^2/190^2} \approx 0,21$ чел/1000 авт.

В Харьковской области в год погибает примерно 500 чел. При наличии

$N = 0,6$ млн. авт., населения $P = 2,8$ млн. чел. и при коэффициенте безопасности $K \approx 3$ число погибших будет равно

$$Д \approx 10^2 \cdot 3 \cdot \sqrt[3]{0,7 \cdot 2,8^2} \approx 300 \cdot 1,75 \approx 525 \text{ чел.}$$

Относительное число погибших на 1000 авт. составит

$$Д' = 0,30 \cdot \sqrt[3]{2,8^2 / 0,7^2} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{16} = 0,30 \cdot 2,52 = 0,75 \text{ чел./1000 авт.}$$

Украина занимает одно из последних мест в Европе по количеству погибших на 1 млн. чел. населения (по данным OECD Factbook 2000: Россия – 234, Литва – 220, Украина – 206, Польша – 138, Чехия – 104, Италия – 89, Франция – 77, Швейцария – 50). С учетом этих данных на Украине в 2008 г. может погибнуть $46 \cdot 209 = 9476$ чел., а в Харьковской обл. $2,8 \cdot 206 = 576$ чел.

Коэффициент безопасности зависит не только от численности населения и количества автомобилей в данном регионе. Коэффициент K определяется произведением частных коэффициентов безопасности и в общем виде $K = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$. Частные коэффициенты учитывают особенности дорожных и природно-климатических условий, техническое состояние автомобилей, квалификацию водителей, социальные условия жизни населения, организацию контроля безопасности дорожного движения и др.

Проф. В. Ф. Бабков выполнил исследования по изучению влияния дорожных условий на возникновение ДТП. Им предложено 17 базовых коэффициентов аварийности. Эти коэффициенты учитывают интенсивность движения, уклоны и ширину дороги, радиусы кривых, длину прямых участков, длину населенных пунктов и др. Им введен аналитический коэффициент безопасности, который определяется по формуле

$$K_6 = V/V_{\text{вх}},$$

где V – скорость на участке, а $V_{\text{вх}}$ – скорость въезда автомобиля на данный участок.

По результатам исследований предложено: участки с отношением скоростей одиночных автомобилей $1 \dots 0,8$ считать безопасными для движения; участки с отношением $0,6 \dots 0,8$ – сравнительно малоопасными; участки с отношением $0,4 \dots 0,6$ – опасными; участки с отношением менее $0,4$ – крайне опасными.

В работе [11] приведены результаты опроса экспертов с привлечением сотрудников ГАИ семи областей (Харькова Днепропетровской, Донецкой, Луганской, Полтавской, Сумской и АР Крым). Анализ результатов опросов позволяет определить приоритетные направления по обеспечению безопасности дорожного движения.

В табл. 2.23 приведены результаты опросов экспертов влияния различных факторов на состояние аварийности в Украине. Наибольшее количество баллов приходится на такие факторы, как неудовлетворительные дорожные условия, неудовлетворительное техническое состояние автомобиля, низкая транспортная дисциплина на дорогах и неудовлетворительная организация дорожного движения. Из общего числа баллов (1648) первые четыре фактора приходится 61 % (1003).

Таблица 2.23

Статистические данные опроса экспертов

Области Украины	Факторы, влияющие на безопасность дорожного движения									
	Неудовлетворительные дорожные условия	Неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств	Низкая транспортная дисциплина на дорогах	Неудовлетворительная организация дорожного движения	Несовершенство действующей системы техосмотра ТС	Низкое качество подготовки водителей	Влияние социально-правовых и экономических факторов	Влияние атмосферно-климатических условий	Несовершенство действующей законодательной базы в сфере дорожного движения	Низкий уровень оплаты труда сотрудников ГАИ
Харьковская обл.	70	66	50	32	28	36	24	16	25	12
Днепропетровская обл.	40	15	18	24	16	18	12	10	20	9
Донецкая обл.	20	22	27	22	12	12	8	8	25	9
Луганская обл.	50	22	30	16	20	24	16	12	35	10
Полтавская обл.	60	32	56	46	8	12	8	6	20	5
Сумская обл.	60	30	50	32	12	18	4	6	30	4
АР Крым	30	28	37	18	16	18	16	12	25	8
Сумма баллов	330	215	268	190	112	138	88	70	180	57

Существует непосредственная взаимосвязь факторов, влияющих на безопасность дорожного движения [11]. Можно выделить пять основных факторов, характеризующих уровень безопасности дорожного покрытия. К социально-экономическим факторам относятся: уровень развития экономики страны, уровень жизни населения, психологический климат, внедрение научных и инновационных разработок, своевременное оказание медицин-

ской помощи пострадавшим в ДТП.

К конструктивным и транспортным факторам относятся тяговые, тормозные и скоростные качества, конструктивная безопасность, техническое состояние, состав и плотность портного потока, габариты и окраска. Участники транспортного движения характеризуются квалификацией, возрастом, полом, психологическими особенностями и физическим состоянием. Дорожные условия учитывают плотность дорожной сети и интенсивности движения, геометрические параметры дороги, тип и состояние покрытий, окружающий ландшафт и видимость дорог.

К организации движения относятся правила дорожного движения, надзор за дорожным движением, автоматическое регулирование, средства пассивного регулирования и сервис на дорогах.

Важным фактором, определяющим безопасность дорожного движения является окружающая среда (температура, давление, атмосферные осадки, ветер, туман, продолжительность светлого дня).

Совокупность перечисленных факторов в конечном итоге и определяет уровень безопасности дорожного движения портных машин.

В заключение следует акцентировать внимание на необходимость неотложного решения следующих основных проблем в Украине. Должна быть разработана государственная программа и концепция обеспечения безопасности дорожного движения. Необходимо повысить качество технического обслуживания подвижного состава в автотранспортных предприятиях и контроль за техническим состоянием органами ГАИ. Необходимо внедрять современные методы технической диагност автомобилей.

Качество дорожно-транспортного движения следует систематически контролировать и совершенствовать.

Основным критерием оценки качества дорожного движения должны быть не только средние скорости, но и шум ускорения в м/с^2 и величина коэффициента аварийности в данном регионе.

2.8 Принципы обеспечения надежности функционирования машин в системе АТП

Множество факторов и обстоятельств, влияющих на способность автомобильного транспорта осуществлять транспортный процесс, препятствует однозначному выбору параметров, характеризующих его надежность в целом как функционирующего объекта. Это предопределяется также тем, что автомобильный транспорт выполняет требуемые функции в режимах и условиях, диапазон изменения которых несравнимо более широк, чем у других видов транспорта, например авиационного. Параметры этих условий и режимов работы не только многочисленны, но и подвержены непрерывной изменчивости, часто случайной и непрогнозируемой.

Среди множества условий функционирования автомобильного транспорта укрупненно выделяются три различным образом сочетающихся условия: транспортные, дорожные, природно-климатические [1, 8].

Для зоны умеренного климата установлены официальные категории условий эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта в зависимости от дорожного покрытия и рельефа местности.

Используя в качестве показателя наработки АТС протяженность пробега в километрах, установлены коэффициенты приведения пробега в разных категориях условий эксплуатации к первой.

Показатели условий эксплуатации являются только предпосылкой для назначения технических параметров вновь создаваемых машин, расчетов их конструкций согласно базовым научным дисциплинам «Теория автомобиля», «Теория эксплуатационных свойств автомобилей», «Конструкция и расчет автомобилей» и положениям ряда отраслевых и государственных стандартов.

Разработка норм прочности в автомобилестроении основывается на преобразовании описанных в общих чертах условий эксплуатации в численные оценки сопротивлений движению, распределения нагрузок, процессов нагружения [1-4, 8, 12].

В этих условиях надежность автомобильного транспорта достигается:

- многообразием автотранспортных средств, наилучшим образом приспособленных к выполнению различного вида перевозок в требуемых условиях;
- надежностью функционирования каждого отдельно взятого автотранспортного средства;
- надежностью функционирования объединений автотранспортных средств – так называемых автохозяйств, автотранспортных предприятий (АТП), автокомбинатов, СТО.

Эти направления обеспечения надежности реализуются в различных системах, объединяющих разные материальные и людские ресурсы, разные разработки, различные критерии оценки эффективности и принятия решений.

После перехода к рыночным отношениям формирование типажа автомобилей как системы, обеспечивающей надежность перевозок, происходит стихийно. Тем не менее перспективный типаж как система обеспечения надежности автомобильного транспорта сохраняется в рамках производственных объединений, различных форм изготовителей в отечественном и зарубежном автомобилестроении. Особенностью этой системы является обеспечение потенциальной надежности автомобильного транспорта путем создания подвижного состава, отвечающего спросу на рынке по показателям надежности и цене.

Обеспечение надежности автомобильного транспорта на жизненном участке IV...V рис. 1.10 состоит в реализации потенциальной надежности

машин в объективно складывающейся системе «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (ВАДС), функционирование которой начинается с момента использования автомобиля.

Безотносительно к типу АТС его функционированию осуществляется под воздействием водителя на органы управления в движении, по определенной дороге, в определенной среде. Поэтому ВАДС рассматривается как единое целое соединение элементов. Воздействие каждого из элементов на состояние системы характеризуется различными физическими показателями, значения которых имеют свои пределы. Выход за эти пределы приводит к отказу всей системы и, следовательно, к отказу транспортного средства. Нормы пробега подвижного состава до капитального ремонта приведены в табл. 2.24.

Надежность системы ВАДС обеспечивается надежностью составляющих элементов (см. подраздел 3). Применительно к каждому из них используются общепринятые в теории надежности термины и определения, но отличающиеся содержательной и смысловой частью, специальной для отдельных элементов. Поэтому в обеспечении надежности системы ВАДС рассматриваются лишь особенности использования положений общей теории долговечности, безотказности, ремонтпригодности, сохраняемости. Выделяется особо лишь одно свойство системы – безопасность, оцениваемое характеристиками особых событий – дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Характеристика безопасности по вероятности ДТП включается составляющей частью обеспечения надежности всех элементов системы ВАДС, а надежность автомобильного транспорта, характеризуемая этим показателем, контролируется органами государственного управления. В особенности это распространяется на элемент системы автомобиль. Показатели безопасности его подлежат обязательной сертификации. Этим в значительной мере обосновывается роль автомобиля как структурообразующего элемента в системе ВАДС.

Обеспечения надежности автомобильного транспорта реализуется в системе, образующейся с целью наиболее экономичной организации массовых перевозок грузов и пассажиров, поддержания в исправном состоянии, регулярного выпуска на линию возможно большего количества подвижного состава, способного выполнять заданные функции. Система, объединяющая значительное число автомобилей (система АТП), существенно отличается показателями надежности от системы ВАДС. В этой системе иначе оценивается надежность как функционирования ее самой, так и автомобилей [1, 2, 8].

Особенностью системы АТП является то, что вероятностные характеристики ее надежности выражают интегральные показатели транспортного процесса и, прежде всего, обеспечения ритмичности перевозок, сохраняя установленные их объемы в заданных пределах, соответствующих определенным, условиям использования автомобильного парка.

Таблица 2.24

Нормы пробега подвижного состава до капитального ремонта, тыс. км

Подвижной состав и его основной параметр	Марка, модель	Норма пробега
1	2	3
Автомобили легковые		
Особо малого класса (раб. объем двигателя до 1,2 л включительно)	ЗАЗ-1102«Таврия»	125
Малого класса (свыше 1,2 до 1,8 л)	ВАЗ-210430, 2115	150
Среднего класса (свыше 1,8 до 3,5 л)	ГАЗ-3110, 3111	400
Автобусы		
Особо малого класса (длина до 5 м включительно)	ГАЗ-32213, 2217	350
Малого класса (свыше 6,0 до 8,0 м)	КАВЗ-3976, ЗиЛ-325030	400
Среднего класса (свыше 8,0 до 10,0 м)	КАВЗ-39765, ЛАЗ-42072	500
Большого класса (свыше 10,5 до 12,0 м)	ЛИАЗ-525625, МАРЗ-52661	500
Особо большого класса (свыше 12,0м)	АКА-6226 (на шасси Мерседес-Бенц 0405G)	400
Автомобили грузовые общего назначения		
Особо малой грузоподъемности (от 0,5 до 1,0 т)	УАЗ	150
Малой грузоподъемности (св. 1,0 до 3,0 т)	ЗиЛ-5301АО	175
Средней грузоподъемности (св. 3,0 до 5,0 т)	ЗиЛ-432730, МАЗ-437040	300
Большой грузоподъемности свыше 5,0 до 6,0 т; свыше 6,0 до 8,0 т	ЗиЛ-431410,	450
	КамАЗ-5320, ЗиЛ-534330	300
Особо большой грузоподъемности свыше 8,0 до 10,0 т; свыше 10,0 до 16,0 т	КамАЗ-53212, МАЗ-533602, ЗиЛ-630900, КРАЗ-65101, КамАЗ-5325,	300
	КамАЗ-53215	300
Автомобили-самосвалы карьерные		
грузоподъемностью 30,0 т	БелАЗ-7522	200
грузоподъемностью 42,0 т	БелАЗ-7548	200
Прицепы и полуприцепы		
Прицепы одноосные малой и средней грузоподъемности (до 5,0 т)	СМ-В325	120
Прицепы двухосные средней и большой грузоподъемности (до 8,0 т)	ГКБ-8350	250
Полуприцепы двухосные особо большой грузоподъемности (14 т)	мод. 9370	300

1	2	3
Полуприцепы многоосные особо большой грузоподъемности (свыше 20,0 т)	МАЗ-9398	320
Прицепы и полуприцепы-тяжеловозы (свыше 22,0 т)	ЧМЗАШ	250

В системе АТП проявляются разные аспекты надежности автомобильного транспорта: технические и экономические. В технических аспектах надежности системы АТП выделяют организацию и оснащенность предприятия, эксплуатации, управления технологическими процессами обеспечения работоспособного состояния располагаемого парка АТС. Экономические аспекты надежности системы АТП развиты значительно слабее, однако имеются разработки количественных оценок затрат и доходов в сравнительной форме для конкретных АТП.

Система ВАДС занимает решающее место в обеспечении надежности автомобильного транспорта, но является лишь элементом потока движущихся АТС. Объединением, совокупностью систем ВАДС формируется более высокий уровень обеспечения надежности транспортного процесса – в системе АТП. Поэтому систем является основным объектом исследования для решения практических задач обеспечения надежности автомобильного транспорта.

АТП обеспечиваются разнovidным подвижным составом. Классификация подвижного состава автомобильного транспорта, приведенная на рис. 1.1 [1], отражает большое многообразие автомобильных средств. Это многообразие отражается также в категорировании АТС, гармонизированном с правилами Комитета внутреннего транспорта Европейской экономической комиссии Организации объединенных наций (КВТ ЕЭК ООН) и использованном в ГОСТах так, как показано в табл. 2.25.

В классификации АТС отображается стремление повысить надежность транспортных процессов созданием машин, возможно полнее отвечающих заданным условиям их использования без отказов по причинам несоответствия выполнению требуемых функций, имеющих возможно более длительное время службы при наилучшей приспособленности к поддержанию работоспособности. В развитии автомобильного транспорта отчетливо выражена тенденция специализации АТС, в том числе и создаваемых на шасси автомобилей массового производства. Неоспоримым стало преимущество узкоспециализированных машин по надежности осуществляемых перевозок перед автомобилями общетранспортного назначения.

Другая тенденция – расширение номенклатуры моделей, в особенности легковых автомобилей для удовлетворения запросов разных потребителей. Одновременное стремление к унификации на уровне агрегатов, узлов и

деталей способствует повышению надежности автомобилей массового использования.

Таблица 2.25

Классификация автотранспортных средств

Категория	Тип автотранспортных средств	Полная масса, т	Наименование автотранспортного средства
1	2	3	4
М	Автотранспортные средства с двигателем, предназначенные для перевозки пассажиров		Пассажирские и грузопассажирские автомобили, их модификации, автобусы, пассажирские автопоезда
М ₁	То же, имеющее не более 8 мест для сидения, кроме места водителя		То же
М ₂	То же, имеющее более 8 мест для сидения, кроме места водителя	До 5,0	То же
М ₃	То же	Свыше 5,0	То же
N	Автотранспортные средства с двигателем, предназначенные для перевозки грузов		Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, а также их шасси со смонтированными на них установками (специальные автомобили)
N ₁	То же	До 3,5	То же
N ₂	То же	Свыше 3,5 до 12,0	То же
N ₂	То же	Свыше 12,0	То же
O	Автотранспортные средства без двигателя		Прицепы и полуприцепы
O ₁	То же	До 0,75	Одноосные прицепы
O ₂	То же	До 3,5	Прицепы и полуприцепы, за исключением прицепов категории O ₁
O ₃	То же	Свыше 3,5 до 10,0	Прицепы и полуприцепы
O ₄	То же	Свыше 10,0	То же
Категории: L ₁ – двухколесные транспортные средства, рабочий объем двигателя которых не превышает 50 см ³ и максимальная конструктивная скорость не превышает 50 км/ч;			

1	2	3	4
L₂ – трехколесные транспортные средства, рабочий объем двигателя которых не превышает 50 см³ и максимальная конструктивная скорость не превышает 50 км/ч; L₃ – двухколесные транспортные средства, рабочий объем двигателя которых превышает 50 см³ или конструктивная скорость превышает 50 км/ч; L₄ – трехколесные транспортные средства с асимметричным расположением колес по отношению к средней продольной оси, рабочий объем двигателя которых превышает 50 см³ или конструктивная скорость превышает 50 км/ч (мотоциклы с коляской).			

Примечания:

1. При определении категории полуприцепа под его полной массой подразумевают сумму всех осевых масс полностью нагруженного и сцепленного с тягачом полуприцепа, измеренных в статическом положении на горизонтальной поверхности.
2. При определении категории седельного автомобиля-тягача под его полной массой подразумевают массу тягача в снаряженном состоянии с добавлением части полной массы полуприцепа, которая в статическом положении передается на тягач.
3. Сочлененное автотранспортное средство категорий М, состоящее из прицепленных единиц, не предназначенных для расцепки в процессе эксплуатации, рассматривают как одно автотранспортное средство.
4. Под пассажирским автопоездом подразумевают автопоезд, хотя бы одно из звеньев которого предназначено для перевозки пассажиров.

3 НАДЕЖНОСТЬ ВОДИТЕЛЯ, ДОРОГИ И СРЕДЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

Статистика показывает, что ежегодно в мире происходит около 1200 крупных аварий на судах. На дне мирового океана после аварий находится около 50 ядерных боеголовок и более 10 ядерных реакторов [32]. Аварии на атомных станциях, подводных лодках, падение самолетов, аварии танкеров, до 40...45 тыс. ДТП в год транспортных машин и другие аналогичные события непосредственно зависят от уровня надежности диагностирования технических систем и человека. В ДТП ежедневно гибнет не менее 15 человек, травмируется около 140. В Украине в 2008 г. произошло 15 тыс. ДТП. Анализ этих аварий и катастроф показал, что произошли они непосредственно или косвенно по вине человека, в очередной раз обращает внимание общества на проблему человеческого фактора.

Статистические данные о ДТП в Украине за период 1984...2008 г. представлены на рис. 2.3, по вине участников ДТП (водителей, пешеходов и других участников) – на рис. 2.4, по видам ДТП – на рис. 3.1, по причинам происшествий – в табл. 3.1.



Рис. 3.1. Распределение ДТП по причинам происшествий в 2007 г.

Распределение ДТП по причинам их совершения

Год	2002	2003	2004	2005	2006
Превышение безопасной скорости движения (единиц)	3261	3594	4002	5908	10791
Несоблюдение дистанции (единиц)	914	1031	1590	2088	2360

3.1 Надежность водителя

Существуют отдельные классификации условий работы различных машин, в том числе транспортных, сельскохозяйственных и дорожно-строительных, учитывающие состояние поверхности качения, рельеф местности, высоту над уровнем моря, атмосферно-климатические, культуру труда и другие условия. Под условиями работы любой системы понимается все то, что окружает эту систему и находится в тесном взаимодействии с ней.

Водитель автомобиля является одной из распространенных профессий – человека-оператора, моделированию деятельности которого, прежде всего в аспекте надежности, посвящаются все больше исследований. Как элемент системы ВАДС водитель осуществляет управление движением АТС и участвует в поддержании его работоспособного состояния. Непрерывный рост автомобильного парка и тенденции развития конструкций автомобиля таковы, что физический труд при управлении автомобилем и его обслуживании облегчается, но вместе с тем повышаются требования к восприятию условий движения, мышлению, реакциям на внешние воздействия при высокой нервно-эмоциональной напряженности [1, 11, 33, 34].

Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) рассматривается как самый тяжелый отказ не только водителя, но и всей системы

Водитель автомобиля основную информацию получает из окружающего пространства. Выделение из потока информации, необходимой для предотвращения тяжелого отказа – ДТП – обходится водителю физиологически дорого. Этот процесс для условий движения в крупных городах и насыщенных магистралях иногда называют «сенсорной бомбардировкой».

Известны, например, данные по биологическому анализу крови на содержание адреналиноподобных веществ, которые повышаются в сравнении с дорабочим состоянием у водителей грузовых автомобилей на 41 %, автобусов на 100 %, такси на 110 % [1].

Профессия водителя среди систем «человек-оператор», относится к разряду «острых». Медико-гигиенические оценки условий труда водителей автомобилей подчеркивают нервно-эмоциональную направленность, ограниченную двигательную нагрузку, высокую нагрузку сенсорной, интеллектуальной, моторной функцией, неблагоприятное воздействие шума, вибра-

ций, микроклимата и токсичности среды на рабочем месте.

В таких условиях способность безошибочно управлять автомобилем и тем самым обеспечивать надежность транспортного процесса у разных водителей существенно различна. Учитывая, что водитель является одним из элементов целостной системы ВАДС, в понятии надежности его сохраняется единообразный подход как к комплексному свойству сохранять параметры функционирования в пределах, обеспечивающих безопасность движения в определенных режимах и условиях использования автомобиля. Количественная оценка этого свойства крайне затруднительна прежде всего из-за сложности модели функционирования водителя. Сведений о его поведении в огромном разнообразии дорожно-транспортных ситуаций значительно меньше, чем о надежности автомобиля.

Поэтому как комплексное сложное свойство надежность водителя, так и более простые его составляющие – безотказность, долговечность, сохраняемость – оценивают, опираясь на статистические обобщения наблюдений, в основном количественно и часто по косвенным данным.

Безотказность водителя в системе ВАДС определяется как свойство сохранять работоспособность в течение рабочего времени, нормируемого, как правило, в часах. У профессиональных водителей эти нормы различны. Работоспособность водителей условно (тестированием) устанавливают по психофизической оценке состояния организма, обеспечивающего определенную вероятность правильного оценивания ДТС, способность осуществлять адекватные управленческие действия и, главное, избегать ДТП с определенной вероятностью.

В течение рабочего дня, как показали исследования, безотказность существенно меняется: в первые 1,5...2 ч работы за рулем происходит адаптация к условиям выполнения транспортного процесса, затем 4...5 ч поддерживается наивысший уровень безотказности (иногда поддерживаемый и дольше за счет компенсаторных возможностей организма), после чего наступает снижение вероятности безопасного управления до недопустимых пределов. Так при увеличении рабочего дня с 7 до 12 ч вероятность совершения водителями ДТП возрастает (часто вследствие засыпания) почти в 3 раза, а при дальнейшем продолжении работы – вероятность совершения ДТП увеличивается в 10 и более раз [1].

Восстанавливаемость водителя определяется как свойство возобновить работу с вероятностью безаварийного управления после установленных перерывов и отдыха. Число ДТП, совершенных водителями после неполноценного отдыха в выходные дни, на 41 % выше, чем водителями, хорошо отдохнувшими.

Профессиональная долговечность определяется как способность сохранять работоспособность до наступления предельного состояния либо по медицинским показателям состояния здоровья, либо по личным ощущениям

водителя и принимаемым решениям (выход на пенсию, переход на другую работу и т.п.). Исчисляется долговечность функционирования водителя в годах. Известны предложения об использовании понятия «характеристика профессиональной долговечности водителя» для крупных автотранспортных предприятий. В них связываются возраст работающих водителей с их числом (в процентах). Эта характеристика помогает оценить имеющиеся резервы по обеспечению транспортного процесса на данном предприятии, возможную текучесть кадров, целесообразность распределения их по маршрутам и т.п.

Сохраняемость определяется как свойство не терять работоспособность, навыки вождения после длительных перерывов в управлении автомобилем. Это свойство особенно важно учитывать в комплексной оценке надежности водителей.

Представление о мерах повышения надежности водителя в системе ВАДС дает рис. 3.2 [1]. Рассматривая эту систему, следует иметь в виду возможную противоречивость и даже неожиданность последствий применяемых мер повышения надежности водителей.

Например, исследования на автотранспорте в Японии показали, например, что внедрение норм и оплаты труда водителей, стимулирующих производительность за счет повышения скорости движения, повышает вероятность ДТП, в том числе и со смертельным исходом, а в конечном счете увеличивает затраты на перевозки.

Кроме того, предпринятые попытки количественного выражения отдельных свойств привели к набору около 50 оценок. С учетом несхожести личностных качеств можно было бы ожидать сильный разброс этих оценок. Статистика же этого не показывает: наоборот очевидные из схемы рис. 3.2 меры повышения надежности водителей улучшают средние значения и уменьшают рассеивание характеристик водительского мастерства.

Исходя из того, что водитель является решающим элементом функциональной системы ВАДС, повышению его надежности способствуют косвенные воздействия по межэлементным связям, опосредованные структурно-образующим элементом – автомобилем, – условно предоставляемые в виде $C \rightarrow A \rightarrow B$ или $D \rightarrow A \rightarrow B$ (см. рис. 3.2).

Основные из них следующие:

- сокращение числа водителей за счет увеличения грузоподъемности автомобилей, использования автопоездов, прицепов или лучшего подбора автомобильного парка;
- оптимальное планирование рабочего дня или маршрутизации перевозок с целью сокращения продолжительности работы;
- улучшение эргономических характеристик рабочего места водителя;
- уменьшение трудоемкости работ водителя для поддержания автомобиля в работоспособном состоянии;

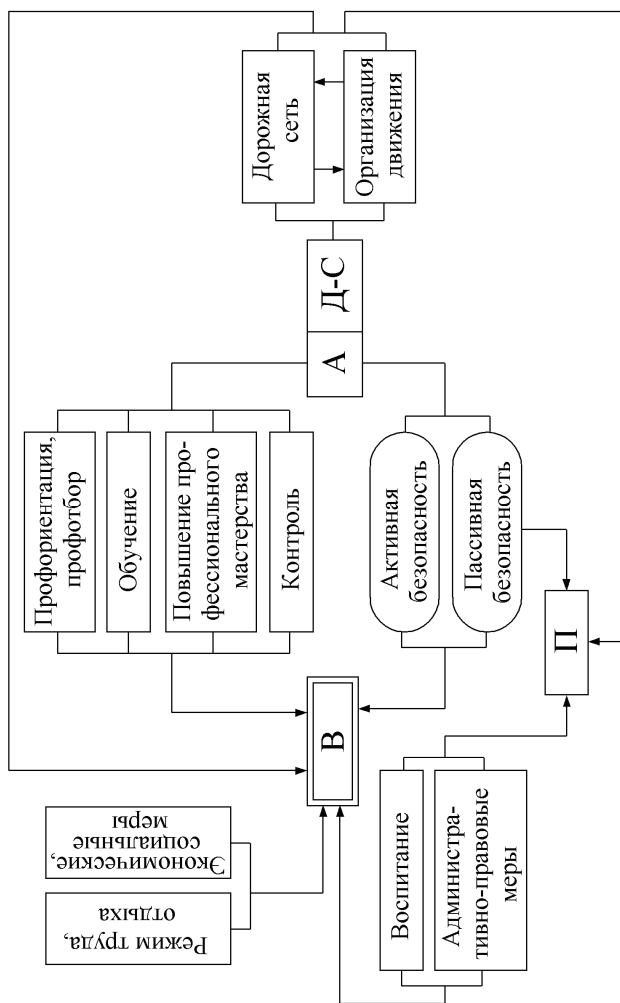


Рис. 3.2. Схема воздействий по межэлементным связям в системе ВАДС для обеспечения надежности водителя

- повышение комфортабельности и улучшение микроклимата на рабочем месте;
- обеспечение высокой активной и пассивной безопасности конструкции АТС.

Эффективность прямых воздействий на водителя с целью обеспечения его надежности в системе ВАДС, как то: обучение и повышение профессионального мастерства, контроль физического состояния, административно-правовые меры и др. рассматривалось в ряде опубликованных работ, отчетах о специальных исследованиях и обобщены в работе [1].

Способности человека оценивать техническое состояние машины и реагировать на неожиданные ситуации в системе ВАДС рассмотрены в подразделе 3.5.

3.2 Надежность дороги

По данным на 2009 г. 85 % украинских дорог признаны опасными. Качество дорожно-транспортного движения зависит от продольного профиля дороги, количества поворотов, перекрестков на дорогах, разгонов и торможений, плотности и интенсивности движения. В городских условиях установившиеся скорости составляют всего 10...30 %, а режимы разгонов и замедлений – 35...60 % от общего времени работы. На отдельных улицах городов на всем протяжении путь состоит из разгонов и торможений [38].

От качества дороги зависит безопасность дорожного движения, топливная экономичность и экология, а также поддержание автомобилей в технически исправном состоянии.

Дорожные условия делятся на постоянные (конструкция покрытия, продольный профиль, ширина дорог) и переменные (степень ровности покрытий, величина сцепления колес с дорогой, видимость дороги водителем и др.).

Основные технические показатели автомобильных дорог общей сети установлены действующими строительными нормами и правилами (СН и П2.05.02-85). Все строящиеся дороги делятся на пять категорий и при их сооружении применяют четыре типа основных покрытий: капитальные (цементобетонные асфальтобетонные) для дорог I...IV категорий, облегченные (асфальтобетонные, дегтебетонные) – для дорог III...IV категории, переходные (щебеночные, гравийные) – IV...V категории, низшие (из грунтов, укрепленных или улучшенных добавками) для дорог V категории.

Расчетная интенсивность движения (авт./сутки) колеблется в пределах от 100 до 7000 и более. СНиП регламентируют изменение расчетных скоростей движения, наибольшие продольные уклоны, ширину полос движения, наименьшие радиусы кривых и др. технические показатели (табл. 3.2).

При эксплуатации автомобильных дорог значительно изменяется сте-

пень ровности покрытия, которая существенно влияет на плавность хода, скорость движения, расход топлива, износ и срок службы автомобиля, производительность подвижного состава и себестоимость перевозок. В зависимости от микропрофиля среднеквадратичные значения ординат неровностей в сантиметрах для разных покрытий изменяются в пределах от 0,3 до 4,0 (асфальтобетон и цементобетон – 0,3...1,5; булыжное – 1,5...3,0; щебеночное разбитое – 4 и более).

Таблица 3.2

Показатели и категории дорог

Показатели	Категория				
	I-a	I-б; II	III	IV	V
Расчетная интенсивность движения транспортных единиц в сутки	Св. 7000	Св. 3000 до 7000	Св. 1000 до 3000	Св. 100 до 1000	До 100
Расчетная скорость движения, км/ч	150 (90)	120 (60)	100 (50)	80 (40)	60 (30)
Число полос движения	4; 6; 8	4;6;8;2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,5	3	–
Наибольшие продольные уклоны, %	3 (6)	4 (7)	5 (8)	6 (9)	7 (10)
Наименьшее расстояние видимости встречного автомобиля, м	– (350)	450 (170)	350 (130)	250 (110)	170 (90)
Наименьшие радиусы кривых, м:					
в плане	1200 (250)	800 (125)	600 (100)	300 (60)	150 (30)
выпуклых	30000 (5000)	15000 (2500)	10000 (2500)	5000 (1000)	2500 (600)
вогнутых	8000 (1000)	5000 (600)	3000 (400)	2000 (300)	1500 (200)

Примечание: в скобках указаны величины, относящиеся к горной местности.

Дорожные и транспортные условия в наибольшей мере влияют на средние технические скорости и эффективность работы транспортных машин. На автомобильном транспорте к сожалению до сих пор не разработаны унифицированные правила расчета скоростей движения. На железнодорожном транспорте еще с 1965 г. действуют Правила производства тяговых расчетов для поездной работы, устанавливающие порядок и методику производства различных эксплуатационных расчетов (скорости движения поезда с учетом веса, расхода топлива и энергии, тормозной силы и др.).

При нормировании скоростей необходимо знать следующие исходные данные: основные конструктивные параметры автомобиля, вид перевозимого груза, продольный профиль дороги и величины подъемов (спусков), тип

и состояние (ровность) покрытий; план дороги с указанием ширины проезжей части, радиусов кривых, дорожных знаков и населенных пунктов; общую длину дороги и длину отдельных ее участков, видимость на дороге с учетом конструкции дорог, а также климатические условия (туман, атмосферные осадки).

При движении по неровным дорогам скорость зависит в основном от совершенства подвески машины и величины вертикальных ускорений кузова. Мощность двигателя в этом случае не играет решающей роли и метод расчета по динамической характеристике совершенно неприемлем.

Влияние дорожных и транспортных условий на скорость движения грузовых автомобилей и автобусов может быть оценена с помощью расчетных формул, приведенных в табл. 3.3 [8].

Таблица 3.3

Формулы для оценки влияния дорожных и транспортных условий на скорость движения грузовых автомобилей и автобусов

	Расчетные формулы	Обозначения переменных
1	$V_a(\psi) = 0,80/\psi$ км/ч	ψ – суммарное дорожное сопротивление
2	$V_a(S) = (65 - 0,05 \cdot S)$ при $S < 800$ см/км. При $S > 800$ $V_a(S) \approx (25 \dots 20)$ км/ч	S – степень ровности дороги по толчкомеру, см/км
3	$V_a(U) = (65 - 0,013 \cdot U)$ км/ч	U – интенсивность движения автомобиля, авт./ч
4	$V_a(i, h) = (65 - 6,7 \cdot i - 8,7 \cdot 10^{-3} \cdot h)$ км/ч	i – средний продольный уклон дороги, h – высота над уровнем моря, м

При работе автомобилей на дорогах с твердым покрытием, имеющим большое число неровностей, и по бездорожью ежегодные убытки составляют по Украине более 2 млрд. грн. Проблема эффективности эксплуатации автомобилей на дорогах с различной степенью ровности и по бездорожью приобрела особую актуальность и должна решаться общими усилиями автомобилистов и дорожников.

Значительное влияние на эффективность работы автомобилей оказывает продольный профиль дорог и их расположение над уровнем моря, что в конечном итоге определяется рельефом местности. Скорость движения автомобилей на горных дорогах уменьшается в среднем на 35...40 %, а расход топлива увеличивается на 15...20 %. В горных условиях нарушается нормальная работа системы питания двигателя, что приводит к снижению динамики и экономичности автомобиля и увеличению износа двигателя. Вероятности распределения ординат микропрофиля и продольных уклонов дорог в основном подчиняются нормальному закону.

К транспортным условиям относится целый ряд специфических условий, характеризующих организацию и протекание транспортного процесса. Они определяются видом перевозимого груза, объемом и расстоянием перевозок, партиинностью отправок, способами погрузки и разгрузки, организацией перевозок, специализацией подвижного состава и сохранностью перевозимого груза.

Эти условия предопределяют выбор типа и конструкции подвижного состава, погрузочно-разгрузочных средств, их количество, организацию перевозок и технической эксплуатации.

Всего насчитывается около 20 видов грузовых перевозок (перевозки промышленных, строительных, сельскохозяйственных, торговых и др. грузов). До 1990 г. промышленные и специализированные перевозки общего пользования составили 35 %, строительные – 33 %, сельскохозяйственные – 23 %, торговые – 5 % и остальные – 4 %. Номенклатура основных видов грузов обширна и достигает 350 наименований. Все грузы по степени грузоподъемности автомобилей характеризуются величиной коэффициента использования грузоподъемности γ и делятся на 4 класса (1-й класс – ≥ 1 , 2-й – $0,71 \dots 0,99$; 3-й – $0,51 \dots 0,70$ и 4-й – $\leq 0,5$) [8].

Важной характеристикой транспортных условий являются интенсивность движения подвижного состава и плотность потока. Интенсивность и плотность движения оказывают существенное влияние на скорость движения машин.

Суммарное сопротивление дороги ψ в реальных условиях изменяется в пределах от 0,01 до 0,06, степень ровности S от 0 до 1000 см/км, интенсивность движения U до 4 тыс. авт./ч, продольный уклон i для дорог разных категорий до 10 %, высота над уровнем моря h – до 5 тыс. м.

Воспользовавшись приведенными в табл. 3.3 формулами, можно определять изменение скоростей расчетного автомобиля в зависимости от дорожных и транспортных условий. При ухудшении условий работы средняя техническая скорость снижается до 20 км/ч.

Общая методика классификации дорожных (Д) и транспортных условий (Т) учитывает классификационные признаки, название и обозначение подклассов, пределы изменения параметров, пределы и относительные коэффициенты изменения скоростей (табл. 3.4).

Дорожные условия характеризуются тремя классификационными признаками и делятся на 14 подклассов. Высота над уровнем моря определяется в метрах (h , м), продольный профиль (рельеф местности) – математическим ожиданием уклонов (i , %), тип и состояние покрытий – коэффициентом сопротивления качению (f) и степенью ровности по толчкомеру (S), которая для разных дорог изменяется в пределах от 0 до 800 см/км.

Транспортные условия в зависимости от интенсивности движения делятся на пять подклассов. При очень высокой интенсивности движения на

дорогах образуются заторы, скорость снижается до минимума и движение автомобилей прекращается.

Таблица 3.4

Классификация дорог и транспортных условий

Условия работы	Классификационный признак	Название подклассов	Обозначение подклассов	Пределы изменения параметров	Пределы изменения скорости (при $V_{\max} = 95$ км/ч)	Относительные коэффициенты изменения скорости
Дорожные (Д)	Высота над уровнем моря h , м	Горы низкие	Г ₁	0...1700	66...53	1...0,8
		Горы средние	Г ₂	1700...2900	53...41	0,8...0,62
		Горы высокие	Г ₃	2900...3700	41...34	0,62...0,52
		Горы очень высокие	Г ₄	3700...4500 и больше	34...30	0,52...0,45
	Продольный профиль (рельеф местности), i , %	Равнинные	Р	0...2,2	66...55	1...0,8
		Волнистые	В	2,2...3,7	53...41	0,8...0,62
		Холмистые	Х	3,7...4,9	41...34	0,62...0,52
		Низкогорье (предгорье)	Н	4,9...5,8	34...30	0,52...0,45
		Перевальные	П	5,8...6,5 и больше	30...22	0,45...0,38 и больше
	Тип и состояние покрытия, ψ (S)	Отличные	О	0,012...0,015	66...53	1...0,8
		Хорошие	Х	0,015...0,019	53...41	0,8...0,62
		Удовлетворительные	У	0,019...0,023	41...34	0,62...0,52
		Плохие	П	0,023...0,027	34...30	0,52...0,45
		Бездорожье (очень плохие)	Б	0,027...0,036 и больше	30...22	0,45...0,38 и больше
Транспортные (Т)	Интенсивность движения, U , авт./ч	Легкие	Л	0...1100	66...53	1...0,8
		Средние	С	1100...1900	53...41	0,8...0,62
		Затруднительные	З	1900...2500	41...34	0,62...0,52
		Тяжелые	Т	2500...3000	34...30	0,52...0,45
		Критические	К	3000...3400 и больше	30...22	0,45...0,38 и больше

Могут быть различные сочетания условий работы. В каждом возможном сочетании выбирается наименьшее значение относительных коэффициентов изменения скорости. Этот коэффициент и определяет группу условий работы. Для практических целей все эти варианты необходимо разделить на несколько групп, например, на пять групп с такими пределами изменения

коэффициентов: 1-я группа – $1 \dots 0,8$; 2-я группа – $0,80 \dots 0,62$; 3-я группа – $0,62 \dots 0,52$; 4-я группа – $0,52 \dots 0,45$; 5-я группа – $0,45 \dots 0,33$ и менее.

Пределы изменения скоростей для каждой группы определяются умножением приведенных коэффициентов на наибольшую допустимую (крейсерскую) скорость движения, равную для одиночного грузового автомобиля приблизительно $0,7 V_{\max}$, а для автомобиля с прицепом или полуприцепом – приблизительно $0,65 V_{\max}$. Максимальная скорость для грузовых автомобилей и автобусов может быть принята $94 \dots 95$ км/ч. Наибольшая скорость для 1-й группы условий работ будет равна $0,7 \cdot V_{\max} \approx 66$ км/ч.

В настоящее время при начислении заработной платы водителям при работе на загородных дорогах установлены такие скорости: для 1-й группы – 49 км/ч, для 2-й – 37 км/ч и для 3-й (естественные дороги) – 28 км/ч. Для городов установлены скорости $24 \dots 25$ км/ч.

На рис. 3.3 показаны пределы изменения скоростей по действующим СНиП (1) и средние расчетные скорости для легковых (2) и грузовых автомобилей и автобусов (3) при движении в различных дорожных условиях. Пунктирными линиями (4) показаны скорости (нормы пробега), которые используются при расчете расценок за $t \cdot \text{км}$ при начислении заработной платы.

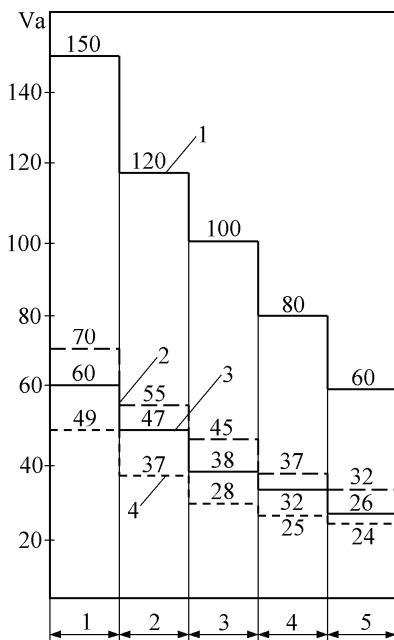


Рис. 3.3. Схема классификации дорожных условий

Атмосферно-климатические условия (А) классифицируются по ГОСТ 16350-80 с учетом среднемесячной температуры наиболее холодного (ян-

варь) и наиболее теплого (июнь) месяцев.

Установлено 4 климатических района: холодный (I), умеренный (II), умеренно-теплый (III) и жаркий (IV). Территорию Украины можно отнести к умеренному климатическому району (II) со среднемесячной температурой воздуха в январе $-15^{\circ}\dots 4^{\circ}$ С и в июне $+8^{\circ}\dots 25^{\circ}$ С.

Уровень культуры функционирования автомобилей делится на три группы: высокий – в, удовлетворительный – у, низкий – н и определяется показателем качества работы (К), который является произведением времени в наряде (T_n), коэффициентов выпуска автомобилей (α_v), использования пробега (β) и грузоподъемности (γ). Для высокого уровня культуры этот показатель равен $5\dots 7$, для удовлетворительного – $3\dots 5$, для низкого – $1\dots 3$.

С помощью введенных обозначений любые сочетания дорожных (Д), транспортных (Т), атмосферно-климатических условий (А) и уровня культуры функционирования (К) можно представить в виде буквенного кода. Например, конкретный вариант сочетаний условий работы автомобилей можно записать так: Д – Г₁ – Х – у, Т – л, А – II, К – в.

Все основные показатели работы грузовых автомобилей существенно зависят от условий функционирования. В табл. 3.5 приведены коэффициенты, показывающие изменение этих показателей для разных условий по сравнению с условиями 1-й группы (коэффициенты округлены) [8].

Таблица 3.5

Условия функционирования автомобилей

Группа условий эксплуатации	Скорость автомобиля	Производительность	Себестоимость перевозок	Расход топлива	Выброс вредных веществ	Пробег до капремонта
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,80	0,85	1,10	1,10	1,30	0,90
3	0,63	0,75	1,30	1,25	1,80	0,8
4	0,53	0,70	1,50	1,40	2,80	0,7
5	0,43 и меньше	0,65	1,70	1,70 и больше	4,00	0,6

В связи с появлением практической потребности в установлении единой классификации условий работы автомобилей назрела потребность в разработке специальных приборов, которые бы фиксировали в виде конкретных количественных показателей дорожные и транспортные условия работы автомобилей.

Наиболее простым прибором, пригодным для механизированного учета работы автомобилей, может быть обычный автомобильный спидометр, работающий совместно со счетчиком времени движения автомобиля. Счет-

чик времени должен включаться и работать только при движении автомобиля.

Зная суммарный пробег автомобиля по спидометру и время движения $t_{\text{дв}}$, можно определить среднюю техническую скорость автомобиля. Например, при $l_c = 200$ км и $t_{\text{дв}} = 5,4$ ч средняя скорость будет равна ~ 37 км/ч. Зная эту скорость, можно определить группу условий работы. В третьей группе (см. табл. 3.4) скорость изменяется в пределах 41...34 км/ч. Эта дорога относится к 3-й гр.

Безотказность дороги определяется главным образом способностью предоставлять возможность длительного движения с постоянной экономической скоростью (60...80 км/ч). На дороге, где непостоянна ширина проезжей части (имеются сужения), плохая освещенность дороги, не оборудованы обочины для съезда неисправных автомобилей, образуются отказы в виде заторов, пробок и т.п. препятствия осуществлению транспортного процесса.

Отказ дороги возникает также при образовании неровностей. В связи с этим перечисленные показатели дороги, используемые для категорирования условий эксплуатации недостаточны. Приобретают большое значение характеристики ровности поверхности, так как вынужденное снижение скорости – частичный отказ.

Главная особенность автомобиля как сложной колебательной системы, основным внешним возмущением которой являются неровности дороги, потребовала разработки специальной оценки ее безотказности по интенсивности возмущающих воздействий в контакте колес с опорной поверхностью. В качестве измерителя этого воздействия выбрана спектральная плотность микропрофиля (рис. 3.4) [1].

Заметим, что в принятом смысле безотказность дороги определяется также ее оборудованием и обустройством – разметкой, дорожными знаками и т.д.

Долговечность дороги определяется преимущественно постоянным отказом, выражающимся в ухудшении микропрофиля вследствие разрушения, деформаций покрытия, а вместе с ним снижением плавности хода автомобиля (и, следовательно, повышением вибронагрузок на водителя, влияющих на его работоспособность), падением скоростей движения и пропускной способности. Долговечность может ограничиваться и лимитирующими элементами, разрушение которых угрожает внезапным и катастрофическим отказам (разрушение, например, мостов вследствие недопустимых нагрузок и т.п.).

Ремонтопригодность и сохраняемость определяется соблюдением строительных норм и правил при сопоставлении их с возможными отказами функционирования системы ВАДС как вследствие воздействия на автомобиль, так и на водителя. Одним из характерных показателей ремонтопригодности служит уровень сохранения пропускной способности на участке,

где возникла угроза отказа и требуется восстановление транспортного потока предусмотренной интенсивности.

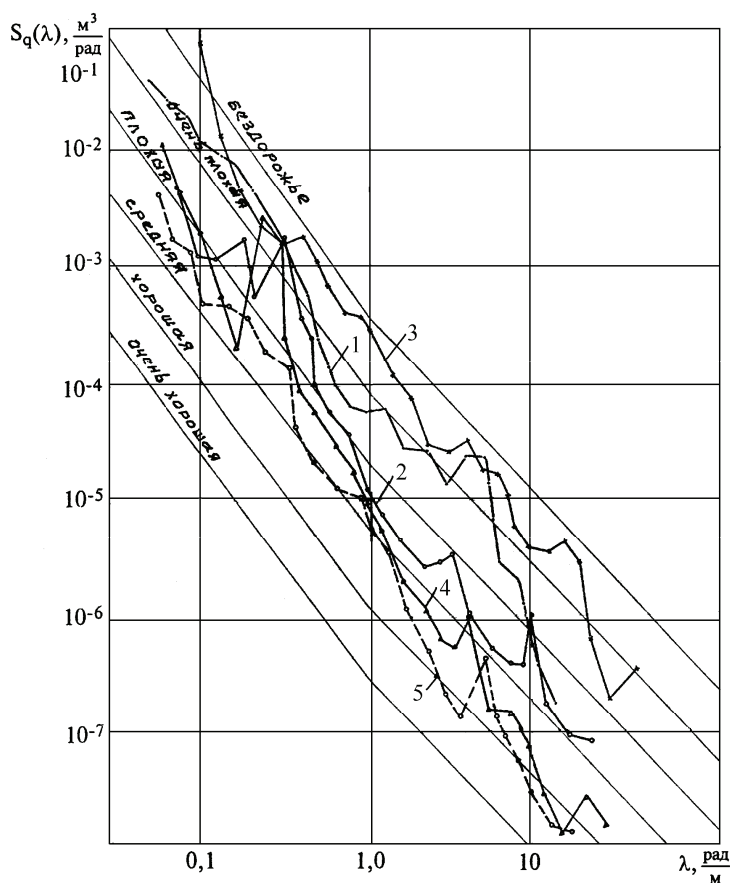


Рис. 3.4. Опытная оценка спектральной плотности микропрофиля на сетке качества дорог: 1 – асфальтобетонной общего пользования; 2 – Ленинградское шоссе; 3, 4, 5 – специальных испытательных автополигона НИЦИАМТ: булыжной, скоростной, динамической соответственно

Эксплуатационная надежность автомобильных дорог определяется следующими основными критериями:

- непрерывное, безопасное и свободное (без обгонов) движение АТС с расчетными скоростями (для легковых автомобилей в I-й категории условий эксплуатации 120 км/ч и в V-й категории – 60 км/ч, для грузовых автомобилей средняя скорость движения с грузом, оптимальная по минимуму суммарных приведенных затрат);
- обеспечение нормативной интенсивности транспортного потока при наибольшей расчетной скорости;

- срок службы, верхний предел которой достигает трехкратной величины среднего срока между капитальными ремонтами, что составляет приблизительно 90 лет для цементобетонных и 27 лет для щебеночных и гравийных покрытий;
- резервированность по пропускной способности и прочности дорожного покрытия, обеспечивающая их сохранение при прогнозируемом изменении конструкций АТС на будущие 20 лет (повышение грузоподъемности, скорости, тяговых и др. свойств).

Надежность дороги, характеризующая безопасностью движения, существенно зависит от плотности транспортных потоков, принимаемых в расчет.

Таблица 3.6

Зависимость отказов от пропускной способности дороги

Уровень удобства	А	Б	В	Г
Использование пропускной способности дороги, %	До 20	20...45	46...70	70...100
Отказы, %:				
– опрокидывание	79,5	20,1	5,2	
– наезд на препятствие	5,0	10,9	6,0	1,6
– съезд с дороги	8,0	7,0	3,0	0,3
– боковой наезд при обгоне	2,0	8,1	7,5	3,1
– столкновение с встречным автомобилем	5,3	48,8	18,2	0,5
– наезд на впереди идущий автомобиль	0,2	5,1	60,0*	94,5**
* Включая 20 % столкновений нескольких автомобилей				
** Включая 55,5 % ДТП того же вида				

Условно принимается [G] четыре уровня плотности, различающиеся следующими признаками [1]:

- уровень А – свободное (без обгонов или с обгоном без выжидания удобного момента) движение с расчетными скоростями;
- уровень Б – проявляется влияние движущихся в том же направлении автомобилей, возникает необходимость маневра, обгон требует выжидания, за медленно движущимся АТС скапливается 2...3 автомобиля;
- уровень В – длительность ожидания возможности обгона возрастает, интервалы между автомобилями сокращаются, появляются колонны;

- уровень Γ – образуется плотный («насыщенный») поток, движение прерывистое, обгон невозможен, скорость резко падает, образуются пробки и заторы.

Каждому уровню плотности потока присущи определенные интервалы использования пропускной способности данной дороги и характерные распределения отказов системы ВАДС по типичным видам причин.

В работах [10, 11] приведен подробный анализ зависимости безотказности от плотности транспортного потока и обобщение данных наблюдений (табл. 3.6) [1].

Характерно, что по мере уплотнения транспортного потока распределение отказов по видам (причинам) выявляет все меньшее влияние воздействий по межэлементным связям в системе ВАДС на вероятность ДТП. В частности, водитель лишается возможности выбирать оптимальные режимы движения.

3.3 Надежность внутренней и окружающей среды

Дорожные и транспортные условия предопределяют скорость движения машины, расход топлива, надежность и долговечность агрегатов и шин, утомляемость водителя. От них в значительной мере зависит производительность, себестоимость и безопасность движения. Поэтому эти условия необходимо правильно учитывать при проектировании, конструировании и анализе различных технико-экономических показателей работы. Для этого требуется общепризнанная научно-обоснованная классификация условий работы (функционирования) автомобилей и др. транспортных машин.

Многообразие условий эксплуатации различных транспортных машин, изменяющихся в пространстве и во времени, существенно влияет на их эффективность работы. Система машина-человек (человеко-машинная система) проявляет свои свойства в процессе взаимодействия с внешней средой. Машину нельзя изолировать от условий эксплуатации и от рабочих процессов, протекающих в ее агрегатах.

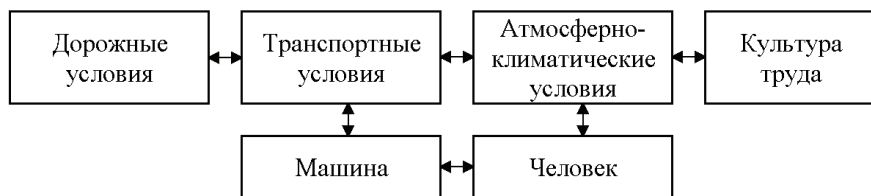


Рис. 3.5. Схема взаимодействия системы машина-человек с элементами условий эксплуатации

На рис. 3.5 [8] представлена схема взаимодействия системы машина-

человек с отдельными элементами условий эксплуатации. Как видно из схемы, существуют тесные взаимосвязи элементов условий эксплуатации и системы машина-человек.

Разграничение среды и системы несколько субъективно и определяется условиями решаемой задачи. Эффективность функционирования системы машина-человек прежде всего зависит от физиологических возможностей человека и технических данных машины, степени их противодействия отрицательным влияниям внешней среды.

В зависимости от условий работы изменяются основные технико-экономические показатели функционирования машины и человека.

Атмосферно-климатические условия оказывают значительное влияние на работу автомобилей. При низкой температуре воздуха затрудняется пуск двигателя, происходит переохлаждение двигателя, замерзание воды в системе охлаждения, повышение вязкости топлива, загустевание смазки, увеличение износа двигателя и других агрегатов.

Среда в системе ВАДС разделяется на внешнюю C_n , в которой находится автомобиль, дорога и лишь отчасти водитель, и внутреннюю C_v , где пребывает водитель и пассажиры в автомобиле. Внешняя среда в основном определяет условия эксплуатации транспорта по признакам, рассмотренным выше.

Внешняя среда характеризуется несколькими особенностями [1]:

- несмотря на изменчивость, случайность и неустойчивость параметров, влияние среды на надежность автотранспорта можно компенсировать изменением параметров других элементов системы;
- неразрывная связь внешней среды с дорогой, которая в ряде случаев может оцениваться не только статистически-вероятностными, но и детерминированными зависимостями;
- влияние внешней среды на надежность функционирования системы ВАДС в интегральном виде представляется через сезонную среднюю частоту ДТП и подчинено следующей выявленной закономерности: минимальное число ДТП – зимой; весной и летом это число возрастает и достигает максимума осенью;
- внешняя среда оказывает прямое и косвенное влияние на безопасность движения (безопасность системы): повышение аварийности осенью обусловлено усилением осадков, туманов, пасмурной погоды, гололедицей (вплоть до недопустимой потери сцепления шин колес с опорной поверхностью, потери тормозных свойств, управляемости и устойчивости автомобиля);
- рост ДТП в летний период объясняется повышением интенсивности движения, уплотнением транспортных потоков.

Основными структурными параметрами атмосферы являются температура, давление и плотность воздуха. Эти параметры обладают простран-

ственно-временной изменчивостью. Они намного изменяются с увеличением высоты над уровнем моря. В зависимости от рельефа местности автомобильные дороги проходят на высоте около 5 км на высокогорных автомагистралях. При этом давление воздуха снижается до 53000 кПа (400 мм рт. ст.), плотность воздуха – до 0,7 кг/м³, а температура воздуха – до -17°...-18° С. Поэтому при работе автомобилей в горных условиях на большой высоте изменяется состав смеси, индикаторный КПД, мощность и расход топлива.

Из факторов окружающей среды наибольшее влияние на токсичность ОГ оказывает температура воздуха (2...10 % изменения выбросов токсичных веществ при изменении температуры на 10° С) и в меньшей степени – барометрическое давление (соответственно 3...5 % на 1 кПа) [88]. В зависимости от температуры от +20° до -30° С и давления воздуха существенно изменяются плотность воздуха (на 20 %) и топлива (на 30 %).

Температура окружающего воздуха T_0 оказывает существенное влияние на характер протекания процесса сгорания топлива. При низких температурах емкость аккумуляторных батарей снижается (примерно в 1,5...2 раза) вследствие повышения вязкости и внутреннего сопротивления электролита. В среднем емкость батарей уменьшается, начиная от +19° до -20° С примерно на 1 % при понижении температуры на 1° С. Падение емкости аккумуляторных батарей уменьшает работоспособность и не обеспечивает запуск двигателя при температуре -15°...-20° С. При значительной разрядке батарей возможно замерзание электролита и разрушение батареи. Понижение температуры воздуха приводит к уменьшению температуры воздушного заряда в цилиндре двигателя, температуры конца сжатия T_c и максимальных температур сгорания. Поэтому понижение температуры окружающего воздуха вызывает снижение токсичности и дымности ОГ дизелей. Причем степень их снижения с уменьшением T_0 у дизелей без наддува больше, чем у дизелей с турбонаддувом. Так, уменьшение T_0 с 303° до 243° К на номинальном режиме вызывает снижение эмиссии NO_x с 16,5 до 8,5 г/(кВт · ч) в дизеле 6 ЧН 13/11,5 и с 15,5 до 6,2 г/(кВт · ч) в дизеле 4Ч 13/14. Эмиссия монооксида углерода СО снижается при этом с 10,3 до 8,0 г/(кВт · ч) в дизеле 6 ЧН 13/11,5 – с 11,7 до 8,2 г/(кВт · ч) в дизеле 4 Ч 13/14, а дымность ОГ – с 27 до 15 % в дизеле 6 ЧН 13/11,5 и с 45 до 37 % в дизеле 4 Ч 13/14 [88].

Влияние давления окружающего воздуха p_0 на показатели транспортного дизеля особенно заметно при его работе в условиях высокогорья с низкими p_0 . В частности, при подъеме на высоту 2000 м над уровнем моря давление p_0 уменьшается с 0,1 до 0,08 МПа, а на высоте 4000 м – до 0,06 МПа. Такое уменьшение p_0 приводит к изменению характера протекания рабочего процесса дизеля.

При уменьшении p_0 снижается плотность воздушного заряда, поступающего в цилиндры дизеля. Это приводит к уменьшению температуры T_c

и давления p_c конца сжатия, увеличению периода задержки воспламенения τ_i , смещению сгорания на такт расширения, уменьшению максимального давления сгорания p_z недогоранию топлива, ухудшению индикаторных и эффективных показателей дизеля, увеличению дымности ОГ и эмиссии продуктов неполного сгорания топлива. Другой причиной ухудшения качества рабочего процесса при уменьшении p_0 является снижение расхода воздуха через двигатель и уменьшение коэффициента избытка воздуха α .

Понижение атмосферного давления вызывает увеличение выбросов монооксида углерода CO и дымности ОГ транспортных дизелей и снижение выбросов оксидов азота NO_x. Причем с уменьшением p_0 более интенсивное увеличение эмиссии CO, дымности ОГ и уменьшение эмиссии NO_x наблюдается в дизелях без наддува. Так, например, падение p_0 с 0,1025 до 0,0965 МПа на номинальном режиме работы вызывает снижение эмиссии NO_x с 16,8 до 12,8 г/(кВт · ч) в дизеле 6 ЧН 13/11,5 и с 16,0 до 10,0 г/(кВт · ч) в дизеле 4Ч 13/14. Эмиссия CO возрастает при этом с 9,1 до 13,3 г/(кВт · ч) в дизеле 6 ЧН 13/11,5 и с 10,2 до 15,3 г/(кВт · ч) в дизеле 4 Ч 13/14, а дымность ОГ – с 23 до 31 % в дизеле 6 ЧН 13/11,5 и с 37 до 51 % в дизеле 4 Ч 13/14 [88].

При увеличении температуры воздуха на входе в двигатель на 10° С мощность двигателя снижается на 2...3 %, а расход топлива возрастает примерно на 1,5 %.

Кроме режимов работы двигателя, его технического состояния и параметров окружающего воздуха на токсичность ОГ значительное влияние оказывают свойства моторного масла и применяемого топлива. Моторное масло, попадающее в цилиндры двигателя, сгорает с образованием токсичных компонентов. Поэтому для достижения требуемых экологических показателей транспортных дизелей необходимо обеспечить определенные качества моторного масла и снизить его расход на угар.

Внутренняя среда характеризуется влиянием на работу водителя. Большинство установленных нормативов внутренней среды ориентированы на восприятие водителем: температура в кабине; загрязнение воздуха в кабине и салоне токсичными составляющими выхлопных газов, испарение рабочих жидкостей, вибрация на рабочем месте, звуковое давление в определенных полосах частот.

В действительности, как показывают испытания и наблюдения в эксплуатации, параметры внутренней среды соответствуют нормам, установленным даже на уровне Государственных стандартов, лишь с некоторой вероятностью. Поэтому на оценку влияния среды на надежность функционирования системы ВАДС распространяются приемы и методы, принятые в общей теории повышения надежности, применительно к специфическим критериям и показателям, ее характеризующим. При высокой температуре окружающего воздуха ухудшаются условия труда водителя. Температура в

кабине грузовых автомобилей достигает $+50^{\circ}\dots 60^{\circ}\text{ C}$, что ведет к быстрой утомляемости водителя. Повышение солнечной радиации и высокая температура приводят к быстрому старению резиновых и пластмассовых изделий автомобиля.

Иерархия и обеспечение надежности воздействием по межэлементным связям в системе. Впервые этот принципиально новый подход к обеспечению надежности автомобильного транспорта был развит в исследованиях профессора Р.В.Ротенберга. Основная ценность такого подхода состоит в том, что несмотря на плотную сеть межэлементных связей в системе ВАДС, для практических целей возможно с помощью выбора подсистем и наиболее эффективных воздействий в зависимости от конкретной задачи повышение надежности автомобильных перевозок. Наглядно это представляется иерархическим построением системы ВАДС при выделении возможных для решения конкретных задач подсистем (рис. 3.6) [1].

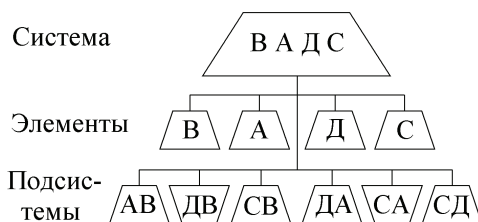


Рис. 3.6. Иерархическое построение системы ВАДС для выделения двухэлементных связей и взаимных влияний для обеспечения надежности

В табл. 3.7 приведены характерные примеры использования наиболее простых межэлементных связей и целесообразного воздействия на них для обеспечения надежности функционирования системы ВАДС.

Порядок использования методов воздействия по межэлементным связям на надежность функционирования системы ВАДС представляется на примере повышения надежности управляющего звена – водителя – через изменения в звене дорога ($V \leftarrow D$). Такая задача актуальна, так как при рассмотрении надежности водителя обнаруживается, что прямые воздействия на него (повышение квалификации, обучение и т.д.) недостаточно эффективны. Дорога непрерывно информирует, рекомендует, требует, запрещает, советует водителю образ действий. Причем изменяя даже сравнительно простое оборудование и обустройство дороги, воздействие ее на водителя можно усилить или ослабить.

Повышение надежности автомобиля воздействием по межэлементным связям системы ВАДС

Межэлементная связь	Влияния, воздействия
$A \rightarrow B$	Инерционные и вибрационные воздействия через сиденье и пол; звуковые и тепловые воздействия от двигателя; информация со щитка приборов и др.
$B \rightarrow A$	Управляющие воздействия; контроль работоспособности
$C_H \rightarrow B$	Информация водителю из внешнего пространства по зрительному каналу и др.
$C_B \rightarrow B$	Шум, загазованность в кузове
$B \rightarrow C_B$	Влияние водителя на микроклимат в кузове (влажность, состав воздуха и др.)
$A \rightarrow D$	Износ и другие разрушения поверхности дороги; изменения микропрофиля, коэффициентов качения и сцепления
$D \rightarrow A$	Влияния, обусловленные изменениями параметров дороги (вследствие движения, при реконструкции и т.п.)
$D \rightarrow B$	Зрительное восприятие дороги; воздействие светофорного регулирования, дорожных знаков и т.д.
$B \rightarrow D$	Выбор траектории движения по дороге с учетом скорости движения и др.
$C_H \rightarrow D$	Учет влияния среды на коэффициенты сопротивления качению и сцепления; изменения микропрофиля дороги (появление ледяных наростов) и др.
$D \rightarrow C_H$	Влияние водостоков и дренажа, запыленности, искусственного освещения дороги и т.п.
$A \rightarrow C_H$	Загрязнение среды выпускными газами
$C_H \rightarrow A$	Атмосферные влияния, вызывающие коррозию кузова; влияние бокового ветра на устойчивость движения и др.
$A \rightarrow C_B$	Влияние автомобиля на микроклимат в кабине (салоне); температурные воздействия, шум и др.
$C_H \rightarrow C_B$	Система вентиляции, очистки, подогрева воздуха в кабине (салоне) автомобиля

Влияние дороги на водителя по непосредственной связи осуществляется [1]:

- подготовкой его к оптимальному выбору режима движения ландшафтным проектированием полотна;
- организацией движения (дорожными знаками, регулировкой движения и т.д.);
- созданием по возможности более однородного транспортного потока (выделение полос для определенных видов АТС и т.д.),

а также рядом других предотвращающих или снижающих вероятность ДТП устройств (дополнительных обгонных или резервных съездных полос, пересечений дорог и т.д.).

Влияние дороги на водителя по опосредствованной связи через автомобиль осуществляется:

- изменением устойчивости против опрокидывания, заноса за счет сцепных параметров опорной поверхности, выбора радиусов поворотов в плане наклонов поверхности на поворотах;
- изменением управляемости автомобиля путем варьирования шероховатости опорной поверхности;
- изменением потерь через коэффициент сопротивления качению колес автомобиля;
- изменением плавности хода за счет ровности опорной поверхности;
- изменением других эксплуатационных свойств автомобиля, влияющих на активную и пассивную безопасность, создающих уверенность водителя в адекватной реакции автомобиля на управляющее действие.

По всем перечисленным направлениям связи воздействия дороги на водителя возможности повышения его надежности далеко не исчерпаны. Имеются большие резервы улучшения организации движения, обустройства дорог и совершенствования конструкции автомобиля для повышения надежности водителя.

Надежность функционирования автомобиля в складывающейся системе ВАДС является хотя и решающим фактором надежности автомобильного транспорта, но им не исчерпывается. В транспортном процессе взаимодействуют множество единичных систем ВАДС, проблема синтеза которых только намечается.

3.4 Основные задачи водителя в системе обеспечения надежности эксплуатации транспортных машин

Основными задачами водителя в системе обеспечения надежности эксплуатации транспортных машин являются максимально возможное сохранение транспортного средства (сохранить пассажиров и себя), исключение ДТП, обеспечение режимов работы, позволяющих экономить топливо, снизить износ агрегатов, сохранить груз и обеспечить комфортабельность езды.

Основным качеством водителя (оператора) в системе «человек-машина-среда», является его интеллект, обученность, дисциплинированность специалистов при управлении сложными техническими системами. К таким свойствам человека относятся также: восприимчивость, внимание, память, эмоции, воля, мышление, особенности характера, темперамент.

Известно, что при одной и той же средней скорости движения расход топлива находится в пределах $\pm 5...20$ % и сильно зависит от режима движения, нагрузки и условий эксплуатации. При внедрении алгоритмов оптимального управления транспортными средствами можно добиться высокой экономической эффективности. На железнодорожном транспорте эффективность достигает 25...30 %, на автомобильном и речном – 7...10 %, на авиационном – 6...8 %.

Важная роль в управлении и повышении эффективности работы транспортных машин принадлежит водителю. От него зависит средняя техническая скорость и режим движения. Квалифицированные водители уменьшают интенсивность износа агрегатов в условиях эксплуатации и совершают меньше дорожно-транспортных происшествий. На дорогах с большим количеством неровностей в целях снижения опасных динамических нагрузок водитель уменьшает скорость движения, на тяжелых участках – включает пониженные передачи. С помощью водителя машина может «приспосабливаться» к изменению температуры окружающего воздуха путем утепления кабины и двигателя или более интенсивного их охлаждения и применения специальных автоэксплуатационных материалов.

Основными причинами ДТП по вине водителя являются нарушение правил маневрирования, превышение скорости движения, выезд на полосу встречного движения, управление транспортным средством в нетрезвом состоянии, табл. 3.8 [8, 10] и техническое состояние машины.

Таблица 3.8

Основные причины ДТП в Украине

Нарушения	ДТП	
	Количество	Часть, %
Управление в нетрезвом состоянии	126	0,5
Превышение установленной скорости движения	411	9,1
Неподчинение регулирующим сигналам	54	0,8
Нарушение правил перевозки людей	291	9,2
Нарушение правил маневрирования	839	19,6
Нарушение правил проезда пешеходных переходов	223	6,4
Нарушение правил обгона	117	1,9
Выезд на полосу встречного движения	351	6,4
Нарушение правил проезда перекрестков	514	11,7
Несоблюдение дистанции	355	10,6
Переутомление, сон за рулем	185	2,7
Отвлечение от управления	1049	17,4

Основными видами ДТП являются:

– столкновение;

- опрокидывание;
- наезд на транспортные средства, на препятствие, пешехода, животное, велосипедиста.

Как происходят события в момент столкновения, показано в табл. 3.9 [10].

Таблица 3.9

Схема событий во время лобового столкновения

№ з/п	Время, с	Событие
1	0,026	После удара втискивается бампер; сила, которая в 30 раз превышает силу веса автомобиля, останавливает его движение на линии передних сидений, а пассажиры, не пристегнутые поясами безопасности, продолжают двигаться в салоне с скоростью 80 км/ч (закон инерции)
2	0,039	Водитель вместе с сидением стремительно двигается вперед, его мозг испытает опасные перегрузки
3	0,044	Водитель грудной клеткой ломает рулевое колесо и рулевую колонку (соответственно ломает ребра в большинстве случаев!)
4	0,050	Скорость падает настолько, что на автомобиль и всех пассажиров начинает действовать сила, которая в 80 раз превышает их собственную силу тяги
5	0,068	Водитель с силой в 9 т ударяется об панель приборов
6	0,092	Водитель и пассажир, который сидит рядом с ним, ударяются председателями об стекло и испытают смертельные повреждения черепа
7	0,100	Обвислый на рулевой колонке водитель откидывается назад – он уже мертвый!
8	0,110	Автомобиль начинает медленно откатываться назад
9	0,113	Пассажир, который сидит за водителем, если он не пристегнутый поясом безопасности, оказывается с ним на одной линии и наносит ему новый удар, одновременно сам испытает смертельные повреждения
10	0,15	Наступает полная тишина, обломки стекла и железа падают на землю. Место столкновения укрывает занавес пыли. Все кончилось за 0,15 секунды.

Во время лобового столкновения с неподвижным препятствием на скорости 80 км/ч водитель и пассажиры испытают нагрузку, которая равняется 50 g. Обычный нетренированный человек не может выдержать нагрузки, которая превышает 7 g. При перегрузке в 10 g удельный вес крови чело-

века достигает удельного веса железа. Сердце человека не может протолкнуть такую кровь по артериям, которые может привести к его остановке или разрыву.

Система «человек-машина-среда» представляет собой чрезвычайно сложную большую систему. Это не просто сложная система по управлению, а триада – в смысле взаимодействия технических, биологических и проявление интеллектуальных качеств человека.

Управление в системе «человек-машина-среда» с каждым годом становится все более сложным и трудным. Усложнились автомобильные поезда, возросли скорости движения, плотность транспортного потока и др. Принятие правильного решения при управлении автомобилем требует учета огромного количества факторов, переработки гигантского объема информации (рис. 3.7) [33]. Вместе с тем исследования психологов показали, что одновременный учет более десяти противоречивых факторов вызывает у человека существенные затруднения в выработке решения. Из-за повышения скоростей движения время, необходимое для принятия решения, неуклонно уменьшается. Возникает необходимость разработки систем автоматического управления транспортными машинами с использованием современных электронных систем.

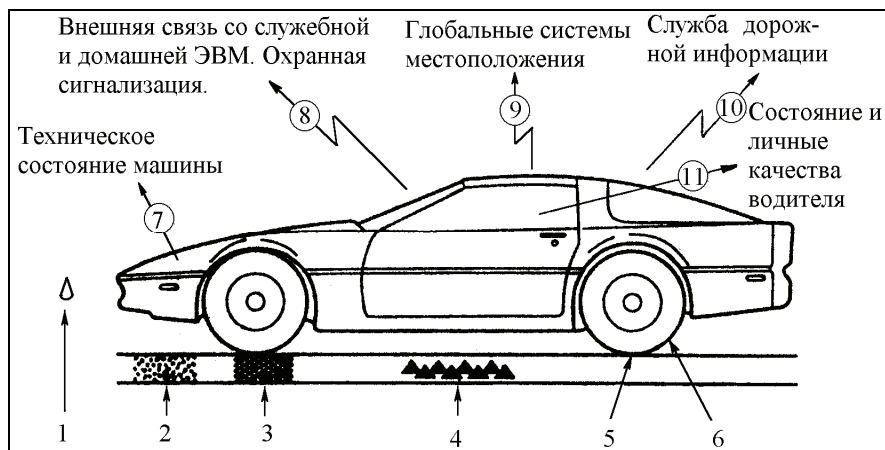


Рис. 3.7. Схема системы «человек-машина-условия эксплуатации»:

1 – погодные условия; 2 – дорожное покрытие; 3 – внезапное изменение дорожного покрытия; 4 – состояние дорожного покрытия; 5 – вес автомобиля и колеса при скольжении; 6 – состояние шины; 7 – техническое состояние автомобиля, оснащенного и не оснащенного АБС; 8...11 – бортовые системы внешней связи и технического состояния автомобиля

Во время лобового столкновения с неподвижным препятствием на скорости 80 км/ч водитель и пассажиры испытают нагрузку, которая равня-

ется 50 g. Обычный нетренированный человек не может выдержать нагрузки, которая превышает 7 g. При перегрузке в 10 g удельный вес крови человека достигает удельного веса железа. Сердце человека не может протолкнуть такую кровь по артериям, которые может привести к его остановке или разрыву.

Система «человек-машина-среда» представляет собой чрезвычайно сложную большую систему. Это не просто сложная система по управлению, а триада – в смысле взаимодействия технических, биологических и проявление интеллектуальных качеств человека.

Управление в системе «человек-машина-среда» с каждым годом становится все более сложным и трудным. Усложнились автомобильные поезда, возросли скорости движения, плотность транспортного потока и др. Принятие правильного решения при управлении автомобилем требует учета огромного количества факторов, переработки гигантского объема информации (рис. 3.7) [33]. Вместе с тем исследования психологов показали, что одновременный учет более десяти противоречивых факторов вызывает у человека существенные затруднения в выработке решения. Из-за повышения скоростей движения время, необходимое для принятия решения, неуклонно уменьшается. Возникает необходимость разработки систем автоматического управления транспортными машинами с использованием современных электронных систем.

Проектирование, производство, эксплуатация и обслуживание транспортных машин – это наука о комплексе «человек-машина-среда» (см. рис. 3.2, 3.8) [11, 32], в котором человек участвует в качестве объекта управления и в качестве управляющего звена. Человек, являясь элементом эргатической системы, становится приемником и ретранслятором информации, обязан анализировать и принимать решения, вырабатывать управленческие команды, осуществлять контроль исправности элементов системы, программировать работу системы и быть исполнителем команд. Многоплановость восприятия и передачи информации человеком, его способы действовать в различных системах управления выгодно отличают от автоматов.

При управлении движущимся автомобилем в мозге человека непрерывно строятся различные информационные модели дорожной ситуации. Анализируя в течение короткого промежутка времени эти модели, водитель, опережая события, принимает то или иное решение, например, начать постепенное снижение скорости или экстренное торможение при появлении на проезжей части дороги пешехода. Если водитель, проанализировав в динамике возникшую ситуацию (модель), считает, что пешеход и автомобиль не столкнутся, он не меняет режим движения автомобиля. В противном случае он вынужден принимать срочные меры для предупреждения возможного столкновения. Водитель при движении автомобиля должен удерживать в поле своего восприятия дорогу и прилегающее к ней пространство,

контролировать показания щитковых приборов, координировать работу рук и ног при управлении автомобилем, на слух определять исправность работы агрегатов.

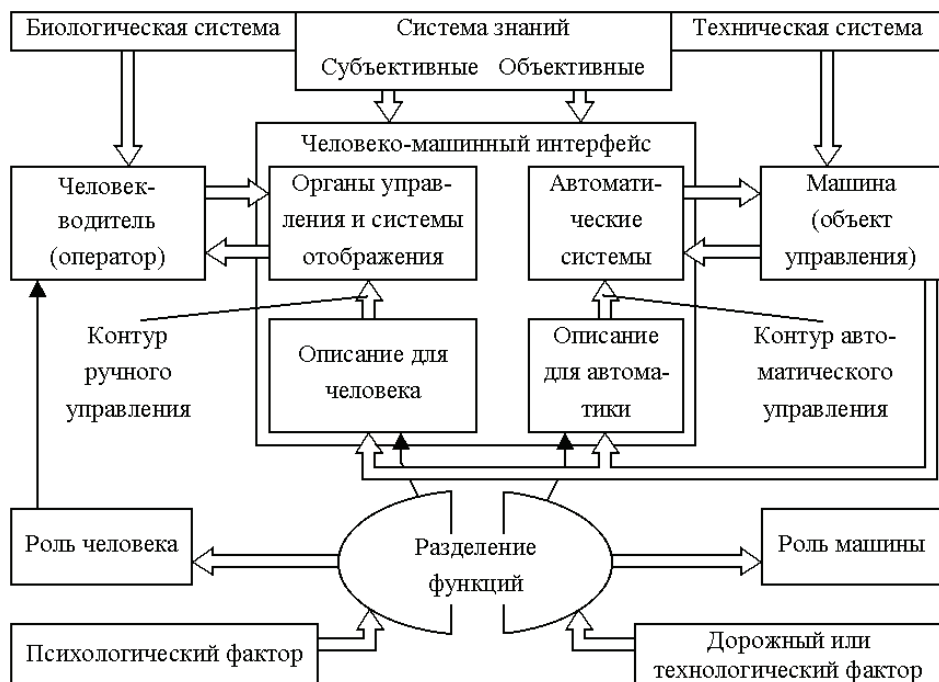


Рис. 3.8. Структура системы «человек-машина»

Кроме зрительного восприятия существенное влияние на водителя оказывают и другие виды восприятия и ощущений: слуховые, кожные, суставно-мышечные, вестибулярные. Например, изменения скорости и направления движения воспринимаются органом ощущения равновесия – вестибулярным аппаратом. Эти ощущения возникают при торможении, разгоне, на крутых поворотах.

Кожные и суставно-мышечные ощущения дают информацию водителю о скорости и правильности движения рычагов и педалей при управлении транспортным средством.

Немалую роль играют слуховые ощущения, которые зависят от состояния слухового аппарата и остроты слуха. Люди с плохим слухом к вождению автомобиля не допускаются. Слуховые ощущения дают возможность водителю реагировать на звуковые сигналы, определять их происхождение и отдаленность, по характерным шумам выявлять неисправности двигателя и трансмиссии, которые влияют на безопасность дорожного движения.

Зрение человека имеет ряд недостатков, которые отрицательно влияют на качество работы водителя и безопасность дорожного движения: ослепляемость, адаптация, аккомодация, периферийность, дальтонизм, снижение дальности видимости в темную пору суток с возрастанием скорости движения.

Поле зрения – это видимое водителем пространство при неподвижных глазах. По горизонтали оно составляет 120...140 градусов, по вертикали – 100...110 градусов. Но в поле зрения водитель разборчиво (четко) видит только те предметы, которые попадают в поле центрального зрения, угол которого – лишь 3...6 градусов. Поэтому если водитель периферическим (боковым) зрением зафиксировал какой-либо объект, для получения полной информации о нем необходимо направить в его сторону центральное зрение, то есть перевести взгляд на объект, сфокусировать кристаллики (аккомодация) и лишь потом получить четкое изображение. Этот процесс занимает 0,25...0,65 с., а при необходимости поворота головы в сторону объекта – до 1...1,2 с.

Но человеку-оператору свойственны и существенные недостатки: малая пропускная способность, быстрое наступление утомляемости, способность отвлекаться и забывать и др. При длительной работе водителя снижается его работоспособность, водитель утомляется, при этом появляются ошибки в его действиях, уменьшается скорость движения. В результате утомления снижается бдительность водителя. Бдительность обычно колеблется в определенных пределах в течение рабочего времени и значительно падает к концу рабочего дня. Между утомляемостью, снижением бдительности водителя и безопасностью движения существуют определенные связи. Различные человеческие переживания, отрицательные эмоции, жизненные конфликты и другие психологические явления также ведут к возникновению аварий. В связи с этим возникает необходимость автоматизации ряда функций человека-водителя.

Важнейшими задачами технической кибернетики на транспорте являются разработка методов оптимального управления движением автомобилей для снижения количества дорожных происшествий и аварий, повышение комфортности, эффективности использования транспорта (повышение производительности, снижение износа агрегатов, расхода топлива и др.).

3.5 Интеллект, опыт и суждения человека в управлении автомобилем

Многообразие условий эксплуатации различных транспортных машин, изменяющихся в пространстве и во времени, существенно влияет на их эффективность работы. Система машина-человек проявляет свои свойства в процессе взаимодействия с внешней средой (см. рис. 2.1, 3.7, 3.8). Машину

нельзя изолировать от условий эксплуатации и от рабочие процессов, протекающих в ее агрегатах. Дорожно-транспортное происшествие во многом зависит от способности человека оценивать техническое состояние машины и реагировать на неожиданные ситуации.

Существует тесная корреляционная связь между возникновением ДТП и устойчивыми характеристиками водителя: остротой зрения, временем реакции на изменение дорожно-транспортной ситуации, сенсорными, психомоторными, познавательными, поведенческими функциями.

Особенность работы водителя состоит в одновременном управлении несколькими динамическими контурами с обратными связями: траекторией движения, скоростью и дистанцией до впереди идущей машины, предписывающим знаком (или наблюдаемым препятствием), внешним и внутренним (приборным) сенсорным пространством с соответствующими компенсационными действиями.

Восприятие – целостное отображение предметов и явлений объективного мира через их непосредственное влияние в этот момент на органы чувств.

Восприятие предусматривает выделение из комплекса действующих раздражителей самых важных, с одновременным отвлечением от несущественных.

Внимание – это направление и сосредоточенность сознания человека на определенных раздражителях при одновременном отвлечении от других. Внимание является важной функцией психической деятельности человека.

Внимание – это активно направленное сознание человека на те или другие объекты и явления с целью их анализа, которая обусловлены умственной деятельностью. Внимание могут вызвать разные раздражители: звуковые, зрительные и др.

Мозг человека постоянно воспринимает и обрабатывает большое количество информации (см. рис. 3.7). Внимание дает возможность избрать из потока информации главное и отвергнуть лишнее. Итак, внимание является механизмом, который организует психическую деятельность человека.

Внимание гарантирует водителю безопасность движения (например мигающий свет сигнальной лампочки предупреждает его о выполнении маневра других транспортных средств).

Из всего большого количества объектов во время движения водитель может сосредоточить внимание только на одном, максимально – одновременно на двух объектах, если это опытный водитель.

Для того, чтобы не попасть в аварийную ситуацию, психофизический аппарат водителя должен постоянно находиться в оптимальном состоянии. Водитель органами зрения воспринимает до 90 % всей информации в виде сигналов, которые трансформируются в электрические импульсы до головного мозга. Мозг находит соответствующие нейроны, которые сохраняют

информацию про то, как необходимо действовать в этой ситуации. Найденные нейроны посылают соответствующий импульс к спинному мозгу. Последний, в свою очередь, посылает исполнительные импульсы нервным тканям, к мышцам рук и ног, которые выполняют соответствующие действия по управлению автомобилем.

Человек, в отличие от автоматизированной системы управления машиной не просто реализует хранящиеся в его памяти программы, а генерирует их. Он способен сформировать в себе алгоритм проезда пешего перехода или выхода из аварийной ситуации в потоке транспорта, ибо у него есть некий супермеханизм, некоторая глубинная структура, которой по силам это сделать. Эта структура есть основа интеллекта, базирующаяся на метазнаниях.

Интеллект – это совокупность универсальных процедур, которая позволяет строить конкретные алгоритмы решения частных задач на сознательном уровне. Необходима именно такая совокупность процедур, которые могут выполняться человеком в системе человек-машина-среда параллельно, а значит быстро и оптимально.

Совершенная система психического аппарата водителя имеет обратную связь. Сигналы от мышц рук и ног, которые выполнили необходимые действия, возвращаются к головному мозгу, информируя его о выполненной работе, после чего соответствующий нейрон прекращает посылать возбуждающие импульсы к спинному мозгу. Время этого запаздывания изменяется в диапазоне от 0,01 до 0,5 с.

Мышление – высший этап познавательного процесса, благодаря которому в сознания человека не только отображаются внешние особенности воспринятых объектов и явлений, но и анализируется их сущность. Оно дает возможность познать то, что скрыто, предусмотреть ход процессов и явлений вследствие собственных действий и действий других [10, 27].

Оперативное мышление возникает во время практической деятельности и направленно на достижение ближайшей цели. У водителя время для принятия решения большей частью ограничено, а принятые решения должно срочно выполняться – это и есть оперативное мышление.

Прогнозирование предусматривает, что водитель мысленно развивает дорожную обстановку, приводит в движение все ее элементы, анализирует результаты своих будущих действий, учитывая их влияние на дорожно-транспортную ситуацию.

Умозаключение – это высшая форма мышления, которая дает возможность водителю предусматривать изменения дорожной обстановки и с помощью целенаправленных действий предупреждать возникновение опасных ситуаций.

Скорость реакции на смену дорожной обстановки является важнейшим психологическим качеством водителя, которое оказывает непосредст-

венное влияние на безопасность движения. Реакцией называют соответствующее действие организма на внешние или внутренние раздражители.

В каждой реакции выделяют три момента (психические акты) [10]:

- акт восприятия (например, водитель, подъезжая к перекрестку, увидел красный сигнал светофора);
- центральный момент, связанный с оценкой воспринятого и выбором правильного решения. Это наиболее сложный психический акт (например, водитель принял решение остановить автомобиль);
- моторный момент реакции (если водитель начал действовать органами управления и сигнализации для остановки).

В нашем случае время реакции на торможение определяется от момента, если водитель увидел красный сигнал светофора, до момента нажатия на педаль тормоза.

Реакции, в которых главную роль сыграет деятельность наших органов чувства в соединении с осмысливанием, называют сенсомоторными. С физиологической точки зрения сенсомоторная реакция представляет собой условный рефлекс. В зависимости от того, насколько сложным является центральный момент реакции (момент реакции, связанный с оценкой и выбором решения), различают сложную и простую реакцию.

Простая реакция – быстрейший ответ заранее известным одиночным движением на заранее известный сигнал. Например, экстренное торможение при включении красного сигнала светофора, за которым наблюдал водитель при подъезде к перекрестку. Общее время реагирования здесь составляет 0,4...0,6 с.

В сложных реакциях их центральный момент всегда связан с необходимостью выбора из многочисленных вариантов. В сложной реакции выделяют такие явления [10]:

- внимания (внимание должно быть сконцентрировано именно на этой ситуации, так как иначе, если внимание будет отвлечено, реакции вообще не будет);
- памяти (для выбора правильного действия надо помнить варианты действий, между которыми делается выбор);
- мышления (как в простых, так и в сложных формах; например, при обгоне надо определить марку автомобиля, его возможную максимальную скорость, чтобы определить промежуток времени, которое минет до его опасного приближения).

Общее время реагирования при сложной реакции составляет 0,8...1,0 с., то есть сложная реакция проходит медленнее, чем простая, по причине процесса переработки информации в коре головного мозга.

Особое место занимает реакция в опасной зоне, к попаданию в которую водитель готовится заранее, поэтому она требует и меньше времени (около 0,2...0,3 с.).

Наиболее сложной реакцией является сенсомоторная координация, то есть реакция на объект, который движется. Она требует от водителя согласованных действий руками и ногами. Сенсомоторная координация дает возможность безопасно управлять транспортным средством в сложных дорожных условиях: в ограниченных проездах, при интенсивном движении в городах, на подъемах и спусках и т.д. Этот процесс связан с постоянной координацией движений руками и ногами, точностью реагирования, поэтому сенсомоторная координация является привычкой, которая приобретается водителем в результате систематической тренировки и накопления профессионального опыта.

Основной чертой простой и сложной сенсомоторных реакций является их скорость. **Время реакции** по его основным моментам распределяется так [10]:

- сенсомоторный момент – акт восприятия органами чувств разных раздражителей (0,1...0,3 с.);
- центральный момент – оценка в коре головного мозга воспринятого раздражителя (0,3...2 с.), испуг и усталость могут увеличивать это время почти вдвое;
- моторный момент – передача приказа мышцам рук и ног и начало действия ими (1...2 с.).

За время реакции водитель никаких действий органами управления еще не делает, и автомобиль продолжает двигаться с той же скоростью, с которой двигался. Итак, путь, который прошел автомобиль за время реакции, зависит от скорости реакции и скорости транспортного средства. Например: при скорости 40 км/ч и времени реакции водителя 0,6 с., автомобиль к началу действия тормозов пройдет приблизительно 7 м пути; с увеличением скорости до 80 км/ч среднее время реакции увеличивается до 1,3 с., а автомобиль проходит к началу торможения 29 м пути. Если учесть путь торможения, которое за скорости 80 км/ч на дороге с сухим покрытием равняется 50 м, то тормозной путь в этом случае будет: $29 + 50 = 79$ м.

На замедление реакции в значительной мере влияет ее сложность. Например, при подъезде к регулируемой перекрестку на свободной от движения улицы время реакции на торможение при красном сигнале светофора будет приблизительно 0,5 с. Если одно и то же произойдет на улице с интенсивным движением, где водителю приходится вести наблюдение за большим количеством объектов движения, время реакции значительно увеличивается – где-то до 1...1,2 с. Общее время сенсомоторной реакции равняется 2 с. При усталости, болезненном состоянии, алкогольном опьянении время сенсомоторной реакции равняется 3...4 с. В практике судебно-технической экспертизы ДТП время реакции равняется в среднем 0,8 с. Но если ДТП возникает после 16 час. вождения, время реакции принимается равным 2 с.

Время реакции при управлении транспортным средством у разных людей неодинаково. Оно зависит от многих факторов: индивидуальных особенностей водителя, его возраста, самочувствия, подготовленности к возникновению опасности, и наибольшей мерой – от его тренированности. Например, реакция торможения у разных водителей колеблется от 0,5 до 1,5 с.

Разграничение среды и системы несколько субъективно и определяется условиями решаемой задачи. Эффективность функционирования системы машина-человек прежде всего зависит от физиологических возможностей человека и технических данных машины, степени их противодействия отрицательным влияниям внешней среды.

Надежность водителя – это его возможность на протяжении определенного промежутка времени работать без ДТП.

Надежность водителя имеет четыре основных составные [10]:

- медицинская надежность – отсутствие заболеваний, которые могут привести к потере контроля над автомобилем во время движения или возникновению аварийной ситуации;
- психофизиологическая надежность – это личные качества водителя (состояние нервной системы, памяти, время реакции, внимание и др.), недостатки которых вызовут потерю лишнего времени в условиях аварийной ситуации;
- профессиональная надежность – наличие опыта и привычек управления автомобилем, которые дают возможность избегать аварийных ситуаций;
- социально-психологическая надежность – совокупность личных качеств водителя как человека (уровень общей культуры, дисциплинированность, умеренность и др.).

В психологическом аспекте деятельность водителя целесообразно рассмотреть в виде такой схемы:

- получения информации;
- оценивания информации;
- принятия решения;
- действия органами управления автомобилем.

В зависимости от условий работы изменяются основные технико-экономические показатели функционирования машины и человека. Они достигают наибольших значений в благоприятных условиях и наименьших – в тяжелых. Система в процессе функционирования тем или иным образом приспособляется (адаптируется) к различным условиям работы, изменяя свои эксплуатационные свойства. Например, на дорогах с большим количеством неровностей в целях снижения опасных динамических нагрузок водитель уменьшает скорость движения, на тяжелых участках – включает пониженные передачи. С помощью водителя машина может «приспосабливаться» к изменению температуры окружающего воздуха путем утепления ка-

бины и двигателя или более интенсивного их охлаждения и применения специальных автоэксплуатационных материалов.

При обучении у водителей формируются водительские навыки, которые базируются на создании в коре головного мозга специальной функциональной системы моделирования предметов внешнего мира. Мозг человека осуществляет непрерывное моделирование и подстройку координации движения к непрерывно меняющейся дорожно-транспортной обстановке. Для развития водительских навыков можно широко использовать различные тренажеры, имитирующие условия и режимы работы автомобилей.

4 СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ АВТОМОБИЛЯ

4.1 Системы конструктивного и эксплуатационного обеспечения безопасности автомобиля

Поскольку полностью избежать ДТП пока не представляется возможным, разработчики продолжают совершенствовать конструкцию автомобиля в направлении снижения вероятности аварий и минимизации их последствий. Эти мероприятия направлены на совершенствование эксплуатационных характеристик автомобиля, обеспечивающих в случае возникновения ДТП исключение или хотя бы снижение тяжести травм водителя и пассажиров (Правила ЕЕК ООН № 94; № 95), защиту при лобовом и боковом столкновении.

Конструктивная безопасность автомобиля является комплексным параметром, который включает в себя много компонентов. Основные виды систем управления автомобилем, обеспечивающих безопасность автомобиля, приведены на рис. 4.1. К ним относятся способность к демпфированию передней и задней части автомобилей, бамперов и боковой поверхности кузова, надежность запирающих замков дверей, наличие ветрового стекла безопасного типа, установка энергопоглощающей рулевой колонки, установка в салоне мягких накладок и подголовников, недопущение в салоне выступающих твердых и острых частей, установка в автомобиле ремней безопасности и др.

Жизненное пространство – это минимальное пространство внутри пассажирского салона, необходимое для сохранения жизнедеятельности закрепленного на сиденье автомобиля человека без получения во время ДТП локальных травм при ударе о детали элементов салона автомобиля. Данный параметр является универсальным и позволяет оценить достаточно точно безопасность автомобиля. Для повышения уровня внутренней и внешней безопасности используются конструктивные и эксплуатационные решения, приведенные на рис. 4.1.

Способы обеспечения устойчивости движения автомобиля приведены на рис. 4.2 [6], способы обеспечения устойчивости против заноса приведены на рис. 4.3, 4.4.

Усилитель руля 68-В, установленный на серийно выпускаемый автомобиль Ford Focus C-MAX имеет ряд преимуществ, нашедших отражение в динамических характеристиках рулевого управления, снижении усилий на рулевом колесе, повышении активной безопасности автомобиля, снижении расхода топлива и выбросов CO. Снижение инерции электродвигателя с внутренним ротором и улучшение качества его регулирования позволяют

Системы внутренней и внешней безопасности	
Виды систем и устройств обеспечения безопасности	Характеристики системы управления
Демпфирование передней и задней частей автомобиля при ударе бамперами	Порог срабатывания датчиков контроля снижения ускорения 15 g. Время срабатывания – 0,003 с.
Надежность закрывания дверей	Контроль технического состояния
Наличие ветрового стекла безопасного типа	Датчик дождя регулирует частоту работы стеклоочистителя
Наличие энергопоглощающей рулевой колонки и колеса	Поглощение удара столкновения изгибающим кронштейном или разрушением крепления рулевого колеса
Установка в салоне мягких накладок и подголовников	Защищает голову и верхнюю часть тела пассажира
Устранение в салоне выступающих твердых и острых частей	Конструктивное решение. Эксплуатационные требования на перевозимые грузы и багаж
Обеспечение салона автомобиля ремнями безопасности с электронным контролем перенапряжения ремней при столкновении	Система подушек и ремня безопасности срабатывает одновременно за 40...50 мс
Сохранение жизненного пространства пассажирского салона после деформации кузова	Конструктивное решение. Эксплуатационные требования и ограничения на перевозимые грузы
Наличие подушек безопасности перед водителем и пассажирами для защиты груди, плечей, колен и ступней ног	Объем подушек водителя 50 л, подушек переднего пассажира 80...90 л. Время наддува подушек 0,03 с. Время срабатывания системы 70 мс. Время спуска наддува 4...9 с.

Рис. 4.1. Системы активной и пассивной безопасности автомобиля

Блок управления показаниями датчиков диагностирования системы безопасности автомобиля с информированием водителя про ее состояние	Блок управления учитывает величину и длительность сигнала снижения ускорения в течении не менее 0,003 с.
Система защиты при опрокидывании автомобиля с автоматизацией контроля наклона автомобиля, срабатывает при наклоне 27...52 °	Отбрасываемый верх автомобиля обеспечивается при помощи сильного соленоида
Системы контроля: освещения, давления в шинах, антиблокировки и противобуксования, положением автомобиля при движении, скоростью движения и дистанцией между автомобилями, предупреждения при прохождении линии осевой разметки дороги, «мертвых зон» при приближении транспортных средств	Электронные системы управления – радарные датчики сближения, распознавания «мертвых зон», транспортных средств и геометрических параметров
Регулирование освещения фар и дополнительных фар с коррекцией положения фар	Направление светового потока в сторону поворота. Поворот фар зависит от скорости движения и положения рулевого колеса
Системы контроля давления в шинах и вибрации шины, возникающих при контакте протектора с поверхностью дороги с распознаванием типа покрытия дороги и изменения частоты вращения колес	Сенсор небольшого размера крепится в середине колеса для анализа данных с частотой 512 или 1024 за один оборот
Система предупреждения водителя об опасной скорости движения и сокращения дистанции с возможным блокированием педали газа	Сигнал подается вибрацией педали газа с регулируемым усилием

Продолжение рис. 4.1



Рис. 4.2. Способы обеспечения устойчивости движения автомобиля



Рис. 4.3. Эксплуатационные факторы и факторы технического состояния, обеспечивающие устойчивость автомобиля против заноса

существенно снизить время выхода усилителя из начального состояния на режим максимальной мощности. Благодаря этому существенно снижается требуемый для выполнения маневра крутящий момент на рулевом колесе.

Параметры усилителя рулевого управления модели 68-В, серийно устанавливаемого на автомобиль Ford Focus C-MAX:

- тип электродвигателя бесщеточный двигатель постоянного тока, с внешним ротором, 12 В;
- насос шестеренный, с внешним зацеплением, с цикловой подачей $1,9 \text{ см}^3$ под давлением 119 бар;
- гидравлическая мощность 680 Вт;
- связь с прочими системами осуществляется через высокоскоростную шину CAN;
- регулирование частоты вращения – по сигналам датчиков частоты вращения рулевого колеса и скорости автомобиля;
- подача насоса: рабочая – 5,2 л/мин. при 0 км/час, 2,6 л/мин. при 180 км/ч максимальная – 6,9 л/мин.,
- потребляемый ток – 5,5 А при 50 км/час, максимальный – 85 А;
- усилие на рейке: максимальное 9000 Н, рабочее 6500 Н при 600 град/с.,
- 4000 Н при 800 град/с.



Рис. 4.4. Эксплуатационные и конструктивные факторы, обеспечивающие устойчивость автомобиля

4.2 Требования, предъявляемые к механизмам рулевого управления повышенной безопасности

Рулевое управление вместе с подвеской играют важную роль в обеспечении легкой, удобной езды в любом диапазоне скоростей. Силовая передача передает крутящий момент от двигателя к ведущим колесам для движения автомобиля вперед или назад. Рулевое управление обеспечивает движение автомобиля в желаемом направлении, а тормозная система обеспечивает принудительное устойчивое замедление и остановку.

Отличная маневренность. При повороте автомобиля на узкой извилистой дороге рулевое управление должно быть в состоянии поворачивать

колеса круто, но в то же время легко и плавно.

Требуемое усилие при повороте. Если требуемое усилие при повороте не обеспечивается, то оно будет больше, когда автомобиль остановлен и меньше, когда скорость автомобиля возрастает. Следовательно, чтобы достичь более легкого управления и лучше чувствовать дорогу, рулевое управление должно быть более легким при низких скоростях и более тяжелым при высоких скоростях.

Плавное восстановление прямолинейного движения. При повороте автомобиля водитель должен прилагать некоторое усилие к рулевому колесу. После окончания поворота восстановление – то есть возврат колес в положение прямолинейного движения – должно быть легким, когда водитель снижает усилие, которым он поворачивал рулевое колесо.

Минимальная передача ударов от поверхности дороги. Не должно быть потери управления автомобилем и отдачи на рулевое колесо, обусловленных неровностями дорожной поверхности.

Травмобезопасное рулевое управление легковых автомобилей является одним из конструктивных мероприятий, обеспечивающих пассивную безопасность автомобиля – свойство уменьшать тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий. Рулевой механизм рулевого управления может нанести серьезную травму водителю при лобовом столкновении с препятствием при смятии передней части автомобиля, когда весь рулевой механизм перемещается в сторону водителя.

Водитель также может получить травму от рулевого колеса или рулевого вала при резком перемещении вперед вследствие лобового столкновения, когда при слабом натяжении ремней безопасности перемещение составляет 300...400 мм. Для уменьшения тяжести травм, получаемых водителем при лобовых столкновениях, которые составляют более 50 % всех дорожно-транспортных происшествий, применяют различные конструкции травмобезопасных рулевых механизмов. С этой целью кроме рулевого колеса с утопленной ступицей и двумя спицами, позволяющими значительно снизить тяжесть наносимых травм при ударе, в рулевом механизме устанавливают специальное энергопоглощающее устройство, а рулевой вал часто выполняют составным. Все это обеспечивает незначительное перемещение рулевого вала внутрь кузова автомобиля при лобовых столкновениях с препятствиями, автомобилями и другими транспортными средствами.

На рис. 4.5, а представлен рулевой механизм легкового автомобиля, рулевой вал которого состоит из трех частей, соединенных карданными шарнирами 2, а роль энергопоглощающего устройства выполняет специальное крепление рулевого вала к кузову автомобиля. При лобовом столкновении, когда передняя часть автомобиля деформируется, рулевой вал складывается и незначительно перемещается в салон кузова автомобиля. При этом кронштейн 1 крепления рулевого вала деформируется и поглощает часть

энергии удара.

Рулевой механизм с энергопоглощающим устройством сильфонного типа показан на рис. 4.5, б. Рулевое колесо соединено с рулевым валом металлическим гофрированным цилиндром 3, который при столкновении деформируется, частично поглощает энергию удара и обеспечивает небольшое перемещение рулевого вала в сторону водителя.

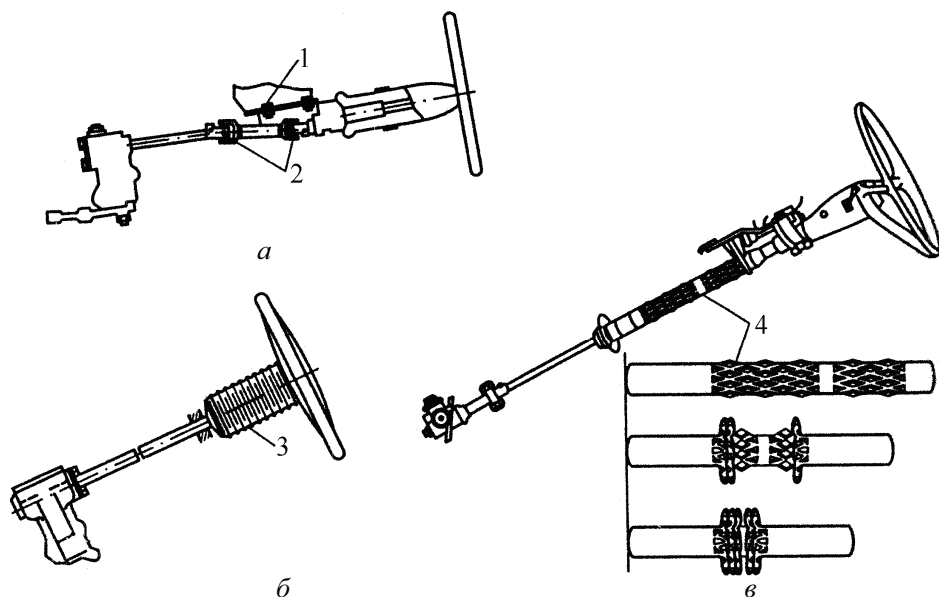


Рис. 4.5. Травмобезопасные рулевые механизмы: а – рулевой вал, состоящий из трех частей; б – рулевой вал с энергопоглощающим устройством сильфонного типа; в – рулевой вал с перфорированной трубой; 1 – кронштейн; 2 – карданный шарнир; 3 – цилиндр; 4 – труба

На рис. 4.5, в представлен рулевой механизм, у которого верхняя часть рулевого вала выполнена в виде перфорированной трубы 4. Показан также последовательный процесс и максимальная деформация верхней части рулевого вала, которая весьма значительна.

В травмобезопасных рулевых управлениях легковых автомобилей применяются и другие энергопоглощающие устройства, которые соединяют составные рулевые валы. К ним относятся резиновые муфты специальной конструкции, а также устройства типа «японский фонарик», который выполнен в виде нескольких продольных пластин, приваренных к концам соединяемых частей рулевого вала. При столкновениях резиновая муфта разрушается, а соединительные пластины деформируются и уменьшают перемещение рулевого вала внутрь салона кузова.

Поглощение осевых сил рулевой колонки в автомобилях Toyota.

Силы, возникающие в результате удара при столкновении, которые могут воздействовать на водителя, приведены на рис. 4.6, 4.7. Рулевая колонка прикрепляется к кузову с помощью кронштейна ломающегося типа, что позволяет рулевой колонке легко разрушаться при столкновениях (см. рис. 4.6, а). Чтобы свести к минимуму передачу рулевым механизмом ударов от дороги к рулевому колесу, нижний конец главного рулевого вала соединен с рулевым механизмом обычно с помощью универсального шарнира или эластичного соединения (см. рис. 4.6, б).

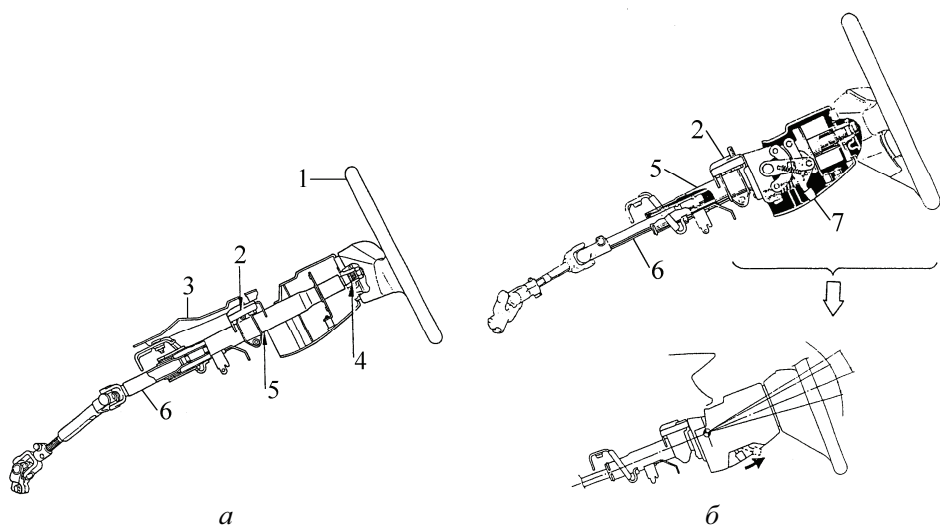


Рис. 4.6. Рулевая колонка ненаклоняемая (а) и наклоняемая (б):
 1 – рулевое колесо; 2 – ломающийся кронштейн; 3 – кузов; 4 – главный рулевой вал (верхний); 5 – труба колонки; 6 – главный рулевой вал (нижний); 7 – рычаг наклона

При столкновении автомобиля механизм рулевого управления защищает водителя от травмирования главным валом двумя способами: путем поломки во время столкновения (первичный удар); и путем смягчения вторичного удара, воздействующего на тело водителя при ударе о рулевое колесо по инерции.

Энергопоглощающие рулевые колонки классифицируются следующим образом:

- с изгибающимся кронштейном;
- шарового типа;
- с использованием силиконовой резины;
- зубчатого типа;
- сиффонного типа.

Когда автомобиль сталкивается с препятствием рулевой механизм

создает достаточно большую осевую силу по направлению к рулевому колесу на главном валу, удар (первичный удар) срезает пластмассовые штифты главного вала. Нижний главный вал сдвигается вверх по верхнему главному валу, что предотвращает перемещение рулевого колеса и исключает травмирование водителя.

Затем, если водитель сталкивается с рулевым колесом (вторичный удар), ломающийся кронштейн выходит из капсул, срезав пластмассовые штифты. Вся рулевая колонка также сдвигается, деформируя изгибаемый кронштейн (кронштейн поглощения ударов) и, таким образом, поглощая осевую силу (см. рис. 4.7).

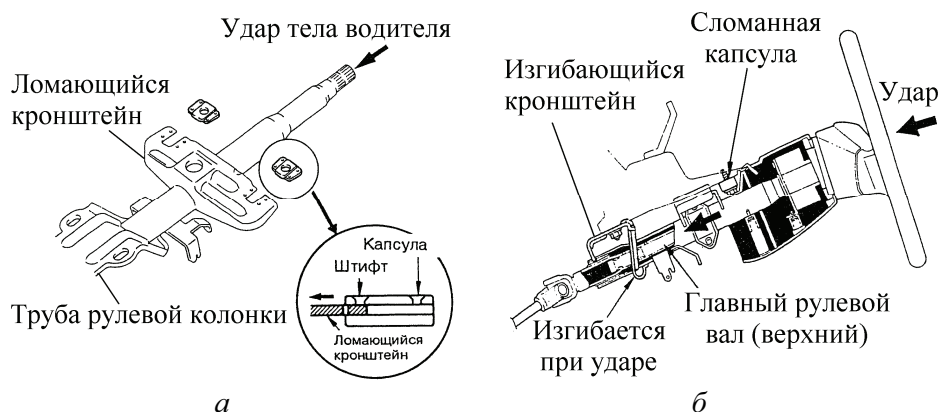


Рис. 4.7. Поглощение удара путем сдвига кронштейна (а) и изгиба при столкновении (б)

Кроме механизма поглощения осевых сил при ударах, главный рулевой вал у некоторых автомобилей может оборудоваться также рядом механизмов: например, механизмом блокировки рулевого управления, который полностью блокирует главный вал; механизмом наклона рулевой колонки, который позволяет водителю регулировать положение рулевого колеса в вертикальной плоскости; телескопическим устройством, позволяющим водителю изменять длину рулевого вала для получения оптимального положения рулевого колеса при езде и т.д.

4.3 Развитие электронных систем управления безопасностью автомобиля

Усовершенствование автомобильных электронных систем происходит стремительными темпами. Дальнейшим развитием электронных систем, которые повышают активную безопасность автомобилей, является система управления движением ESP (от англ. Electronically Stability Program).

ESP – система, основным назначением которой является помощь водителю в сложных дорожных ситуациях. В случае возникновения экстремальной ситуации она компенсирует резкую реакцию водителя и способствует сохранению устойчивости автомобиля. Назначение данной системы заключается в тягово-динамической регулировке работы систем управления автомобилем. Система ESP распознает опасность заноса и целеустремленно компенсирует нарушение курсовой устойчивости автомобиля.

Для обозначения аналогичных систем также используются следующие сокращения: ASMS (Automatics Stabilities Management System), DSC (Dynamic Stability Control), FDR (Fahrtdynamik Regelung), VSA (Vehicle Stability Assist), VSC (Vehicle Stability Control), VDC (Vehicle Dynamic Control).

Система управления динамикой автомобиля (ESP) представляет собой систему с обратной связью, что позволяет сохранить курсовую устойчивость во время движения автомобиля. Она объединена с тормозной системой и силовой передачей. Система ESP предотвращает «опережение» или «запаздывание» поворота автомобиля во время его управления.

Преимущества систем AB и ASR нашли развитие в системе ESP. Она получает информацию от датчиков угловой скорости колес, угла поворота рулевого колеса, положения педали акселерометра, угловой скорости «рыскания», поперечного ускорения, сравнивает траекторию, задаваемую водителем, с реальной.

Эта система повышает активную безопасность движения во время управления автомобилем путем принятия следующих мер [13]:

- повышение курсовой устойчивости автомобиля даже в предельно сложных условиях дорожного движения для всех режимов эксплуатации (полное или частичное торможение, движение накатом, разгон, торможение двигателем, изменение нагрузок);
- повышение устойчивости движения даже во время экстремальных маневров управления (аварийная ситуация);
- улучшение управляемости в предельно сложных условиях дорожного движения;
- в зависимости от условий движения лучшее использование потенциала сцепления между шинами и дорожным покрытием по сравнению с AB и ASR.

ABS (от нем. Anti-Blockier-System) – антиблокировочная система. Она предотвращает блокирование колес при торможении, обеспечивает стойкость и управляемость автомобиля.

EBV (от нем. Elektronische Bremskraftverteilung) – электронное распределение тормозных сил. Учитывает распределение динамической нагрузки между передней и задней осями во время торможения и перераспределяет в соответствии с этим тормозные усилия на переднюю ось.

EDS (от нем. Elektronische Differentialsperre) – электронное блокиро-

вание дифференциала. Осуществляет целенаправленное тормозящее влияние на ведущие колеса для увеличения силы тяги на дороге со скользкими участками.

ASR (от нем. Antriebs-Schlupf-Regelung) – противобуксовальная корректировка. Предотвращает пробуксовку ведущих колес на рыхлой и скользкой поверхности, корректируя управление тормозной системой и двигателем.

MSR (от нем. Motor-Schleppmoment-Regelung) – управляемое торможение двигателем. Предотвращает блокирование ведущих колес при торможении двигателем, например, когда резко отпускают педаль газа (или когда торможения осуществляют переключением на сниженную передачу).

ESBS (от нем. Elektronisches Stabilitätsbremsssystem) – электронная система повышения управляемости и стойкости автомобиля при торможении.

Компания Nissan разработала систему рулевого управления со всеми управляемыми колесами «Nissan 4-Wheel Active Steer System» [35].

Каждое колесо при повороте следует своей идеальной траектории и может таким образом всегда развивать максимальную силу бокового увода. Вместо механического соединения с рулевым механизмом через поперечные рулевые тяги или гидравлического (электрического) привода поворотом управляемых колес в новой системе отдельно управляют три исполнительных звена (актюатора) – один спереди и два сзади. Путем сравнения данных с другими актюаторами каждый из них может определить необходимый угол поворота колеса и осуществить его в режиме реального времени.

Система рулевого управления со всеми управляемыми колесами фирмы Nissan делает автомобиль более маневренным и уменьшает усилия на ободе рулевого колеса при парковке (рис. 4.8).

Так как система рулевого управления со всеми управляемыми колесами должна работать в зависимости от скорости движения, то одновременно с управляющими действиями со стороны водителя она учитывает другую дополнительную информацию от датчиков, которая передается на исполнительные звенья: скорость движения, угол поворота кузова автомобиля относительно вертикальной оси, прогиб рессор, проскальзывание колес, распределение осевой нагрузки. Слишком большой угол поворота при высокой скорости движения может привести к уводу автомобиля с траектории поворота. При низкой скорости движения, напротив, большой угол поворота улучшает «послушность» автомобиля в управлении и его маневренность. Во время парковки такой автомобиль позволяет водителю значительно уменьшить усилия на ободе рулевого колеса по сравнению с традиционной системой рулевого управления.

Система имеет преимущества также с точки зрения износа шин и уменьшения шума. При быстрой смене полосы движения на пассажиров

действуют меньшие моменты. Поперечные колебания кузова также значительно меньше.

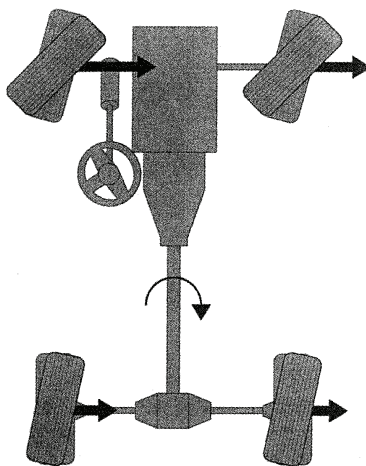


Рис. 4.8. Система рулевого управления со всеми управляемыми колесами

Разработанное для «Nissan 4-Wheel Active Steer System» программное обеспечение может, кроме того, в критической ситуации поддержать систему регулирования курсовой устойчивости автомобиля ESP: система автоматически поворачивает колеса в сторону, противоположную заносу [35].

4.4 Расширение функциональных параметров электронных систем рулевого управления автомобиля

Система активного рулевого управления AFS (Active Front Steering) является обыкновенным механизмом с гидроусилителем Servotronic. Управление рулевым валом со встроенной планетарной передачей и электродвигателем осуществляется с помощью бортового компьютера.

Основные преимущества применения активного рулевого управления:

- позволяет изменять передаточное отношение рулевого привода в очень широких пределах (благодаря помощи электромотора системы AFS эта цифра в низкоскоростных режимах снижается до 1:10 – это менее двух оборотов руля от упора до упора);
- ослабляет передачу на руль ударов от неровностей дороги.

Работа системы AFS уменьшает угол поворота руля, необходимого для коррекции заноса. Чтобы с увеличением скорости автомобиль не становился «нервным» в управлении, электроника по мере разгона постепенно снижает активность электродвигателя. На скорости 180...200 км/год он во-

обще отключается – передаточное отношение возвращается к стандартному. На максимальных скоростях электромотор снова вступает в действие, но начинает вращаться в противоположную сторону, ведь система AFS способна не только увеличивать чувствительность рулевого управления, но и уменьшать ее, повышая передаточное отношение до 1:20 и больше.

Процессор системы Servotronic получает сигналы от датчика скорости движения автомобиля и посылает управляющие сигналы на клапан электрогидравлического преобразователя рулевого управления. С уменьшением скорости электрогидравлический модулятор снижает помощь усилителя. Тем самым регулируется усилие, которое необходимо приложить к рулевому колесу. В то же время при парковке и движении автомобиля на малых скоростях система Servotronic не препятствует работе гидроусилителя.

Блок управления системы AFS состоит из двух процессоров, один из которых – дублирующий. Существует еще один вариант решения – применять электроусилитель.

На торсионе следящего устройства установленный датчик. В зависимости от его сигнала электроника подает ток нужной полярности и силы на обмотки электромотора, связанного с рулевым механизмом через червячную передачу. По сигналам от датчика скорости можно изменять характеристику усилителя в соответствии с любой заложенной в память блока зависимостью.

Преимущества применения электроусилителя рулевого управления таковы:

- простота и дешевизна в производстве и монтаже (отсутствие шлангов, шкивов, пасов, насосов и гидравлики);
- возможность размещения в любом месте рулевого привода – в начале или в конце вала, или непосредственно на рейке;
- легкая регулировка реактивного действия на рулевом колесе;
- интегрируемость с другими электронными системами;
- экономия топлива (нет отбора мощности на привод гидронасоса).

Электроусилитель ZF Servolectric, в зависимости от полной массы и компоновки автомобиля, может встраиваться в различные звенья рулевого управления. Вариант А – для автомобилей малого класса – усилитель встроен в рулевую колонку. Вариант Б – для автомобилей среднего класса. Вариант В – для автомобилей большого класса и микроавтобусов – электропривод усилителя интегрирован с рулевым рельсом. Основным недостатком применения электроусилителя является потребление достаточно большого тока (десятки ампер).

Следующей системой, которая дополняет стандартные функции системы ESP, является система HAS (Hill Assist Start).

Она помогает водителю начать движение на покатом участке пути (горах и т. д.). Система улучшает комфорт движения в различных ситуациях,

например, во время парковки автомобиля, трогания с места по сигналу светофора и т.п. Таким образом водитель освобождается от потребности пользоваться ручным тормозом.

Система HAS задерживает тормозное давление, заданное водителем сначала при нажатии педали тормоза, пока двигатель не начнет увеличивать обороты, то есть пока водитель не начнет влиять на педаль акселератора.

Для этого HAS регулирует тормозное давление в зависимости от следующих входных сигналов:

- от водителя, задающего тормозное давление на педаль тормоза;
- от двигателя и трансмиссии;
- степень наклона дороги.

В целом система управления динамикой автомобиля приводит к уменьшению количества несчастных случаев, повышает безопасность вождения и предотвращает ДТП с тяжелыми последствиями.

4.5 Функциональное назначение и контролируемые параметры подвесок с электронной системой управления

К подвеске представляются достаточно противоречивые требования. Чтобы повысить комфорт в движущемся автомобиле, достаточно уменьшить жесткость упругих элементов подвески, и плавность хода будет обеспечена, по крайней мере, на хороших дорогах и на небольших скоростях. Однако такое решение неминуемо ведет к тому, что кузов автомобиля в определенных режимах (разгон, торможение, прохождение поворота) начинает перемещаться и раскачиваться в горизонтальной и вертикальной плоскостях со значительной амплитудой, особенно на плохих дорогах. Для обеспечения устойчивости автомобиля и долговечности элементов самой подвески приходится увеличивать ее жесткость, что несовместимое с понятием комфортного движения.

В идеале подвеска должна быть активной, то есть в состоянии самостоятельно изменять свои характеристики в зависимости от дорожных условий.

В активной подвеске контролируются параметры как упругости так и демпфирования.

Существуют несколько вариантов активных подвесок:

- гидравлические (Nivomat);
- пневматические (Airmatic);
- гидропневматические (Hydractive);
- электромагнитные (Bose).

Преимущества применения электронных систем:

- уменьшаются затраты энергии на устранение промежуточных циклов во время торможения, ускорения и при движении на поворотах;

- реагирование системы на увеличение скорости движения автомобиля уменьшением высоты подвески (кузова) для экономии топлива;
- повышение высоты подвески во время движения на неудовлетворительных дорожных покрытиях;
- повышена стойкость движения на поворотах, что достигается путем поперечной блокировки элементов подвески на одной оси.

Дополнительные преимущества для автомобилей большой грузоподъемности:

- изменение высоты подвески (кузова) для замены кузовов и контейнеров;
- высота транспортного средства может регулироваться, например, для выравнивания поверхности кузова и нагружающей платформы;
- управление поднимающейся осью: поднимающая ось автоматически опускается, когда превышает максимальная нагрузка на ось; поднимающая ось поднимается на короткое время (2...3 мин) с целью повышения нагрузки на ведущую ось (увеличение тягового усилия).

В активной подвеске поддрессирование каждого отдельного колеса осуществляется с помощью подачи или отвода вспомогательной энергии (сжатого воздуха, жидкости) через электромагнитные клапаны к стоякам. Система для легкового автомобиля может состоять из четырех стояков (пневматических, гидропневматических), компрессора, центрального ресивера, который одновременно является аккумулятором, блока управления и датчиков, которые информируют блок управления о скорости движения, нагрузке автомобиля и угле поворота рулевого колеса. Все элементы подвески соединены между собой магистралями (пневматическими, гидравлическими). Обмен данными между ними происходит посредством многофункциональной шины электронной передачи данных CAN (Controller Area Network). Также система имеет функцию автоматической активации («wake-up»), которая дает возможность откорректировать стандартное положение кузова и упругость виброизоляторов еще до начала движения. В дальнейшем водитель имеет возможность сам выбирать режим работы подвески, а также регулировать высоту положения кузова.

Индивидуальная регулировка жесткости виброизолятора каждого колеса позволяет учитывать крен кузова и скорость, с которой автомобиль входит в поворот, оценивать угол поворота и скорость, с которой водитель поворачивает руль. В движении жесткость стоек может автоматически изменяться так, что будет избран оптимальный режим работы подвески, отвечающий конкретным дорожным условиям как с точки зрения безопасности, так и комфорта. Например, во время торможения передние колеса будут поддрессированы более жестко, чем задние, а во время ускорения – наоборот, но это в обоих случаях позволит избежать неприятного продольного «клева» кузова.

Подвеска автоматически приспосабливается к изменению нагрузки автомобиля и способна выбирать величину дорожного просвета, ориентируясь на дорожные условия.

Система обеспечивает статическую и динамическую поддержку с помощью четырех стояков. Она также осуществляет ручную или автоматическую регулировку уровня кузова во время движения, автоматическое поднятие и опускание кузова. В состав системы входят:

- электронная система управления уровнем кузова, обеспечивает одинаковый уровень кузова на передней и задней осях, а также его положение в зависимости от стиля вождения и загруженности автомобиля;
- система адаптивного поддрессоривания (Adaptive Damping System), изменяет усилие поддрессоривания в зависимости от состояния дорожного покрытия и стиля вождения водителя. Состояние дороги определяется с помощью датчиков вертикального ускорения кузова автомобиля. Стилль вождения (горизонтальное ускорение) определяется по скорости движения и угла поворота.

Осуществляется индивидуальная адаптация уровня кузова для движения по дороге с плохим покрытием. Возможны три различных положения кузова: комфортное, спортивное и положение для экстремальной спортивной езды.

Информация о повышенном уровне кузова и спортивное демпфирование выдается путем подсветки индикаторных отметок на выключателях, информация о низком уровне кузова выдается на дисплей индикации неисправностей.

Блок управления активной подвеской получает и обрабатывает такие входные сигналы:

- от блока управления ESP (через шину CAN);
- от блока управления двигателем (через шину CAN);
- от блока управления трансмиссией (через шину CAN);
- от щитка приборов (через шину CAN);
- от датчика угла поворота рулевого колеса (через шину CAN);
- от переключателя комфортного и спортивного режимов (через шину CAN);
- от выключателя регуляции уровня кузова (через шину CAN);
- от трех датчиков ускорения кузова автомобиля;
- от двух передних датчиков уровня кузова;
- от одного заднего датчика уровня кузова;
- от одного датчика давления в системе;
- напряжение питания и соединения на «массу».

Блок управления системой преобразует исходные сигналы для таких элементов:

- четыре клапана управления уровнем кузова;
- одного главного клапана нагнетания воздуха (жидкости) в ресивер;
- multifunctionального дисплея на щитке приборов;
- регулировка уровня кузова;
- компрессора.

Изменяющиеся сообщения и индикация, которая касается системы, выводятся на multifunctionальный дисплей щитка приборов, а также на выключателе режимов уровня кузова.

Структурные колебания регистрируются с помощью распределения потоков гидравлической жидкости в гидропневматическом контуре подвески. С целью уменьшения потребностей в энергии действие системы ограничивается сглаживанием нерегулярных низких частот колебаний. Газовый аккумулятор, соединенный с гидроцилиндром, гасит колебания высших частот.

На последних моделях импортных автомобилей сопротивление виброизоляторов регулируются путем изменения диаметров жиклеров или вязкости жидкости. Размеры пропускных отверстий обычно изменяются с помощью электродвигателя или соленоида. Существует три режима регулирования виброизоляторов: малый, средний и большой. На валу рулевого колеса устанавливается датчик, фиксирующий угол и направление поворота.

Силой сопротивления виброизоляторов управляет электронный блок на цифровых схемах. Цифровые входные сигналы (ЭБУ двигателя, датчика положения рулевого колеса, датчика включения нейтральной ступени, датчика торможения, системы зажигания, датчика скорости, переключателя режимов работы) поступают на микро-ЭВМ, где подвергаются входной обработке и формированию сигналов. Выходные сигналы затем поступают на исполнительные механизмы (двигатели и электромагниты) управления режимами работы виброизоляторов.

Активной гидропневматической подвеской «Hydractive» оснащаются французские легковые автомобили Citroen-ХМ, Citroen-ВХ и Citroen-СХ. Гидропневматические упругие элементы установлены на каждом колесе. Они состоят из гидропневматических баллонов, разделенных на две части эластичной мембраной (в верхней полусфере азот, а в нижней специальная жидкость), и заполненных жидкостью цилиндров со скользящим полым поршнем. Штоки поршней соединены с рычагами передней и задней подвески. При перемещении колеса вверх (ход сжатия) жидкость под давлением поршня поступает через гидровиброизолятор в баллон и сжимает газ за мембраной.

Подвеска указанных автомобилей может работать в двух режимах – «мягком» и «жестком». При «мягком» режиме (умеренной амортизации) обеспечивается комфортабельность и удобство управления. При «жестком» режиме повышается устойчивость автомобиля и безопасность.

«Мягкий» режим легко осуществляется, если к гидропневматическому элементу добавить еще один гидропневматический баллон и гидровиброизолятор. Если отключить гидровиброизолятор специальным краном (регулятором жесткости), подвеска переводится в «жесткий» режим (жидкость проходит через одно отверстие, увеличивается амортизация). Для управления подвеской в память микропроцессора закладывают предельные параметры, установленные на основании испытания автомобиля. Если при отключенном питании электроклапан закрыт и жидкость циркулирует с возвратом в бак (давление равно нулю), то подвеска работает в «жестком» режиме.

Подвеска переходит в «жесткий» режим при обнаружении отклонений от получаемой от датчиков информации, при достижении предельных значений угла поворота рулевого колеса, при достижении определенного уровня крена кузова.

Водитель может выбрать одну из двух программ: «Sport» или «Automatic». Если переключатель установлен в положение «Sport», напряжение на электроклапане отсутствует и подвеска работает в «жестком» режиме. В режиме «Automatic» напряжение подается на электроклапан и подвеска работает в «мягком» режиме.

На некоторых автомобилях (например Toyota) осуществляется управление высотой кузова с помощью пневматических упругих элементов, устанавливаемых на всех штоках или только двух задних колесах. Если в ЭБУ поступает сигнал от датчика высоты, включают электродвигатели компрессоров для увеличения давления или соленоиды для уменьшения давления. Датчиками высоты могут быть фотоэлементы или другие элементы, вырабатывающие П-образные импульсы.

4.6 Управляемые системы автомобиль-водитель-условия эксплуатации

Организация систем управления движением машины. Проектировщики автомобилей уделяют большое внимание совершенствованию системы управления транспортными машинами. Примеры разработки систем управления движением автомобиля на дороге и электронных систем управления агрегатами (подсистемами) автомобилей приведены в работах [33, 34].

Для уточнения задач, связанных с разработкой теоретических предпосылок построения системы автоматизированного контроля и учета показателей функционирования транспортных систем в реальных условиях эксплуатации, необходимо рассмотреть схему управления, представленную на рис. 4.9 [34].

Условия эксплуатации: дорожные, транспортные, атмосферно-клима-

тические (см. рис. 3.5) оказывают соответствующие воздействия на водителя и автомобиль. В конечном итоге эти воздействия приводят к изменению средних технических скоростей V_a , которые регистрирует водитель, бортовая система контроля и учета (СКУ) и система централизованного диспетчерского управления (СЦДУ) с информационно-вычислительным центром (ИВЦ).

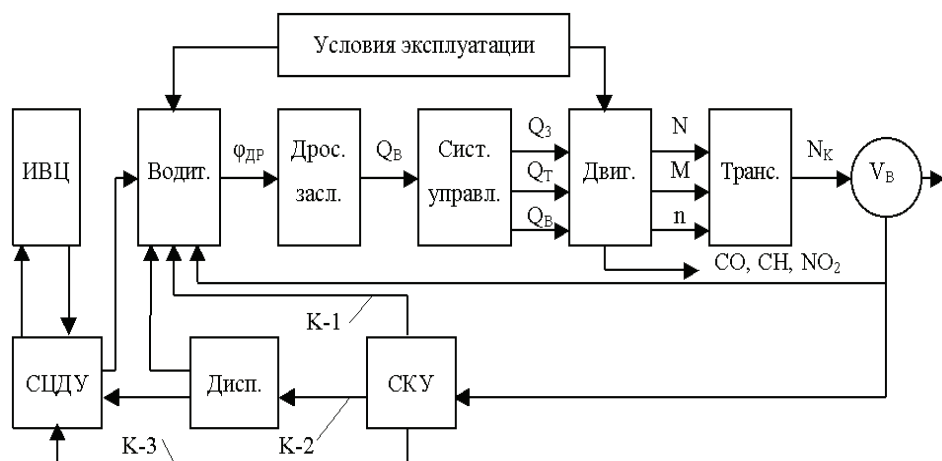


Рис. 4.9. Схема управления системы автомобиль-водитель-условия эксплуатации-контроль (учет): $\Phi_{др}$ – угол открытия дроссельной заслонки; Q_z – угол установки зажигания; Q_r – расход топлива; Q_a – расход воздуха; N, M, n – мощность, крутящий момент, частота вращения коленвала; N_k – мощность на колесах; V_a – скорость движения автомобиля; СКУ – бортовая система контроля и учета; СЦДУ – система централизованного диспетчерского управления; К-1, К-2, К-3 – контуры управления

При создании и внедрении автоматизированных систем контроля, учета и управления подвижным составом необходимо начинать с разработки конструкции бортовых приборов для контроля и учета основных параметров работы системы автомобиль-водитель-условия эксплуатации. Наличие бортовой системы контроля и учета (СКУ), несущей информацию о действительных показателях работы, позволит улучшить качество управления и в конечном итоге повысить выходную характеристику системы (скорость, производительность).

Применение специальных приборов для контроля и учета основных параметров работы системы создаст три контура регулирования производительностью. Первый контур (К-1) обеспечивает визуальную связь между водителем и выходом регистрируемых параметров (выходом СКУ). В результате водитель имеет возможность непрерывно контролировать и анали-

зировать результаты своей работы и вносить необходимые коррективы в управление автомобилем. Второй контур (К-2) обеспечивает контроль за работой данного автомобиля со стороны диспетчера. Диспетчер может объективно оценивать качество работы водителя (системы) и принимать соответствующие меры по приближению фактических показателей к их номинальным значениям. Наконец, СКУ может быть использована как датчик системы централизованного диспетчерского управления (СЦДУ) с телеметрической связью между выходом СКУ и входом СЦДУ. Это третий контур (К-3) регулирования производительности всех автомобилей. Информация, поступающая на СЦДУ, затем соответствующим образом обрабатывается с помощью информационно-вычислительного центра (ИВЦ).

Проникновение идей технической кибернетики в принципы действия машин, все более широкое применение различных датчиков и электромеханических (мехатронных) устройств, в которых органически взаимодействуют механика и электроника, позволяет осуществлять широкое использование кибернетических систем для осуществления диагностических процедур и рационального безопасного функционирования машин, организации движения автомобилей на дорогах.

Телеинформационные и навигационные системы автомобилей. В настоящее время рынок телеинформационных и навигационных систем для автомобилей переживает настоящий бум. Так, фирма Klicktel, специализировавшаяся ранее на телефонных базах данных, предлагает первую навигационную систему с интегрированной телефонной книгой и справочником, в которой маршрут движения легко определяется посредством телефонного номера [39].

Фирма Commodore также усматривает в цифровой навигации очень большие перспективы. Предлагаемая под названием Commodore Navigator Combo навигационная система не только указывает водителю маршрут движения, но и предлагает большое количество игр, видео и музыки.

Американская фирма Microsoft совместно с итальянским концерном Fiat разработала информационно-развлекательную систему, которая в будущем под названием Blue&Me будет встраиваться во все модели Fiat. Это первый результат двухлетнего сотрудничества между двумя предприятиями, целью которого было создание дешевого стационарно устанавливаемого в автомобиле блока телеинформационного оборудования. Отказавшись от монолитной конструкции отдельной системы, разработчики выбрали модульный дизайн, который позволяет осуществить несколько вариантов. Базу образуют операционная система Windows Mobile for Automotive и технология связи Connected-Car фирмы Microsoft.

На выбор имеются три модульных исполнения:

- С1 – мультифункциональный телеинформационно- и информационно-развлекательный прибор, который может проигрывать музыку и

имеет устройство дистанционного набора телефонного номера и обслуживания Bluetooth, а также теледиагностику. Одновременно с распознаванием речи он обеспечивает и ее воспроизведение Text-to-Speech;

- С2 предназначен для бортовой навигации; малые пиктограммы на мультифункциональном дисплее приборной панели указывают путь до цели назначения;
- С3 открывает возможность для дополнительных функций обслуживания автомобиля, таких как, например, расширенная противоугонная защита.

В то время как конструктивное исполнение прибора С1 предусмотрено в каждом автомобиле как базовая ступень, С2 и С3 могут дооснащаться позднее. Каждая ступень расширения содержит все функции предыдущей ступени и использует приборную панель автомобиля. Дополнительный дисплей не нужен.

Таким образом, благодаря использованию известных технологий, таких как CAN, Bluetooth и Web-сервис, была создана стандартизированная система, которую легко можно интегрировать со многими приборами и системами автомобиля. Это экономит конструкторам дополнительные расходы на разработку, считают представители Microsoft. Преимущества для водителя заключаются в том, что можно свои персональные мобильные приборы просто подключить через Bluetooth или USB. Все функции к тому же с речевым управлением.



Рис. 4.10. Навигационная система MN 2200 фирмы VDO Dayton подходит для мобильных телефонов, оснащенных языком программирования Java

Прототип EOS концерна Volkswagen: семидюймовые мониторы в подголовниках и автомобильный ПК в спинке сиденья предлагают разнообраз-

ные мультимедийные функции. Навигационные системы показаны на рис. 4.10, 4.11.

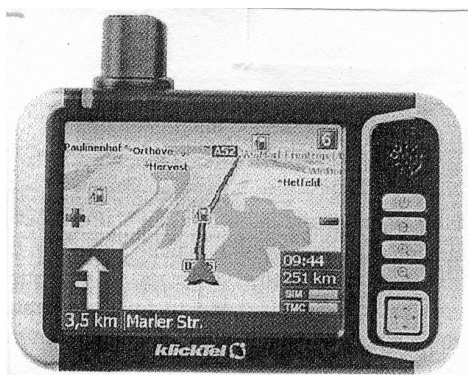


Рис. 4.11. Навигационная система фирмы Klicktel, которая определяет маршрут посредством телефонного номера

Возможности применения речевого управления в автомобиле еще долго не будут исчерпаны, уверены специалисты фирмы Siemens. По их мнению, в будущем водитель будет вести свободный диалог со своим автораддио-приемником. Новая мобильная информационная система SmartWeb-Kfz делает во время движения подборку всей информации из Интернета, которая может заинтересовать водителя. Затем посредством речевой команды водитель может запросить от автораддиоприемника зачитать ее. Передача данных происходит посредством цифрового передающего стандарта Digital Multimedia Broadcasting (DMB).

Концерн Volkswagen предлагает новую систему EOS – прототип с многочисленными мультимедийными и коммуникационными функциями. Она создана на базе так называемого автомобильного персонального компьютера (Car-PC) фирмы Inperio System с процессором Intel-Celeron (650 МГц).

Фирма Harman совместно с корпорацией Intel разрабатывает открытую платформу для автомобильных информационно-развлекательных систем, которая даст водителю все мультимедийные возможности.

Чтобы достичь предельно короткого времени запуска системы, конструкторы применяют операционную систему реального времени R-TOS. На ее базе могут разрабатываться прикладные программы для автомобильной промышленности, аналогично системе Microsoft-Fiat.

Наряду с расширенными информационными и мультимедийными возможностями для пассажиров, новая система облегчит также сервисные и диагностические работы для авторемонтных мастерских.

4.7 Системы контроля пассивной и активной безопасности автомобилей

4.7.1 Системы контроля движения автомобиля, предаварийной и аварийной ситуаций

Легковые автомобили. Современные легковые автомобили буквально «напичканы» электронно-механическими устройствами, призванными предупреждать критические дорожные ситуации и своевременно корректировать действия водителя [40...45].

В настоящее время наибольшее распространение получила антиблокировочная система в приводе тормозов ABS (Anti Brake System), впервые появившаяся в 1978 г. на моделях Mercedes-Benz. За счет регулирования давления в системе ABS помогает автомобилю сохранять курсовую устойчивость при резком торможении. Как правило, современные версии ABS сочетаются с системой EBD (Electronic Braking Distribution), которая равномерно распределяет тормозное усилие между передними и задними колесами. Большим подспорьем является ASR (Anti Slip Regulation), известная так же как Traction Control – она удерживает автомобиль от сноса и заноса на влажной, заснеженной или обледенелой дороге путем притормаживания пробуксовывающего колеса и перераспределения тягового усилия.

Как показывает практика, до 70 % водителей не реализуют полностью потенциал тормозов своих автомобилей. В этом случае на помощь приходит EBA (Emergency Brake Assist), создающая дополнительное усилие в системе и работающая совместно с ABS.

Все более широко применяется система ESP (Elektronik Stability Program), разработанная фирмой Bosch и успешно апробированная на моделях Mercedes-Benz десять лет назад. ESP отслеживает момент потери контроля над управляемостью и функционально она очень схожа с ASR. Неудивительно, что сегодня производительность автомобильного компьютера превышает возможности бортовой ЭВМ гражданского самолета 80-х годов прошлого столетия.

Наряду с перечисленными устройствами, а также активным круиз-контролем и модулем для поддержания постоянного давления в шинах в широкий обиход может войти заимствованная у военных система ночного видения (например, Night Vision, используемая на моделях General Motors), и проецирование показаний приборов на лобовое стекло.

Серийные автомобили все активнее заимствуют системы, которые апробированы в болидах «Формулы-1». Самый наглядный пример – система Manettino, наряду с кнопкой пуска двигателя установленная в ступице рулевого колеса на спортивном автомобиле Ferrari F430. Выбирая одну из пяти позиций, водитель настраивает работу подвески, регулирует степень активности Traction Control и системы стабилизации (с возможностью их полного

отключения), а также определяет момент включения дифференциала. Кроме того, Manettino позволяет менять скорость переключения передач и управлять клапанами в выпускной системе, что дает прирост мощности и изменяет тональность звука выхлопа.

Для повышения безопасности автомобилей разработано много технических решений. На рис. 4.12 [23] показан комплекс, состоящий из комбинации различных датчиков, приводов и сигнализаторов, применяемый в корпорации Nissan для повышения безопасности автомобиля. В его состав входят две системы, борющиеся с засыпанием водителя за рулем автомобиля. Действие одной из этих систем направлено на предупреждение водителя, а другой – на выравнивание курса автомобиля. Для выполнения этих функций необходимы специальные датчики, роль которых могут играть сенсоры слежения за глазным яблоком водителя и детекторы наклона его головы. В систему выдачи сигнала необходимости экстренного торможения, построенную на основе датчиков микроволнового, ультразвукового и инфракрасного диапазонов, часто входит устройство опережающего включения индикаторов торможения, позволяющее заранее предупредить об опасности водителей транспортных средств, едущих сзади. В состав системы предупреждения о препятствиях входят инфракрасные детекторы и радар. Адаптивная система круиз-контроля начинает работать в момент, когда водитель слишком приблизился к впереди идущему транспортному средству: при этом скорость автомобиля немедленно снижается для обеспечения безопасной дистанции. Устройство мониторинга пешеходов определяет присутствие людей на дороге в темное время суток и в зонах, закрытых для обзора, и предупреждает об этом водителя автомобиля. Система контроля полосы движения определяет ситуации, при которых отклонение автомобиля происходит не по воле водителя. При этом система оповещает водителя об уходе с полосы и автоматически выравнивает транспортное средство.

Компанией Ibeo Automobile Sensor GmbH разработан лазерный сканер, позволяющий не только определять дистанцию до находящихся перед автомобилем объектов, скорость, но и распознавать их тип. В отличие от радаров, применяемых в настоящее время в системах активного круиз-контроля, лазерный сканер позволяет распознавать объекты, находящиеся перед автомобилем на расстоянии от 0,3 до 200 м в зоне шириной до 240° по горизонтали и до 3,2° по вертикали, с угловым разрешением 0,25°. Благодаря этому он может с успехом применяться в системах активного круиз-контроля при движении автомобиля в плотном транспортном потоке, в системах аварийного торможения, а также в системах предупреждения водителя об опасных отклонениях автомобиля от заданного курса. При этом он способен реагировать не только на крупные объекты, но и на пешеходов [41].

Надежность систем активного круиз-контроля и аварийного торможе-

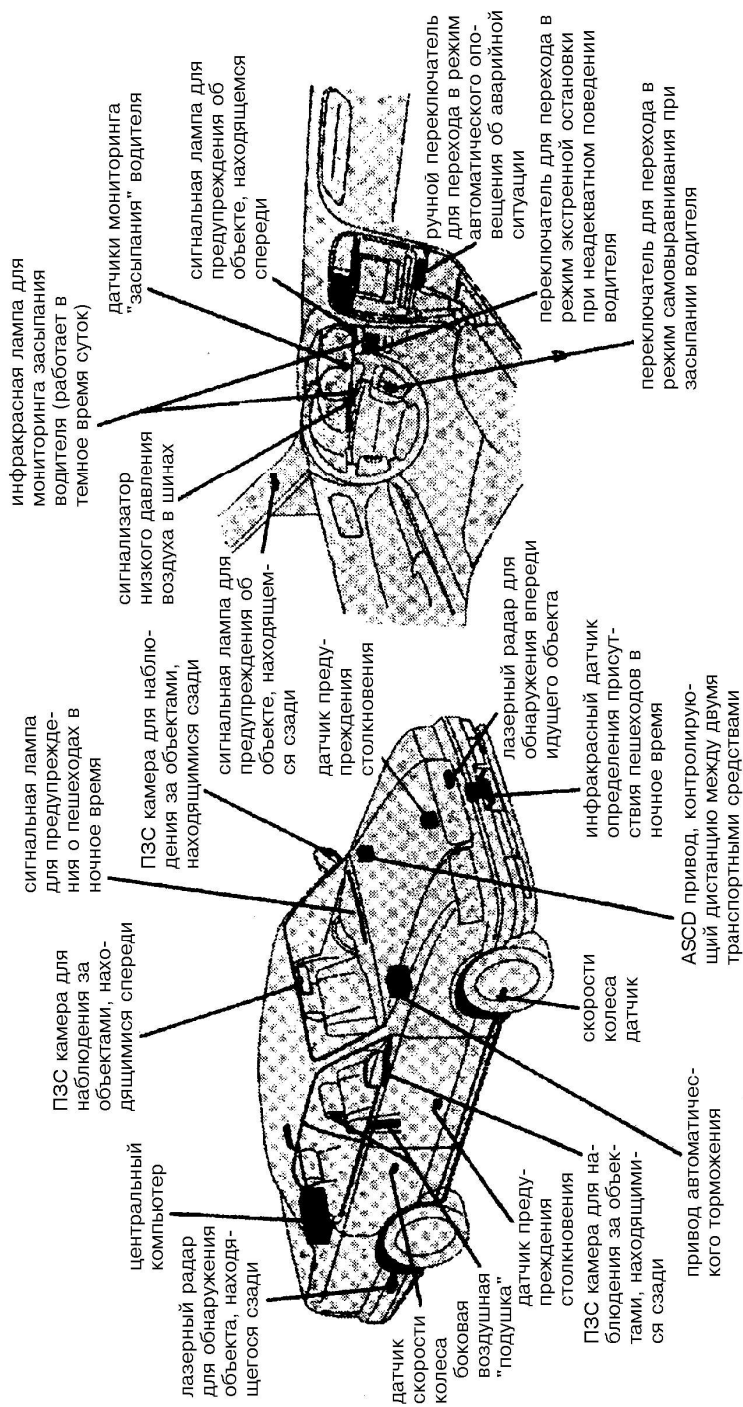


Рис. 4.12. Система безопасности автомобиля

ния, а также системы предупреждения водителя об опасных ситуациях на дороге или потере им бдительности при усталости зависит от качества измерителей расстояния и их способности работать при неблагоприятных погодных условиях и в сложной дорожной ситуации. По совокупности показателей наилучшими среди датчиков данного типа являются лазерные сканеры, работающие в инфракрасном диапазоне. Они отличаются очень высоким угловым разрешением при дальности действия до 200 м. Благодаря возможности достаточно точного определения малых расстояний до движущихся перед автомобилем транспортных средств их можно с успехом применять в условиях плотного транспортного потока, например при движении автомобиля в режиме «Старт-стоп», а также в системах аварийного торможения. Помимо этого они позволяют распознавать пешеходов и автомобили, совершающие маневр перестроения при минимальных дистанциях до других участников движения.

Принцип работы и конструкция пригодного для использования на автомобиле сканера аналогична промышленным сканерам, применяемым, например, в системах безопасности станков, роботов, автоматических транспортных средств и другого промышленного оборудования. Они позволяют определить расстояние до некоторого удаленного объекта по времени прохождения импульсов электромагнитных волн от источника лазерного излучения до объекта и отраженных от него волн до приемника. Предназначенный для автомобилей сканер Alasca XT фирмы Ibeo Automobile Sensor GmbH оснащен лазером, работающим в диапазоне инфракрасных волн. Полупроводниковый генератор этого сканера вырабатывает импульсы электромагнитного излучения продолжительностью несколько наносекунд, под действием которых в излучателе формируется луч лазера. Последний направляется на объект измерения, отражается от него и достигает приемника, установленного в одном приборе с излучателем и содержащим оптоэлектронный усилитель высокой чувствительности. Время прохождения импульсов прямого и отраженного луча лазера является мерой расстояния до объектов измерения. Направление луча лазера постоянно изменяется посредством вращающегося зеркала, благодаря которому возможно охватить широкую панораму перед автомобилем и по сторонам его и определить границы различных объектов по расстояниям до них. Частота сканирования может быть повышена до 40 Гц. При каждом прохождении луча фиксируются до четырех объектов, при этом отсекаются объекты, создающие помехи, например, капли дождя. По степени безопасности сканер Alasca XT относится к классу 1 защиты от электромагнитного излучения, поэтому он может применяться на общественном транспорте без ограничений.

Испытания сканера в различных дорожных и погодных условиях показали, что он сохраняет работоспособность при интенсивном движении на автомагистралях и во время дождя. Проблемы ослепления солнцем или та-

кими же приборами на встречных автомобилях практически не существует. Для повышения информативности системы испытаний была разработана специальная установка. Она позволяет отображать на экране монитора одновременно план местности вокруг автомобиля с расположением границ фиксируемых сканером объектов и изображение панорамы перед автомобилем, получаемое посредством закрепленной на автомобиле видеокамеры. Данные, записанные со сканера при проведении испытаний, позволяют воспроизвести и проанализировать его работу в лабораторных условиях.

Один центрально расположенный излучатель позволяет охватить пространство внутри угла 150° по горизонтали. При применении двух лазеров ширина охватываемой панорамы достигает 240° . По высоте панорама разделена на четыре полосы общей высотой $3,2^\circ$, благодаря чему объект измерения не теряется при продольных колебаниях автомобиля. Блок управления сканером связан с электроникой автомобиля через бортовой компьютер, посредством которого он получает данные о скорости автомобиля, скорости его вращения вокруг вертикальной оси, углах поворота управляемых колес, давлении в тормозном приводе и т. п. На основании этих данных блок управления вырабатывает команды, которые направляются через бортовой компьютер на тормозную систему и привод акселератора.

Одной из важнейших сфер применения лазерного сканера является его использование в системах активного круиз-контроля, способных работать в режиме «Старт-стоп». Применяемые в настоящее время системы этого типа обычно базируются на радарх, которые не позволяют измерять скорости менее 30 км/ч и имеют недостаточный угол охвата по горизонтали. При применении лазерного сканера Alasca ХТ удалось создать систему активного круиз-контроля, действующую как на расстояниях до 200 м , так и при минимальных расстояниях до впереди движущихся транспортных средств. Благодаря широкому углу охвата лазерный сканер позволяет своевременно обнаружить автомобили, совершающие маневр «подрезки», а также реагирует на внезапно выбегающих на дорогу пешеходов. На рис. 4.13 приведен характерный пример движения автомобиля, оснащенного лазерным сканером, в режиме «Старт-стоп».

Лазерный сканер может быть также с успехом применен в системах предупреждения столкновений. Такие системы должны распознавать опасные перемещения участников дорожного движения, находящихся перед автомобилем и сбоку от него, и при необходимости воздействовать на системы активной и пассивной безопасности. Например, они должны вызывать предварительное натяжение ремней безопасности, повышать до определенного значения давление в тормозном приводе, а также приводить в состояние готовности подушки безопасности и средства защиты пешеходов.

Анализ дорожно-транспортных происшествий с тяжелыми последствиями показал, что приблизительно их половина произошла в результате

фронтальных столкновений и наездов. При этом в 40 % случаев торможение автомобиля вообще не производилось. Оснащенная лазерным сканером система аварийного торможения способна распознать опасный объект перед автомобилем и сбоку его и вызвать аварийное торможение. При этом учитывается возможность объезда опасного объекта. В качестве предупредительного мероприятия производится подготовка усилителя тормозного привода к экстренному торможению. Подобные системы не всегда могут исключить столкновение.

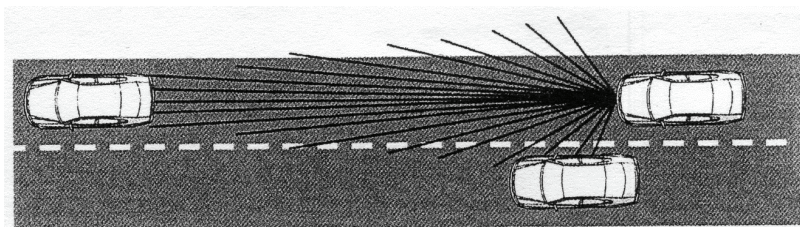


Рис. 4.13. Зоны обзора сканера Alasca XT при его использовании в системе активного круиз-контроля, способного работать в режиме «Старт-стоп»

Грузовые автомобили [42]. К системе контроля движения грузовых автомобилей прежде всего антиблокировочные системы тормозов (ABS), системы стабилизации движения (ESP), системы контроля движения по полосам, а также различного рода устройства, отслеживающие обстановку в мертвых зонах, контролирующие состояние водителя, приборы и многое другое [42].

Антиблокировочная система тормозов для грузовых автомобилей впервые была представлена 25 лет назад. Внедрение ABS в их конструкцию осложнялось использованием пневматического привода тормозов. Переход к дисковым тормозным механизмам несколько упростил выполнение задачи, но самой главной проблемой оставалось слишком большое время реакции исполнительных механизмов на нажатие педали. Разработка электронных тормозных систем (Electronic Brake System), в которых сигнал управления открыванием-закрыванием клапанов передается по электрической сети, позволила реализовать функции ABS, ESP, EBD (Electronic Brake force Distribution – электронная система распределения тормозных сил) и даже осуществлять постоянное диагностирование узлов тормозной системы (например, контроль степени износа тормозных колодок). Блок управления EBS помогает включить в единую систему и моторный тормоз-замедлитель.

Система Brake Assist (BA), анализируя скорость нажатия педали тормоза, способна распознать критическую ситуацию и создать максимальное давление в приводе тормозов. На современном этапе уже отработаны алго-

ритмы торможения в автоматическом режиме с использованием данных от радара активного круиз-контроля. Но пока право принимать решения все же принадлежит человеку.

В новом Mercedes-Benz Springer представлен вариант адаптивной системы электронной стабилизации движения (Adaptive ESP), которая учитывает степень загрузки автомобиля, влияющей на высоту расположения центра тяжести. В опасной ситуации в зависимости от положения груза, показания датчиков угловой скорости вращения колес, изменения угла поворота относительно вертикальной оси, датчиков продольного и бокового ускорений и датчика отклонения от курса система подтормаживает одно или несколько колес и регулирует тягу двигателя. Это позволяет предотвратить срыв автомобиля в неуправляемый занос в повороте.

Многие зарубежные специалисты убеждены, что если бы водители могли обнаружить возникающее препятствие всего на одну секунду раньше, то количество дорожно-транспортных происшествий значительно бы сократилось. Стремление освободить водителя в максимальной степени от большего числа операций по управлению автомобилем, а также расширить его возможности, стимулировало разработку таких систем, как контроль движения по полосе, радары бокового обзора и других.

Устройство контроля движения по полосе обычно содержит две телекамеры и блок управления. Система распознавания настроена так, что в идеале линии разметки справа и слева от автомобиля должны находиться на равном от него расстоянии. Если машина отклоняется от оси полосы и пересекает линию разметки, а водитель не включил перед этим указатель поворота, Lane Assist предупреждает его звуковым и световым сигналами. У некоторых автомобилей звуковой сигнал заменен вибратором в спинке или подушке сиденья. В дальнейшем предполагается широкое применение активных систем, способных самостоятельно возвращать автомобиль на полосу движения. Такой способностью наделен, например, экспериментальный грузовой автомобиль американской фирмы Freightliner [41, 42] (рис. 4.14).

Внедрение активного круиз-контроля позволяет автоматически поддерживать заданную дистанцию до впереди идущего автомобиля. Когда радар обнаруживает препятствие, которое находится на опасно близком расстоянии, блок управления при помощи тормоза-замедлителя снижает скорость до безопасного значения. Сегодня на грузовиках и автобусах уже серийно устанавливаются варианты таких систем, где задействована вспомогательная тормозная система и снижение скорости происходит приблизительно до 30 км/ч. Однако специалисты компаний Volvo Trucks и Mercedes-Benz работают над созданием более эффективного круиз-контроля, который в случае опасности дает команду рабочим тормозным механизмам – до полной остановки автомобиля.

Радар, контролирующий пространство перед автомобилем, позволяет

реализовать и режим предаварийной подготовки. Если столкновение неизбежно, электронный блок управления даст команду на включение преднатяжителей ремней безопасности и даже автоматически отсоединит аккумуляторную батарею после аварии, чтобы избежать короткого замыкания в сети. Кстати, при незначительном столкновении, когда риска короткого замыкания нет, система безопасности позволяет продолжить движение. Все это уже применяется на легковых автомобилях. Часто ДТП происходят из-за ограниченной видимости прямо перед капотом или в районе дверей, поэтому автомобили начали оснащать телекамерами и радарами, контролирующими пространство в так называемых мертвых зонах. Если при попытке совершить маневр в опасной близости окажется препятствие или другое транспортное средство, водителя предупредят звуковой и световой сигналы.

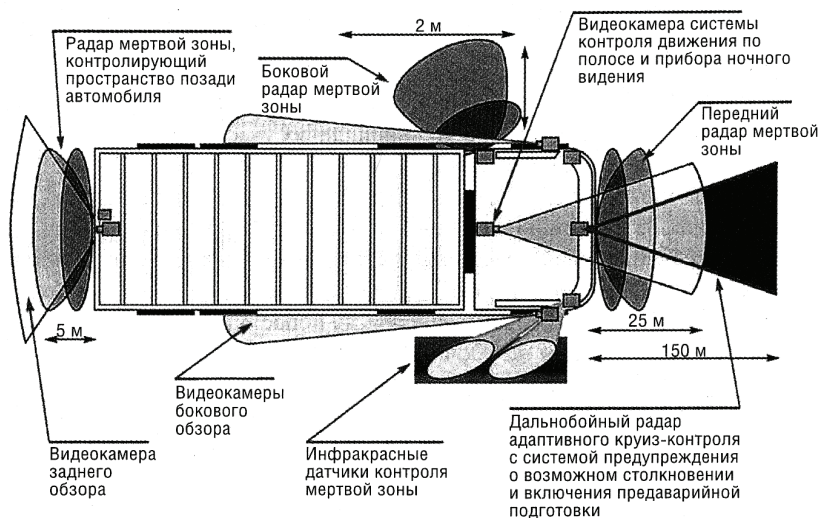


Рис. 4.14. Зоны действия систем безопасности на грузовом автомобиле

Фактически речь идет о создании так называемого кокона безопасности вокруг автомобиля. Такой кокон обеспечивают радары с рабочей частотой 24 ГГц, контролирующие пространство на расстоянии 5 м от передней и задней части автомобиля и мертвую зону в радиусе 2...3 м от водительской двери, а также радар с рабочей частотой 76 ГГц, контролирующий наличие препятствий перед автомобилем. Их дополняют телекамеры, контролирующие пространство перед автомобилем, позади него и по сторонам, а также инфракрасные системы контроля правой мертвой зоны. В ночное время помощь водителю оказывают системы ночного видения, позволяющие обнаружить препятствие на проезжей части или опасные объекты на обочине, еще не освещенные фарами.

Так, на новом Mercedes-Benz Sprinter впервые для коммерческих авто-

мобилей улучшить видимость в поворотах помогает так называемая интеллектуальная система освещения. Биксеноновые фары поворачиваются в сторону поворота, улучшая освещение проезжей части и обочины, а при включении указателя поворота на скорости менее 40 км/ч активируется боковая подсветка. Система значительно облегчает вождение автомобиля на неосвещенных участках дорог и позволяет видеть пешеходов, переходящих дорогу, и другие препятствия.

Водители грузовых автомобилей и автобусов, совершающих дальние поездки, более других подвержены риску попасть в аварию из-за усталости и засыпания за рулем. До недавнего времени контроль над водителем осуществлялся при помощи тахографа, регистрирующего время непрерывного вождения, общее время в пути и др. При этом устанавливается режим труда и отдыха. Но при таком способе контроля реакция на нарушения режима наступает иногда слишком поздно.

Установив специальную телекамеру, фиксирующую направление взгляда водителя и еще ряд параметров, в том числе частоту мигания глаз, а также дополнительные датчики на рулевом колесе, можно «научить» электронный блок управления заблаговременно определять наступление усталости. Система в состоянии зафиксировать момент, когда водитель отвлекается от управления автомобилем, и привлечь его внимание либо включением световой дорожки, либо звуковым сигналом.

Разработка таких систем ведется многими производителями автомобилей, а также фирмами, выпускающими автомобильную электронику (Bosch, Siemens VDO, Delphi и др.) [42].

Объединение активной и пассивной безопасности [43].

Как правило, системы активной и пассивной безопасности автомобиля работают независимо друг от друга. В проекте APIA (Aktiv-Passiv-Integrations-Ansatz) фирма Continental предлагает объединение этих систем, что, по мнению специалистов, предотвратит аварии или смягчит обусловленные аварией повреждения. APIA использует информацию от всех систем активной и пассивной безопасности и на основании этого определяет степень опасности.

APIA основан на обмене данными между всеми системами активной и пассивной безопасности автомобиля. В так называемый аварийный процессор стекается вся информация о действиях водителя, характере движения автомобиля и дорожных условиях. Для данной конкретной ситуации движения процессор рассчитывает потенциал опасности, который отражает возможность аварии в данный момент. Если этот потенциал превышает определенный порог, аварийный процессор поэтапно принимает защитные меры:

- оптическое или иное предупреждение водителя;
- предварительная готовность тормозного контура для ускорения сра-

- батывания тормозных механизмов;
- активизация натяжителя ремней безопасности для устранения их неплотного прилегания;
- закрытие боковых окон и люка в крыше;
- активное торможение с ускорением до 0,3 g;
- сдвиг передних сидений в положение, оптимальное для срабатывания надувных подушек безопасности.

Если водитель сам нажимает на тормозную педаль, то по быстрой смене ноги с педали акселератора на тормоз датчики распознают начало торможения: ускоритель тотчас начинает работать с максимальным давлением в приводе; натяжители ремней безопасности активизируются в максимальной степени. Если столкновение, тем не менее, происходит, аварийный процессор в зависимости от тяжести и типа аварии приводит в действие адаптивные подушки безопасности. По заявлению фирмы Continental, отмечает журнал «Krafthand», уже две автомобилестроительных фирмы заинтересовались данным проектом.

Для реализации проекта APIA автомобиль должен быть оборудован тормозной системой с независимым управлением с ESP и круиз-контролем (ACC). Для улучшения пассивной безопасности при отсутствии информации от датчиков ACC аварийный процессор опирается только на информацию от ускорителя начала торможения, систем ESP и ARP (Active Rollover Protection – предотвращает опрокидывание автомобиля) и, соответственно, может принимать менее ответственные решения.

Решающую роль в APIA играют усовершенствованные датчики для определения окружающей ситуации. Датчики дистанции позволяют не только осуществлять функции круиз-контроля, но и поставляют важную информацию для систем предупреждения столкновения. Так, фирма Continental разрабатывает датчик предупреждения столкновения под названием CV (Closing Velocity). Он позволяет достаточно точно определить ожидаемую тяжесть столкновения и направление удара. В комбинации с дополнительными контактными датчиками он может применяться также в системах защиты пешеходов.

Дальнейший шаг в сторону увеличения безопасности ожидается с введением систем видеокамер, обрабатывающих визуальные изображения. Наряду с обнаружением , объекта они позволяют также классифицировать его. Кроме того, инженеры Continental работают над тем, чтобы использовать цифровой картографический материал для оптимизации систем поддержки водителей. Если, например, автомобиль с высокой скоростью приближается к крутому повороту, педаль акселератора может указать водителю на это. Если включен круиз-контроль, он может заблаговременно автоматически уменьшить скорость движения или «потребовать» этого от водителя.

4.7.2 Совершенствование активной и пассивной безопасности автомобилей

Активный подголовник. По статистике от 15 до 25 % ДТП связано с наездами на движущийся попутно впереди или остановившийся автомобиль. Чтобы уменьшить тяжесть травм, надо ограничить перемещение головы водителя и пассажиров относительно туловища. Для этого предназначены подголовники. По сути, подголовники – единственное средство защиты шеи от нагрузок, обусловленных ударом в автомобиль сзади. Если удар будет сильным, то и подголовник не спасет от травмы.

Большинство водителей и пассажиров поступает опрометчиво, не устанавливая подголовники на достаточной высоте. При ударе автомобиля сзади голова и шея у них откидываются назад, чем наносятся значительные травмы.

Эффективность системы SAHR – от Saab Active Head Restraints – основана на анализе травм, полученных водителями и пассажирами в автомобилях, оборудованных обычными подголовниками [44].

В настоящее время активные подголовники, работающие по принципу SAHR используются на многих легковых автомобилях.

Подголовники SAHR обеспечивают эффективную защиту от травм даже в случае их неправильной установки. Результаты лабораторных испытаний на манекенах превзошли все ожидания: на 75 % снизились серьезные травмы головы и шейных позвонков при ударе сзади.

Недавно были представлены электронные системы, приводящие подголовники в действие по команде датчиков удара, смонтированных в задней части автомобиля. Сегодня электронно-активные подголовники серийно используются на некоторых моделях Mercedes-Benz и Lexus. А на Lexus LS460 подголовник и вовсе прижимается к затылку сидящего еще до удара, как только задний коротковолновый радар, которым оборудована эта модель, обнаруживает на полосе, занятой автомобилем, приближающуюся угрозу. Очевидно, что нечто подобное рано или поздно обязательно появится на конкурирующих с LS460 моделях.

К сожалению, по причине того, что краш-тест задней части автомобиля сертификационными испытаниями не предусмотрен, работы по улучшению безопасности от плетевых травм проводятся практически на добровольных началах. А добрую волю демонстрируют не все автопроизводители. Это доказывают испытания, периодически проводимые IIHS, а в Европе – британским исследовательским центром Thatchham.

Методикой IIHS имитируется удар в заднюю часть стоящего автомобиля другим, имеющим такую же массу и разогнанным до 32 км/ч. Правила Thatchham мягче – британские испытания проводятся при 16 км/ч. Тем не менее даже при такой скорости, сопровождающей столкновение, по показаниям датчика, встроенного в шею манекена, можно оценить, насколько

серьезной будет травма [44].

Дополнительный ремень безопасности. Ремень безопасности обычного типа, безусловно, выручает при авариях. Однако при сильных ударах корпус седока выскальзывает из-под ремня, приводя к травматизму. Специалисты SAAB предложили систему безопасности из двух плечевых ремней SSB (Saab Supplementary Belt). Дополнительный ремень с двухточечным креплением проходит через плечо и охватывает грудь водителя или переднего пассажира и закрепляется в верхней части спинки каждого сиденья.

Для надежного закрепления ремней используются натяжители. Сила натяжения ремней регулируется, чтобы водитель мог крепче удерживаться на сиденье при езде по извилистой или плохой дороге. Хотя ремень имеет две отдельные петли, его можно легко и быстро отстегнуть, нажав одну кнопку.

Краш-тесты. Независимая европейская организация EuroNCAP недавно опубликовала результаты очередных краш-тестов следующих легковых автомобилей: Daihatsu Materia, Mazda 2, Honda Civic, Mercedes-Benz C-класса, Renault Laguna и Volvo V70 [45].

Ранее в испытаниях были выявлены проблемы с раскрытием подушек безопасности на моделях Mazda 2 и Volvo V70. При лобовом ударе Mazda 2 обнаружились просчеты в алгоритме срабатывания фронтальных подушек, что вызвало задержку их открытия. После бокового удара Volvo V70 шторки также открылись с задержкой. Оба производителя приняли меры по устранению этих недостатков.

Нынешние результаты базируются на повторных испытаниях. Оказалось, что Mazda 2 успешно справилась с тестом, а вот боковые шторки Volvo V70 вновь оказались не на высоте. В настоящее время шведская компания проводит расследование по этому факту.

По результатам тестов четыре новинки получили высшие оценки 5 звезд за фронтальные краш-тесты: Mazda 2, Mercedes-Benz C-класса, Renault Laguna и Volvo V70. Интересно, что Renault Laguna могла бы стать самым безопасным автомобилем по версии EuroNCAP, однако она потеряла один балл из-за проблем с открытием задней двери после бокового удара. Кроме того, специалисты EuroNCAP разочарованы результатами тестов по защите пешеходов – ни один из участников не заслужил более трех звезд в этой области.

4.8 Системы сохранения надежности и безопасности транспортных машин в эксплуатации

4.8.1 Системы технического обслуживания и диагностирования

В процессе эксплуатации в основном ставится задача не повышения надежности машин, так как это свойство появляется в результате их проек-

тирования, изготовления и ремонта, а поддержания его на высоком уровне в течение продолжительного периода.

Надежность как комплексное свойство безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости в процессе эксплуатации зависит от ряда факторов: характера и объема выполняемых машиной работ; дорожно-климатических (почвенных) условий работы машины; принятой системы технического обслуживания и ремонта машин; качества и наличия нормативно-технической документации и технических средств обслуживания машин; качества выполнения правил эксплуатации и технического обслуживания машин.

При разработке мер по сохранению надежности машин следует учитывать все упомянутые факторы. Их направленное изменение и использование предопределяют благоприятные условия работы машин, что снижает скорость изменения параметров их состояния и увеличивает период сохранения высокой надежности. Однако не все факторы можно изменять и использовать. В первую очередь это относится к характеру и объему выполняемых машиной работ.

При тяжелых дорожно-климатических условиях (запыленность, минусовая или очень высокая температура воздуха, заболоченность почвы и др.) используют улучшенной конструкции воздухоочистители, фильтры масляных систем, уплотняющие устройства, системы охлаждения, специальные водо- и маслоподогреватели, теплые капоты, многофункциональные сорта масел, специальные шины и др.

Для сохранения высокой надежности машин в эксплуатации огромное значение имеет система технического обслуживания и ремонта – комплекс взаимосвязанных условий и норм, позволяющих управлять техническим состоянием. Под управлением техническим состоянием следует понимать целенаправленные предупреждающие отказы, технические воздействия по поддержанию или восстановление заданных эксплуатационных параметров технического состояния машин.

Первой задачей диагностики транспортных машин является не экономичность эксплуатации, а контроль систем и элементов, определяющих техническую и экологическую безопасность на стадиях проектирования и эксплуатации [48...78]. Система законов и требований по обеспечению безопасности дорожного движения приведена в работах [10, 11].

Объекты обязательного диагностирования приведены на рис. 4.15. Разрешение механика или диагноста на выезд с неисправными системами безопасности движения автомобиля несет юридическую ответственность (если произойдет ДТП). Основные диагностические параметры тягово-экономических, тормозных и ходовых эксплуатационных свойств автомобилей представлены в табл. 4.1.

С учетом выявления и предупреждения отказов можно выделить три

вида систем технического обслуживания и ремонта (рис. 4.16):

- по потребности;
- планово-предупредительную по периодичности;
- планово-предупредительную по фактическому состоянию.



Рис. 4.15. Объекты диагностирования транспортных машин по критериям безопасности и экономичности эксплуатации

Система технического обслуживания и ремонта по потребности заключается в том, что машины и их составные части ремонтируют в основном после отказа, поломки. Система обеспечивает почти полное использование технического ресурса, так как элементы эксплуатируются до отказа. В таких случаях показатель безотказности машины оказывается очень низким в связи с отсутствием работ по предотвращению отказов. При этом ремонт осуществляется в аварийном порядке и сопровождается большими материальными издержками.

В основу планово-предупредительной системы технического обслуживания по периодичности положен плановый предупреждающий аварии

Основные диагностические параметры эксплуатационных свойств автомобилей и средства их измерения

Эксплуатационные свойства автомобиля	Диагностические параметры	Средства диагностирования	
		специализированные	универсальные
Тягово-экономические	– колесная мощность и ее производные; – скорость движения; – сила тяги; – сопротивление движению и выбег; – уровень шума; – путь, время и ускорение разгона; – удельный расход топлива на характерных скоростных и нагрузочных режимах; – токсичность ОГ	Стенд тяговых качеств	Комбинированный стенд
Тормозные	– тормозной путь; – тормозные силы; – путь, время и величина замедления	Тормозной стенд	То же
Ходовые	– боковые силы, действующие в пятке контакта шин с дорогой	Стенд ходовых качеств	То же

ремонт машин, осуществляемый с определенной периодичностью (регламентом) по мере их наработки (рис. 4.17). Такая система себя оправдала в период массового производства и обслуживания машин в период индустриализации сельского хозяйства СССР. Повышая показатель безотказности, в то же время такая система снижает долговечность составных частей по сравнению с техническим обслуживанием по потребности. Техническое обслуживание на основе установленной периодичности между планово-профилактическими работами не всегда технически и экономически неоптимальные, так как предусматривают обслуживание и ремонт без учета индивидуального исходного технического состояния и условий эксплуатации. Такое обслуживание, в одних случаях, не может предупредить аварийное состояние техники, в другом – приводит к недоиспользованию остаточного ресурса из-за преждевременного отправления на ремонт, например, 40...75 % двигателей, до 30 % главных передач тракторов [81, 82]. Значительное увеличение объема преждевременных ремонтов с полной, зачастую неоправданной разборкой вне зависимости от технического состояния сложных агрегатов, обуславливает резкое сокращение их технического ресурса. Ежегодные расходы на поддержание, например, автомобилей, тракторов и сель-

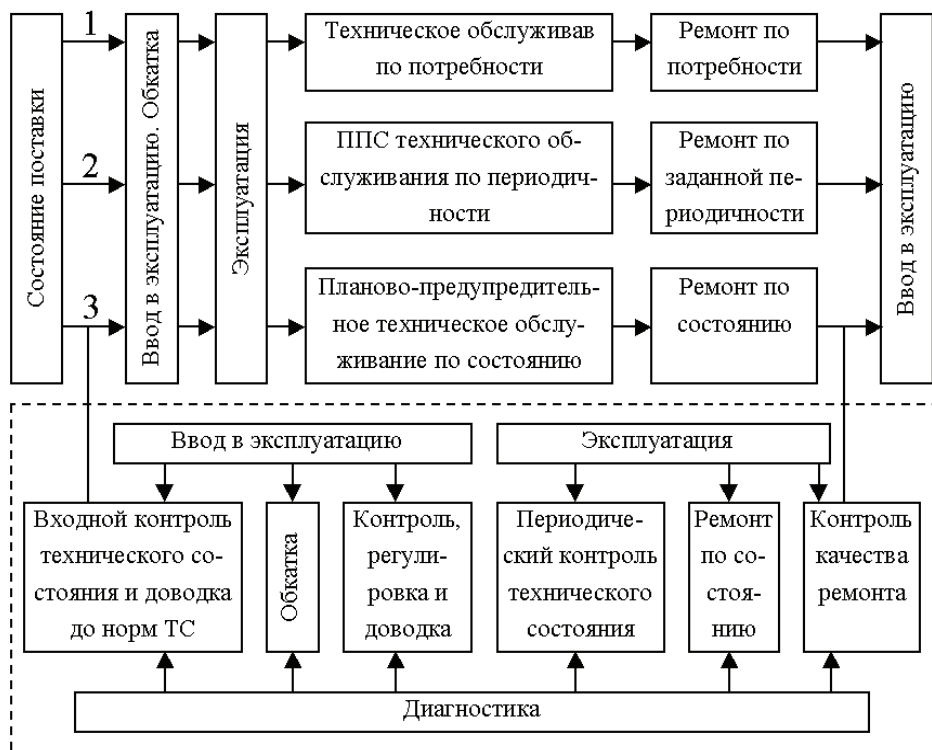


Рис. 4.16. Схемы технического обслуживания и диагностики

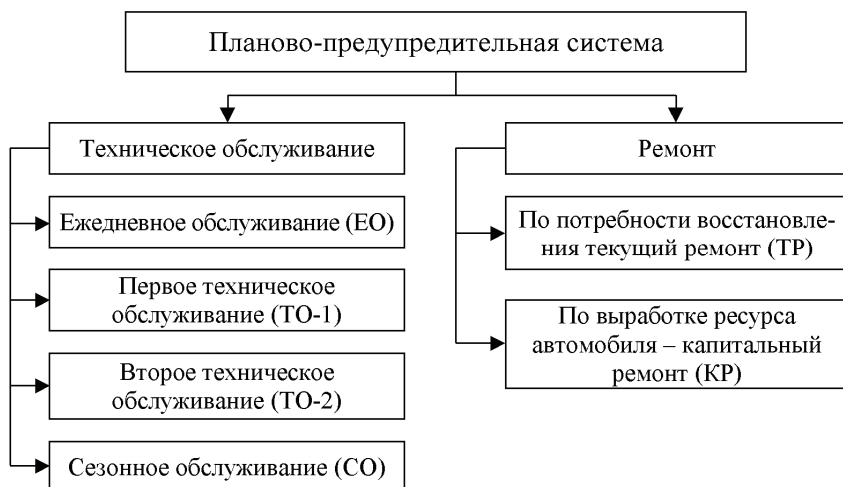


Рис. 4.17. Схема планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей

скохозийственных машин, в работоспособном состоянии составляет 30 % от их первоначальной стоимости.

В настоящее время упомянутые системы технического обслуживания и ремонта машин заменяются третьей системой, сочетающей в себе преимущества предшествующих и исключаяющей их недостатки. Третья система – планово-предупредительная по состоянию (а не по периодичности) заключается в плановом контроле технического состояния машин и ремонте, обслуживании в зависимости от этого состояния. Такая система обеспечивает почти полное использование технического ресурса составных частей и машины в целом, а также предотвращение отказов машин, тем самым обуславливает высокие долговечность и безотказность в процессе использования, хранения и транспортировки (см. рис. 4.16).

Однако внедрение планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта по состоянию машин усложняется из-за несовершенства основного звена управления техническим состоянием – диагностирования фактического технического состояния. Именно диагностирование – непереносимое условие системы обслуживания и ремонта машин по состоянию.

Многие современные грузовые автомобили и трактора имеют недостаточную контролепригодность. Их диагностирование производится в основном по функциональным параметрам, а существующие средства диагностирования не обеспечивают достаточную достоверность диагностической информации о структурных параметрах.

Созданные и выпускаемые переносные, передвижные и стационарные комплексы диагностирования, основанные на методах контроля физических процессов: энергетических, тепловых, пневмогидравлических, переходных режимов, спектрографических, ультразвука и акустической эмиссии, магнитозлектрических, прямых, инструментальных измерений структурных параметров не обладают универсальностью, в основном трудоемкие, а во многом и несовершенны. Только на присоединение и отсоединение диагностических приборов, например, к грузовым автомобилям или трактору затрачивается 60...80 % общего времени. На установление режима работы и непосредственное измерение диагностических параметров затрачивается 25...10 %, анализ и фиксацию результатов 15...10 % общего времени диагностирования. А средняя достоверность информации полученной в результате оценки качественных признаков технического состояния на СТО составляет 0,654 (для трактора Т-150К) [81, 82, 83].

Из-за отсутствия надежных средств диагностирования фактического остаточного ресурса производится необоснованное раскрытие или разборка подшипниковых узлов, зубчатых передач и других узлов с целью их профилактического осмотра во время эксплуатации, перед выполнением важных срочных работ, предсезонным обслуживанием и поступлении в ре-

монт. Сопутствующие пересборки, раскомплектование и замена деталей не только увеличивает расход запасных частей, материалов и трудоемкость ремонта, но и наносит значительный вред машинам за счет нарушения положения притертых сопряжений и повторной притирки.

Постоянное усложнение конструкции машин для повышения производительности и энергонасыщенности, без существенного повышения конструктивной надежности и контролепригодности сложных машин в 1960...1990 годы увеличило в 2...3 раза трудоемкость использования средств диагностирования и достигло в настоящее время 40 % общей трудоемкости технического обслуживания грузовых машин, тракторов и сельскохозяйственных машин [83]. А доля отказов машин, за счет несовершенства конструкции и технологии изготовления, например, тракторов составляет 55...65 % от всех эксплуатационных отказов.

Эти обстоятельства потребовали развитие автоматических бортовых и автоматизированных внешних систем диагностирования [37]. Однако существующие методы и правила рационального конструирования и создания систем диагностирования еще недостаточны для проектирования и доводки многих транспортных машин заданной надежности и диагностического обеспечения. Модели качества изготовления машин еще не имеют достаточно надежных методов контроля фактического технического состояния при покупке и вводе в эксплуатацию.

Сохранение высокой надежности требует работы квалифицированного персонала, оперативно и качественно выполняющего операции технического обслуживания и ремонта машин. Подготовка кадров, правильная организация их производительной работы – неперемнное условие сохранения высокой надежности транспортных машин в процессе эксплуатации.

4.8.2 Методы повышения управляемости и устойчивости системы «человек-автомобиль»

Управление автомобилем является основной функцией водителя. При движении по плохим дорогам водитель, используя обратную связь почти непрерывно воздействует на рулевое колесо и осуществляет торможение и разгон. В системе человек-автомобиль, человек является оператором, а автомобиль – объектом управления. Водитель, непрерывно анализируя дорожную обстановку и результаты управления, изменяет параметры движения.

Автомобиль проявляет свои качества только в руках грамотного специалиста – человека. Квалифицированный и опытный водитель влияет на все технико-экономические показатели, проявляя мастерство управления (вождения) автомобилем.

Специально выполненные исследования [38] по влиянию квалификации водителей на качество управления автомобилями показали, что разные

водители, по разному включают передачи, осуществляют торможение и движение накатом. Поэтому у них существенно отличаются технические и эксплуатационные скорости и средние расходы топлива.

На рис. 4.18 [38] показаны графики движения трех автобусов, которыми управляют разные водители (1, 2, 3).

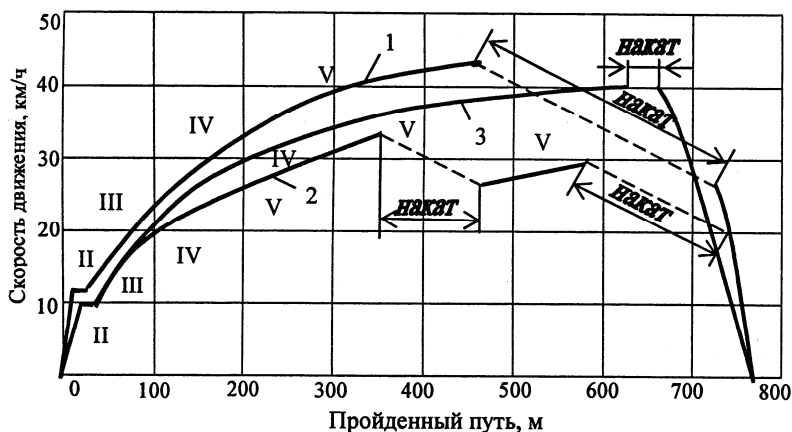


Рис 4.18. Графики движения трех автобусов по одному из равнинных участков маршрута

Первый водитель интенсивно разгоняется в начале маршрута на II, III, IV и V передачах. Примерно через 460 м при скорости 42 км/ч переходит на свободное качение (накат) и через ~730 м, на коротком участке совершает торможение (тормозной путь ~30 м).

Второй водитель осуществил разгон с ранним переходом на V передачу и через ~350 м совершил первый накат, заметно снизив скорость. Через 460 м снова на V передаче увеличил скорость до 30 км/ч и второй раз двигается в режиме наката. При скорости ~20 км/ч осуществляет торможение.

Третий водитель двигается примерно так, как первый водитель и после короткого наката начал торможение.

В табл. 4.2 [38] показано влияние квалификации двух водителей на основные эксплуатационные качества грузового автомобиля. Данные, приведенные на рис. 4.18 и в табл. 4.2, свидетельствуют об основополагающей роли водителя в обеспечении безопасности движения и эффективности работы автомобиля.

Наукой о взаимодействии системы «человек-автомобиль-среда» должна быть эргономика. Задачей эргономики является разработка научных методов и принципов «подгонки» техники человеку и выбор таких параметров внешней среды, чтобы обеспечить эффективность и безопасность работы. Методы решения задач эргономики должны быть системотехнические (ки-

бернетические). Достижения эргономики все шире используются в авиации и на транспорте. Они находят применения, например, при анализе дорожно-транспортных происшествий, значительная часть которых (около 60 %) совершается по вине водителя.

Таблица 4.2

Влияние качества управления автомобилем на эксплуатационные показатели

Показатели	1-й водитель	2-й водитель
1. Путь движения в %		
На II-й передаче	9,3	2,1
На III-й передаче	25,9	9,3
На IV-й передаче	50,9	30,9
На V-й передаче	12,7	43,1
По инерции	1,2	14,6
2. Средняя скорость движения, км/ч:		
Техническая	20,4	23,1
Эксплуатационная	18,1	20,2
3. Расход топлива в см ³ на 1 км пути	395,0 (39,5 л/100 км)	310,0 (31,0 л/100 км)

При управлении движущимся автомобилем в мозгу человека непрерывно строятся различные информационные модели внешнего мира (дорожной ситуации). Анализируя в течении короткого промежутка времени эти модели, водитель, опережая события, принимает то или иное решение. Например, начать постепенное снижение скорости или экстренное торможение при появлении на проезжей части дороги пешехода.

Водитель при движении автомобиля должен удерживать в поле своего восприятия дорогу и прилегающее к ней пространство, контролировать показания щитковых приборов, координировать работу рук и ног при управлении автомобилем, на слух определять неровность работы агрегатов.

Для развития водительских навыков необходимо широко использовать различные тренажеры, имитирующие условия и режимы работы автомобилей.

По типовому учебному плану на Украине на обучение водителей отводится 157 ч. на теоретическую подготовку, 41 ч. лабораторно-практические занятия и всего 30 ч. на практическое вождение. В других странах на обучение водителей выделяется на много больше часов.

4.8.3 Управление надежностью и безопасностью транспортных машин в системе автотранспортных предприятий

Надежность автомобильного транспорта, обеспечивается прежде всего автомобильной промышленностью. Не менее важное место в обеспечении надежности автомобильного транспорта занимают предприятия, где реализуется потенциальная надежность выпущенных промышленностью автотранспортных средств (АТС), организуется техническая эксплуатация, включая обслуживание, ремонт, восстановление работоспособности.

Автотранспортные предприятия имеют развитую структуру управления, обеспечения технической эксплуатации, контроля и информации. Иногда в АТП однотипные АТС объединяются в колонны с самостоятельным управлением.

Развитая техническая база АТП включает: открытые и закрытые стоянки, линии мойки в закрытых помещениях, линии или посты диагностики, оборудованные стендами, приборами контроля технического состояния, линии технического обслуживания раздельно для выполнения ТО-1 и ТО-2, линии или посты текущего ремонта, вместо которых иногда используются подвижные универсальные механические средства (ПУМы) для доставки и замены агрегатов на линиях ТО-2, склады хранения запасных частей и ремонтного фонда, горюче-смазочных материалов и рабочих жидкостей, медицинские пункты и административные здания и контрольно-пропускные пункты.

Функционирование АТП обеспечивается отдельными службами: технической эксплуатации; снабжения, включая кооперирование с авторемонтными заводами; передвижного и выездного контроля; медицинского обслуживания и реабилитации персонала; безопасности, осуществляющая непрерывное обучение и повышение квалификации персонала, а также контроль технического состояния АТС для перевозки опасных грузов. До недавнего времени важные задачи решались службой линейного контроля осуществления транспортного процесса на установленных маршрутах.

В отношении АТП используются два вида оценки выполнения основной задачи – осуществления транспортного процесса: эффективность располагаемого парка автотранспортных средств (далее АП) и его надежность. Эффективность АП – оценка более широкая, так как включает ряд экономических, коммерческих, конъюнктурных и прочих показателей. Надежность АП является стержневым, основным элементом эффективности АТП. Без обеспечения надежности АП оценка эффективности автомобильных перевозок теряет смысл.

Надежность АТП понимается как свойство его автомобильного парка выполнять заданные перевозки, сохраняя во времени значение установленных показателей в заданных пределах, определенных условиями использования располагаемых АТС [1].

Из этого следует, что надежность АП зависит от надежности систем

ВАДС, относящихся к каждому выпущенному на линию автомобилю. Показатели надежности системы ВАДС, ее элементов, в особенности структурообразующего элемента – автомобиля – включаются в формирование надежности АП, но существенно отличаются своим содержанием и измерителями.

Долговечность или ресурс автомобиля – случайная, но конечная величина. В отношении же АТП при пополнении, замене списываемых АТС с той или иной регулярностью величина ресурса АП является неопределенной и неопределимой, хотя и объективно представляемой.

Безотказность автомобиля или системы ВАДС является только одной составляющей комплексного свойства надежности, а для АТП безотказность АП исчерпывает понятие надежности. Причем полный отказ АП – явление редкое и нетипичное (какая-то часть подвижного состава всегда выходит на линию или готова осуществлять транспортный процесс).

Отказы у автомобиля, в том числе и частичные, должны иметь возможно меньшую вероятность, а для АТП это требование не столь однозначно высокое, так как вообще выпуск на линию всего списочного состава АТС не предусматривается.

Оценка безотказности неоднозначна с точек зрения самого АТП и потребителя транспортных услуг (если заказчик получит лишь часть запрошенных АТС, то не ясно заранее, как он оценит их недостаток).

Резервирование, как средство повышения надежности, у автомобиля обеспечивается, как правило, конструктивными мерами. преимущественно на стадии проектирования, а у АТП это осуществляется либо содержанием запасного полнокомплектного и исправного автомобиля, либо выпуском простаивающего.

Простои автомобилей не по техническим причинам не учитываются в характеристиках их надежности; а в системе АТП – это частичный отказ.

Отличия в содержании понятий надежности автомобиля и АТП (или АП) накладываются и на построение измерителей. Так наработка в системе ВАДС относится к конкретному, единичному автомобилю. Нарработка в системе АТП, как аргумент в показателях свойств надежности, относится к автомобилю, а сами показатели обезличиваются.

Это отражается и в уточнении объекта оценивания. В системах типажа и ВАДС рассматриваются подвижной состав автомобильного транспорта, элементы, непосредственно с ними взаимодействующие; в системе АТП рассматривается функционирование АП [1].

В рассмотрении обеспечения надежности автомобильного транспорта ограничиваются техническими аспектами функционирования АТП. Построение необходимых оценок, моделирование процессов относят к автомобильному парку, имея в виду влияние на них структурных составляющих АТП как системы, объединяющей эксплуатационно-техническую, управленческую и производственную деятельность.

4.9 Пожарная безопасность машин

В автомобиле конструктивно объединены элементы и системы, экстремальные режимы эксплуатации которых могут приводить к возникновению загораний и пожаров. Достаточно мощная система электроснабжения, разветвленная электрическая сеть, наличие развитых магистралей топливных трубок и шлангов гидросистемы, емкостей с горючими жидкостями, а также деталей, выполненных из горючих материалов, – все это указывает на высокую пожарную опасность автомобиля. К тому же автомобиль имеет сильно нагретые части работающего двигателя внутреннего сгорания; при трении нагреваются тормоза, сцепление; движущиеся с большой скоростью элементы автомобиля могут накапливать электростатические заряды.

По имеющимся статистическим данным, в странах с развитым автомобильным транспортом на долю пожаров автотранспортных средств приходится 5...15 % от общего числа пожаров, гибель людей составляет 6...12 % от всех погибших при пожарах [16].

Вероятность загорания автотранспортных средств по типам на одну тысячу в год составляет [78]:

легковые автомобили	$- 6,4 \cdot 10^{-4}$;
грузовые автомобили	$- 3,16 \cdot 10^{-3}$;
автобусы	$- 1,0 \cdot 10^{-3}$;
мотоциклы	$- 5,7 \cdot 10^{-3}$.

По месту возникновения, пожары в легковом автомобиле распределяются (в процентах) следующим образом:

моторный отсек	– 43,3;
кабина, салон	– 20,0;
багажный отсек	– 7,8;
элементы ходовой части	– 3,0;
выпускная система газов	– 5,6;
другие элементы	– 20,3.

Для большегрузных автомобилей распределение (в процентах) пожаров по причинам их возникновения выражается следующим образом:

утечка горючей жидкости из двигателя	– 22;
утечка горючей жидкости из гидросистемы	– 22;
утечка горючей жидкости из топливной системы	– 8;
утечка горючей жидкости из системы охлаждения	– 12;
неисправности электрооборудования	– 16;
механические поломки деталей	– 15;
перегрузка шин	– 5.

Возгорания автомобиля возникают от внутренних и внешних источников при радиационном или кондуктивном переносе тепла в зоны нахождения горючих материалов. К внутренним источникам относят: искры элек-

трических и электростатических разрядов, фрикционные искры от ударов деталей друг о друга при ДТП, поверхности системы выпуска газов двигателя и другие детали, нагревающиеся при работе автомобиля до температуры воспламенения горючих веществ. К внешним источникам можно отнести неосторожное обращение с огнем водителя и пассажиров, последствия проведения сварочных работ или ударов молотком по деталям при ремонте автомобиля и т.п.

Конструкция автомобиля должна обеспечивать минимальную вероятность его возгорания в условиях эксплуатации и, в частности, при ДТП. Во многом это зависит от места расположения бензобака и от его конструктивных особенностей. При опрокидывании автомобиля бак не должен сжиматься и подвергаться удару, приводящему к его разрушению. По действующим нормам, при сбрасывании бака, на три четверти заправленного топливом, с высоты 20 м должно выбивать пробку, но сам бак не должен разрушаться. В таком случае, при ДТП через открывшуюся горловину будет вытекать меньше топлива, чем при разрушении самого бака. Естественно, что если в процессе эксплуатации владелец автомобиля самовольно модернизирует пробку бака с целью исключения несанкционированного слива топлива, то при нарушении указанного норматива испытания может быть снижен уровень пожарной безопасности автомобиля.

При проектировании автомобиля все элементы топливной системы следует размещать так, чтобы не происходило скопления разливающегося топлива в кузове. Для выполнения этого условия, в кузове должны быть предусмотрены дренажные отверстия, через которые топливо свободно может вытекать наружу. При антикоррозийной обработке кузова и нанесении мастики на его днище недопустимо замазывать дренажные отверстия.

Пожароопасные трубопроводы и агрегаты, входящие в системы питания, гидроусилителя рулевого управления, смазки и др., должны быть расположены таким образом, чтобы при их неисправности исключить попадание капель горючей жидкости на детали, имеющие температуру, способную вызвать воспламенение. В качестве защиты сильно нагретых деталей от попадания на них горючей жидкости часто применяют ограждающие щитки и другие устройства, которые затрудняют доступ к агрегатам при обслуживании и ремонте автомобилей. Известно, что работники, занимающиеся обслуживанием и ремонтом, часто «упрощают» конструкцию автомобиля и не устанавливают снятые защитные устройства. Все это существенно снижает пожарную безопасность автомобиля.

В процессе эксплуатации автомобиля могут наблюдаться подтекания масла и антифриза при разрушении прокладок, патрубков, хомутов, износе манжетных резиновых уплотнений и т. п. При этом наружные поверхности агрегатов покрываются слоем пыли и грязи, пропитанной горючей жидкостью, что также способствует возгоранию автомобиля. Естественно, это

может происходить при нарушении сроков и низком качестве уборочно-моечных работ, а также очистки сапунов, обеспечивающих вентиляцию внутренних полостей агрегатов.

При проведении крепежных работ следует помнить, что винты крепления поддонов картера двигателя, коробки передач и клапанной крышки не должны перетягиваться. Дело в том, что при использовании эластичной резиновой прокладки штампованные из листовой стали поддоны и крышка могут под действием винтов крепления деформироваться, если винты сильно затягивать. Нарушение плоскостности поддона и крышки может приводить к подтекам масла после разборки и сборки агрегатов при их текущем ремонте, даже при установке новых прокладок.

Причиной возгорания автомобиля при ДТП может быть короткое замыкание в цепях электрооборудования. Для уменьшения такой опасности протяженность электрических цепей, не защищенных плавкими предохранителями, должна быть как можно короче, и блок предохранителей должен размещаться как можно ближе к аккумуляторной батарее. Заменяемые в процессе эксплуатации автомобиля электрические предохранители должны точно соответствовать установленным предельным значениям тока. При отсутствии требуемого предохранителя, водитель может «временнно» установить более мощный, забыв потом устранить допущенное нарушение и подвергая автомобиль опасности возникновения пожара.

Образование статического электричества сопровождает процессы трения и активно происходит при перевозке сыпучих материалов, вибрациях, движении автомобиля в запыленном и сухом воздухе. При влажности среды более 70 % накопление статических зарядов обычно не происходит. Проскакивание искры статического электричества особенно опасно для автомобилей, перевозящих бензин, дизельное топливо и газовые баллоны. Поэтому такие автомобили оборудуются заземляющими цепями, электрическое сопротивление которых должно быть не более 10 Ом. На легковые автомобили могут устанавливаться так называемые антистатик – резиновые ленты со специальными графитовыми включениями; их сопротивление обычно 100 Ом. В конструкции автомобиля должны быть предусмотрены противопожарные перегородки между моторным отсеком и салоном, между салоном и отсеком, где установлен топливный бак. Для увеличения предела огнестойкости перегородок используют специальные вспучивающиеся покрытия, которые наносят на стальной лист. При нагреве стального листа покрытие вспучивается (вспенивается) и теплопроводность листа существенно ухудшается, что снижает теплопередачу перегородки. Если в процессе кузовного ремонта после ДТП специальное покрытие будет нарушено, это приведет к снижению пожарной безопасности автомобиля.

На большегрузных автомобилях устанавливают пожарную сигнализацию и систему автоматического локального пожаротушения.

По мере старения автомобиля его пожарная безопасность снижается. Это происходит из-за увеличения утечек топлива и масла, накопления промасленной грязи в труднодоступных для очистки местах, при износах и повреждении изоляции электропроводки и наличии прочих, рассмотренных выше факторов.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Активный подголовник – 176
АТП – 102, 186
Безопасность – 11, 18, 177, 186
– активная – 18, 29, 166, 174, 176
– влияние неисправности и старения – 60
– движения – 20, 64
– конструктивная – 143
– контроль – 143
– нормирование – 89
– пассивная – 21, 40, 166, 174, 176
– – внешняя и внутренняя – 41
– – специальные устройства – 42
– пожарная – 188
– рулевого управления – 149
– системы и механизмы – 27
– техническая – 74
– управление – 143, 152
– экологическая – 74
– эксплуатационная – 60, 143
Водитель
– безотказность – 111
– восстанавливаемость – 111
– надежность – 130, 141
– опасные приемы управления – 72
– самочувствие – 72
– снижения работоспособности – 71
– сохраняемость – 112
Вместимость – 20
Внимание – 137
Восприятие – 137
– обстановки движения – 71
Геометрические показатели – 24
Груз, неправильное размещение или закрепление – 71
Диагностирование – 177
Динамические свойства – 39
Долговечность – 20
Дороги автомобильные – 43
– безотказность – 121
– надежность – 109, 114
– неудовлетворительное состояние – 72
– ремонтпригодность – 121
– сохраняемость – 121
– эксплуатационная надежность – 121
Дорожно-транспортные происшествия
– прогнозирование количества – 98
– причины – 64, 71
Дорожное движение, организация – 43
Жизненное пространство – 26, 143
Интеллект – 136, 138
Комфортабельность – 40
Конструктивные решения – 6
Краш-тест – 177
Маневренность – 22, 148
Мышление – 138
Навигационная система – 163
Надежность – 6
– внутренней и окружающей среды – 124
– водителя – 109, 110, 141
– дороги – 109, 114
– в обеспечении безопасности – 109
– после исчерпания назначенного безопасного ресурса – 51
– рулевого управления – 38
– эксплуатационная – 102, 177, 186
Невыполнение правил дорожного движения – 71
Неисправность – 60
Обзорность – 34
Ограничение перемещений водителя и пассажиров – 26
Оптимальный срок службы – 80

- Опорно-тяговые показатели – 24
- Освещение, световая и звуковая сигнализация – 21
- Осевые силы в рулевой колонки – 150
- Отказ, анализ риска – 81
- Плавность хода – 25
- Поворачиваемость – 23
- Подвеска с электронной системой управления – 157
- Приспособленность
 - к погрузочно-разгрузочным работам – 20
 - к посадке и высадке пассажиров – 21
 - к техническому обслуживанию и ремонту – 20
- Причины ДТП – 64, 71
- Прогнозирование – 138
 - количества ДТП – 98
- Проектирование
 - аванпроект – 12
 - на безопасный ресурс – 6, 11
 - рабочий проект – 12
 - техническое задание – 12
 - эскизный проект – 12
- Прочность – 9, 20
- Проезжимость – 23
 - геометрические показатели – 24
 - опорно-тяговые показатели – 24
- Реакция – 139
 - время – 140
 - простая – 139
 - сложная – 140
- Резервирование – 187
- Ремень безопасности – 177
- Ремонтопригодность дороги – 121
- Ресурс
 - безопасность – 11, 15
 - назначение – 13
 - прочность – 9
- Рулевое управление – 148
 - восстановление прямолинейного движения – 149
 - надежность – 38
 - травмобезопасное – 149
 - электронные системы – 155
- Световые приборы – 35
 - дополнительные – 21
 - минимальный комплект – 21
- Система управления движением – 161
- Система «человек-автомобиль» – 161
- Сохраняемость – 112
 - дороги – 121
- Среда – 125
 - внешняя – 125
 - внутренняя – 127
 - окружающая –
- Старение – 42
 - изменение эксплуатационных показателей – 74
- Телеинформационная система – 163
- Техническое обслуживание – 177
- Техническое состояние – 27, 71
 - колес – 37
- Топливная экономичность – 23
- Тормозная система – 32
- Тормозные свойства – 18
- Трение, приработка поверхностей – 47
- Тягово-скоростные свойства – 22
- Удары от поверхности дороги – 149
- Умозаключение – 138
- Управляемость – 18, 183
- Усилие при повороте – 149
- Устойчивость – 22, 39, 183
- Экологичность – 25
- Эксплуатационная живучесть – 15
- Эксплуатационные свойства – 16, 17, 27
 - безопасность – 60
- ABS (от нем. Anti-Blockier-System) –

153	
ASR (от нем. Antriebs-Schlupf-Regelung) – 154	ESBS (от нем. Elektronisches Stabilitätsbremssystem) – 154
EBV (от нем. Elektronische Bremskraftverteilung) – 153	ESP (от англ. Electronically Stability Program) – 153
EDS (от нем. Elektronische Differentialsperre) – 153	MSR (от нем. Motor-Schleppmoment-Regelung) – 154

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Машиностроение. Энциклопедия [Текст]. Т. IV-3. Надежность машин / В. В. Ключев, В. Болотин, Ф. Р. Соснин и др. ; под ред. В. В. Ключева ; Ред. совет К. Ф. Фролов (предс.) и др. – М. : Машиностроение, 2003. – 592 с.
2. Мигаль, В. Д. Техническая диагностика автомобилей : учебник [Текст]. В 3-х томах. – Том. II. Проектирование диагностического обеспечения / В. Д. Мигаль. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2012. – 610 с.
3. Вахломов, В. К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей [Текст] / В. К. Вахломов. – М. : Изд-во центр «Академия», 2007. – 550 с.
4. Волков, В. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля [Текст] : навч. посібник / В. П. Волков. – Харків : ХНАДУ, 2003. – 292 с.
5. Волков, В. П. Обеспечение устойчивости тормозных свойств автотранспортных средств [Текст] / В. П. Волков. – Харьков, Изд-во ХНАДУ, 2003. – 306 с.
6. Подригало, М. А. Устойчивость колесных машин при заносе и способы ее повышения [Текст] / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. Ю. Степанов, М. В. Доброгорский : под ред. М. А. Подригало. – Харьков, Изд-во ХНАДУ, 2006. – 335 с.
7. Беляков, В. В. Многокритериальная оптимизация [Текст] / В. В. Беляков, М. Е. Бушуева, В. И. Сагунов. – Н.Новгород, Изд-во НГТУ, 2001. – 271 с.
8. Говорущенко, Н. Я. Системотехника проектирования транспортных машин [Текст] : учеб. издание / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко. – Изд. 3-е испр. и доп. – Х. : ХНАДУ, 2004. – 208 с.
9. Баженов, С. П. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов [Текст] : учеб. / С. П. Баженов, Б. Н. Казьмин, С. В. Носов : под ред. С. П. Баженова. – М. : Изд-во центр «Академия», 2005. – 336 с.
10. Собкарь, А. О. Основы безпеки дорожнього руху [Текст] : навч. посібник / А. О. Собкарь, Я. Д. Холмянський, С. М. Тараненко : під ред. В. М. Бесчастного. – К. : Знання, 2007. – 312 с.
11. Говорущенко, Н. Я. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте [Текст] / Н. Я. Говорущенко, В. П. Волков, И. К. Шаша. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2007. – 361 с.
12. Гаркунов, Д. И. Триботехника. Конструирование, изготовление и эксплуатация [Текст] / Д. И. Гаркунов. – 5-е изд. переработ. и доп. – М. : НСХ, 2002. – 629 с.
13. Мигаль, В. Д. Вибродиагностика машин при эксплуатации [Текст] / В. Д. Мигаль. – Харьков : ХГПУ, 1997. – 293 с.
14. Мигаль, В. Д. Вибрация и надежность транспортных машин

[Текст] / В. Д. Мигаль, В. М. Мищенко, В. П. Волков и др. : под ред. В. Д. Мигалья. – Харьков : изд-во ХНАДУ, 2007. – 383 с.

15. Беднарский, В. В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст] : учеб. / В. В. Беднарский. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 456 с.

16. Малкин, В. С. Основы эксплуатации ремонта автомобилей [Текст] / В. С. Малкин, Ю. С. Бугаков. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 431 с.

17. Малкин, В. С. Техническая эксплуатация автомобилей. Теоретические и практические аспекты [Текст] : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В. С. Малкин. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

18. Хибка, В. Теория технических систем [Текст] : пер. с нем / В. Хибка. – М. : Мир, 1987. – 208 с.

19. Нанотехнологія та її інноваційний розвиток [Текст] : монографія / В. С. Пономаренко, Ю. Ф. Назаров, В. П. Свідерський, І. М. Ібрагімов. – Харків : ВД «ІНЖЕК», 2008. – 280 с.

20. Головин, Ю. И. Введение в нанотехнику [Текст] / Ю. И. Головин. – М. : Машиностроение, 2007. – 496 с.

21. Берестнев, О.В. Нормирование надежности технических систем [Текст] : монография / О. В. Берестнев, Ю. Л. Солитерман, А. М. Гоман. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 266 с.

22. ГОСТ 27.310–95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения [Текст]. – Минск : Белстандарт, 1997. – 19 с.

23. Фрайден, Д. Современные датчики [Текст] : справочник / Д. Фрайден. – М. : Изд-во «Техносфера», 2006. – 520 с.

24. Из истории Советской авиации. К 60-летию опытного конструкторского бюро им. А. Н. Туполева [Текст]. – М., 1982. – 250 с.

25. ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 35 с.

26. ГОСТ Р 51901–2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 30 с.

27. Хенли, Э. Д. Надежность технических систем и технологических систем [Текст] / Э. Д. Хенли, Х. Кумомота. – М. : Машиностроение, 1984.

28. Wigger, P. Experience with Safety Integrity Level (SIL) Allocation in Railway Application [Электронный ресурс] / P. Wigger. – <http://www.wcrr.de/engl/wcrr2001/043>. – 14 p.

29. Bruner, F. J. Angewandte Zuverlässigkeitstechnik bei der Fahrzeugentwicklung [Текст] : Teil 1 / F. J. Bruner // ATZ Automobiletechnische Zeitschrift. – 1987. – V. 89, № 6. – S. 291-296.

30. IEC–300–3–9. Dependability management. Part 3 [Текст] : Application guide. Section 9 : Risk analysis of technological system. – CEI/IEC, 1995. –

67 р.

31. IEC Publication 812. Analysis techniques for system reliability [Текст]. – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA) 1985. – 41 р.

32. Острейковский, В. А. Теория надежности [Текст]: учеб. для вузов / В. А. Острейковский. – М. : Высшая школа, 2003. – 463 с.

33. Мигаль, В. Д. Технічна кібернетика транспорту [Текст] : навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Харків : ВД «ІНЖЕК», 2007. – 328 с.

34. Говорущенко, Н. Я. Техническая кибернетика транспорта [Текст] : учеб. пособие. / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. – Харьков : ХГАДТУ, 2001. – 271 с.

35. Новая система рулевого управления // Автостроение за рубежом. – 2007. – № 9. – С. 10-11.

36. Марченко, А. П. Двигуни внутрішнього згорання [Текст] : Серія підручників у 6 тт. – Т. 3. Комп'ютерні системи керування ДВЗ / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов ; під. ред. А. П. Марченко та А. Ф. Шеховцова. – Харків : Прапор, 2004. – 344 с.

37. Автомобильный справочник [Текст] : пер. с англ. – 1-е изд. – М. : ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. – 896 с.

38. Говорущенко, Н. Я. Системотехника автомобильного транспорта. Расчетные методы исследований [Текст] / Н. Я. Говорущенко – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2004 – 318 с.

39. Телеинформационные и навигационные системы для автомобилей [Текст] // Автостроение за рубежом. – 2008. – № 7. – С. 18-19.

40. Применение систем безопасности в легковых автомобилях [Текст] // Автостроение за рубежом. – 2008. – № 8. – С. 11-12.

41. Лазерный сканер для систем активной безопасности автомобилей [Текст] // Автостроение за рубежом. – 2008. – № 2. – С. 18-20.

42. Система впрыска бензинового двигателя FSI [Текст] // Автостроение за рубежом. – 2007. – № 5. – С. 20-23.

43. Объединение активной и пассивной безопасности [Текст] // Автостроение за рубежом. – 2007. – № 2. – С. 14-15.

44. Современные методы повышения пассивной безопасности [Текст] // Автостроение за рубежом. – 2007. – № 11. – С. 13-14.

45. Итоги повторных краш-тестов EuroNCAD [Текст] // Автостроение за рубежом. – 2008. – № 3. – С. 16.

46. ГОСТ Р52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 21 с.

47. ГОСТ Р50992-96. Безопасность автотранспортных средств при воздействии низких температур внешней среды. Общие технические требования [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 19 с.

48. ГОСТ 22895–77. Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. Нормативы эффективности. Общие технические

требования [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 22 с.

49. ГОСТ 3544–75. Фары ближнего и дальнего света автомобилей. Технические условия [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 18 с.

50. ДСТУ 2735–94. Ограждения дорожные и направляющие устройства. Правила применения. Требования безопасности дорожного движения [Текст]. – Введ. 1995-01-01. – К. : Держстандарт України, 1994. – 25 с.

51. ДСТУ 4092-2002. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги. Правила застосування безпеки [Текст]. – Введ. 2003-01-01. – К. : Держстандарт України, 2002. – 31 с.

52. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану [Текст]. – Введ. 1998-01-01. – К. : Держстандарт України, 1997. – 20 с.

53. ДСТУ 3090–95. Безопасность дорожного движения. Организация работ по эксплуатации городских улиц и дорог. Общие требования [Текст]. – Введ. 1996-07-01. – К. : Держстандарт України, 1995. – 10 с.

54. ДСТУ EN 563-2001. Безопасность машин. Температуры доступных для касания поверхностей. Эргономические данные для установления предельных значений температуры горячих поверхностей [Текст]. – Введ. 2002-04-01. – К. : Держстандарт України, 2001. – 18 с.

55. ДСТУ EN 981-2001. Безопасность машин. Система звуковых и визуальных сигналов опасности и предупреждения [Текст]. – Введ. 2002-03-01. – К. : Держстандарт України, 2001. – 8 с.

56. ДСТУ EN 894-2-2001. Безопасность машин. Эргономические требования к проектированию индикаторов и органов управления. Часть 2. Индикаторы [Текст]. – Введ. 2002-04-01. – К. : Держстандарт України, 2001. – 30 с.

57. ДСТУ EN 292-1-2001. Безпека машин. Основні поняття, загальні принципи проектування. Частина 1. Основна термінологія, методологія [Текст]. – К. : Держстандарт України, 2001. – 22 с.

58. ДСТУ 3649. Эксплуатационные требования к безопасности и техническому состоянию и методы контроля [Текст]. – К. : Держстандарт України, 1997. – 25 с.

59. ДСТУ 2543–94. Автобусы и троллейбусы. Прочность сидений и их креплений. Технические требования и методы испытаний [Текст]. – К. : Держстандарт України, 1993. – 16 с.

60. ДСТУ 4159-2003. Безпека дорожнього руху. Організація дорожнього руху. Умовні позначення на схемах і планах [Текст]. – Введ. 2004-07-01. – К. : Держстандарт України, 2003. – 10 с.

61. ДСТУ 4157-2003. Безпека дорожнього руху. Засоби технічні периферійні автоматизованих систем керування дорожнім рухом. Типи, загальні технічні вимоги та вимоги безпеки [Текст]. – Введ. 2004-07-01. – К. : Держстандарт України, 2003. – 10 с.

62. ДСТУ 4241-2003. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні та інформаційні табло зі змінною інформацією. Загальні технічні вимоги [Текст]. – Введ. 2004-10-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 3 с.

63. ДСТУ 4123-2006. Безпека дорожнього руху. Елементи примусового зниження швидкості на вулицях і дорогах. Загальні вимоги. Правила застосовування [Текст]. – Введ. 2003-04-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 5 с.

64. ДСТУ 2919-94. Автотранспортные средства. Тормозные системы. Термины и определения [Текст]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 17 с.

65. ДСТУ 2984-95. Средства транспортные дорожные. Типы. Термины и определения [Текст]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 18 с.

66. ДСТУ 2156-93. Безопасность промышленных предприятий. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1995-01-01. – К. : Держстандарт України, 1994. – 16 с.

67. ДСТУ 2935-94. Безопасность дорожного движения. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1994-01-01. – К. : Держстандарт України, 1994. – 16 с.

68. ДСТУ EN 292-2-2001. Безопасность машин. Основные понятия. Общие принципы проектирования. Часть 2. Технические принципы и технические условия [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – К. : Держстандарт України, 2002. – 22 с.

69. ДСТУ EN 614-1-2001. Безопасность машин. Эргономические принципы проектирования. Часть 1. Терминология и общие принципы [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – К. : Держстандарт України, 2002. – 16 с.

70. ДСТУ EN 894-1-2001. Безопасность машин. Эргономические требования к проектированию индикаторов и органов управления. Часть 1. Общие принципы взаимодействия человека с индикаторами и органами управления [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – К. : Держстандарт України, 2002. – 16 с.

71. ДСТУ EN 457-2001. Безопасность машин. Звуковые сигналы опасности. Общие требования. проектирование и испытания [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – К. : Держстандарт України, 2002. – 12 с.

72. ОСТ 37.001.248-87. Безопасность конструкции автомобилей. Выступы наружных грузовых автомобилей. Общие технические требования [Текст]. – Введ. 1987-01-01. – М. : Типография НАМИ, 1986. – 9 с.

73. ОСТ 37.001.211-78. Безопасность конструкции автомобилей. внутреннее оборудование передней части салона кузовов легковых автомобилей. Технические требования и методы испытаний. [Текст]. – Введ. 1979-07-01. – М. : Министерство автомобильной промышленности, 1986. – 14 с.

74. ОСТ 37.001. 210-86. Безопасность конструкции автомобилей. Выступы наружные легковых автомобилей. Технические требования [Текст]. – Введ. 1987-07-01. – М. : Министерство автомобильной промышленности,

1987. – 14 с.

75. ОСТ 37.001.234-81. Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Выброс вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы измерений [Текст]. – Введ. 1982-01-01. – М. : Министерство автомобильной промышленности, 1981. – 11 с.

76. ОСТ 37.001.021-70. Безопасность конструкций внутренней арматуры и элементов внутреннего оборудования автобусов и троллейбусов. Технические требования [Текст]. – Введ. 1972-01-01. – М. : Министерство автомобильной промышленности, 1971. – 8 с.

77. ДСТУ EN 547-1-2001. Безопасность машин. Размеры человеческого тела. Часть 1. Принципы определения размеров отверстий для доступа к рабочим местам в машинах [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – К. : Держстандарт України, 2002. – 11 с.

78. ДСТУ ІЕС 61310-2001. Безопасность машин. Обозначения, маркировка и приведение в действие. Часть 1. Требования к визуальным, звуковым и тактильным сигналам [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – К. : Держстандарт України, 2002. – 22 с.

79. Картошкин, А. П. Экологическая опасность сброса отработанных смазочных материалов [Текст] / А. П. Картошкин, А. Н. Быкова // Новые топлива и присадки. Сб. тр. III междунар. науч.-техн. конф. СПб, 1-2 июля 2004 г. – СПб : Академия прикладных исследований. – 2004. – С. 269-271.

80. Шилова, Е. П. Опыт применения альтернативных видов топлива для автомобилей и сельскохозяйственных машин [Текст] / Е. П. Шилова. – М. : Типография ФГНУ, 2006. – 94 с.

81. Ополоник, Т. Н. Эффективность диагностирования тракторов [Текст] / Т. Н. Ополоник. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 124 с.

82. Состояние и перспективы развития исследований по повышению надежности машин и сооружений в СССР до 2000 года. Прогнозная записка [Текст] / Под ред. В. Т. Трощенко. – К.: Наукова думка, 1985. – 115 с.

83. Бельских, В. И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники [Текст] / В. И. Бельских. – М. : Россельхозиздат, 1980. – 576 с.

84. Половцев, С. В. Охрана атмосферного воздуха [Текст] / С. В. Половцев // Новые топлива и присадки. Сб. тр. III междунар. науч.-техн. конф. СПб, 1-2 июля 2004 г. – СПб : Академия прикладных исследований. – 2004. – С. 253-258.

85. Половцев, С. В. Берегись автомобиля [Текст] / С. В. Половцев // Новые топлива и присадки. Сб. тр. III междунар. науч.-техн. конф. СПб, 1-2 июля 2004 г. – СПб : Академия прикладных исследований. – 2004. – С. 259-261.

86. Шпак, В. С. Перспективы использования топливного этанола [Текст] / В. С. Шпак, О. И. Шаповалов, Д. М. Габибов, Ю. И. Кирташов, В.

В. Сердюк, Л. А. Ашкенази // Новые топлива и присадки. Сб. тр. III между-
нар. науч.-техн. конф. СПб, 1-2 июля 2004 г. – СПб : Академия прикладных
исследований. – 2004. – С. 32-45.

87. Кульчинский, А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных
двигателей [Текст] : учеб. пос. высшей школы / А. Р. Кульчинский. – 2-е
изд., испр. и доп. – М. : Академический проект, 2004. – 400 с.

88. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей [Текст] /
В. А. Марков, Р. М. Башкиров, И. И. Габитов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. :
Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 376 с.

Учебное издание

МИГАЛЬ
Василий Дмитриевич

**ТЕХНИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ
АВТОМОБИЛЕЙ**

Справочное пособие

В авторской редакции

Технический редактор *Щепкин А.В.*
Компьютерная верстка и дизайн обложки *Щепкин А.В.*

Підписано до друку 30.10.11. Формат 70х100/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 12,63. Наклад 300 прим. Зам. № 11-87.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 1002 від 31.07.2002 р.

Видання і друк ТОВ «Майдан»
61002, Харків, вул. Чернишевська, 59.
Тел.: (057) 700-37-30

