

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра управления автомобильными перевозками и дорожным движением
Кафедра общетехнических и специальных дисциплин

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности
«Организация дорожного движения»*

Гомель 2022

УДК 656.13.08(075.8)
ББК 39.33-08
Б40

А в т о р ы: С. В. Скирко́вский, Д. В. Капский, С. Л. Лапский, А. Д. Лукьянчук

Р е ц е н з е н т ы: кафедра тракторов, автомобилей и машин для природообустройства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (заведующий кафедрой – д-р техн. наук, профессор *А. Н. Карташевич*); советник генерального директора АО «Электронный паспорт» по вопросам развития бизнеса в государствах – членах ЕАЭС *А. Н. Шаранда*

Безопасность транспортных средств : учеб. пособие / С. В. Скирко́вский Б40 [и др.] ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 349 с.
ISBN 978-985-891-078-5

Рассмотрены конструктивные элементы транспортных средств и современные электронные системы, обеспечивающие активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность. Приведены требования основных отечественных и международных технических нормативно-правовых актов, регламентирующих конструктивную безопасность транспортных средств. Проанализировано влияние тяговой и тормозной динамики, управляемости, устойчивости, плавности хода и информативности автомобиля на обеспечение безопасности транспортных средств. Рассмотрена зависимость безопасности транспортных средств от технического состояния основных узлов и систем автомобиля.

Предназначено для студентов специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения», а также может быть полезно для студентов других специальностей и магистрантов.

УДК 656.13.08(075.8)
ББК 39.33-08

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	9
1.1 Нормативные документы по конструктивной безопасности автомобиля.....	9
1.2 Структура безопасности транспортных средств.....	13
2 АКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	16
2.1 Эксплуатационные свойства автомобилей.....	16
2.1.1 Основные эксплуатационные свойства автомобилей.....	16
2.1.2 Измерители и показатели эксплуатационных свойств автомобиля.....	18
2.2 Компонентные параметры автомобиля.....	20
2.2.1 Габаритные параметры автомобиля.....	20
2.2.2 Динамический коридор автомобиля при прямолинейном движении.....	22
2.2.3 Динамический коридор автомобиля на повороте.....	23
2.2.4 Массовые параметры автомобиля.....	25
2.3 Тяговая динамика автомобиля.....	27
2.3.1 Измерители и показатели тяговой динамики.....	27
2.3.2 Время и путь разгона автомобиля.....	28
2.3.3 Время и путь обгона с постоянной скоростью.....	32
2.3.4 Время и путь обгона с ускорением.....	35
2.3.5 Влияние технического состояния автомобиля на тяговую динамику.....	37
2.3.6 Пути повышения тяговой динамики автомобиля.....	38
2.4 Тормозная динамика автомобиля.....	40
2.4.1 Значение тормозной динамики для безопасности движения. Требования к тормозным системам.....	40
2.4.2 Силы, действующие на автомобиль при торможении.....	41
2.4.3 Процесс торможения автомобиля.....	43
2.4.4 Замедление, время и путь торможения автомобиля.....	47
2.4.5 Влияние технического состояния автомобиля на тормозную динамику.....	51
2.4.6 Пути повышения тормозной динамики автомобиля.....	52
2.5 Устойчивость автомобиля.....	58
2.5.1 Показатели устойчивости автомобиля.....	58
2.5.2 Курсовая устойчивость автомобиля.....	59
2.5.3 Устойчивость автомобиля при криволинейном движении.....	60
2.5.4 Устойчивость автомобиля при движении по косоугору.....	65
2.5.5 Продольная устойчивость автомобиля.....	66
2.6 Управляемость автомобиля.....	68
2.6.1 Значение управляемости автомобиля для безопасности движения.....	68
2.6.2 Стабилизация управляемых колес автомобиля.....	70
2.6.3 Установка управляемых колес автомобиля.....	72
2.7 Плавность хода автомобиля.....	74

2.7.1	Значение плавности хода для безопасности движения.....	74
2.7.2	Отрыв колес от дороги.....	75
2.7.3	Пути повышения плавности хода автомобиля.....	77
2.7.4	Влияние технического состояния автомобиля на его устойчивость, управляемость и плавность хода.....	77
2.8	Информативность автомобиля.....	79
2.8.1	Значение информативности автомобиля для безопасности движения... ..	79
2.8.2	Сигналы и их свойства.....	80
2.8.3	Внешняя визуальная информативность автомобиля.....	82
2.8.4	Внутренняя визуальная информативность автомобиля.....	119
2.8.5	Обзорность автомобиля.....	128
2.8.6	Звуковая, тактильная и кинестатическая информативность автомобиля... ..	134
2.8.7	Электронные системы информативности.....	136
2.9	Рабочее место водителя.....	148
2.9.1	Сиденье.....	148
2.9.2	Органы управления.....	155
2.9.3	Физико-химические условия на рабочем месте водителя.....	160
2.9.4	Системы вентиляции, отопления и кондиционирования.....	164
2.9.5	Система контроля состояния водителя.....	169
2.9.6	Персональные алкотестеры, встроенные в автомобиль.....	172
2.9.7	Датчик дождя и освещенности автомобиля.....	174
2.9.8	Темнеющие зеркала заднего вида.....	176
2.10	Автомобильные шины.....	178
2.10.1	Маркировка автомобильных шин.....	178
2.10.2	Влияние шин на эксплуатационные свойства автомобиля при движении по дорогам с твердым покрытием.....	183
2.10.3	Пути совершенствования автомобильных шин.....	185
2.11	Основные системы активной безопасности.....	190
2.11.1	Антиблокировочная система тормозов.....	190
2.11.2	Антипробуксовочная система.....	196
2.11.3	Система распределения тормозных усилий.....	200
2.11.4	Основная система курсовой устойчивости при движении.....	202
2.11.5	Дополнительные системы курсовой устойчивости ТС.....	207
2.12	Вспомогательные системы активной безопасности.....	212
2.12.1	Система экстренного торможения при движении.....	212
2.12.2	Система экстренного торможения после столкновения.....	215
2.12.3	Система торможения двигателем.....	216
2.12.4	Система подсушивания тормозов автомобиля.....	218
2.12.5	Система помощи движению по полосе.....	220
2.12.6	Система помощи при перестроении.....	223
2.12.7	Круиз-контроль автомобиля.....	226
2.12.8	Системы помощи при спуске и подъеме автомобиля.....	230
2.12.9	Система автоматического включения стояночного тормоза автомобиля... ..	233
2.12.10	Парковочные системы автомобиля.....	234
3	ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ.....	238
3.1	Показатели пассивной безопасности.....	238
3.2	Перегрузки, действующие на водителя и пассажиров при ДТП.....	239

3.3	Внутренняя пассивная безопасность.....	240
3.3.1	Уменьшение инерционных нагрузок.....	240
3.3.2	Ограничение перемещения людей в салоне автомобиля.....	252
3.3.3	Травмобезопасные элементы интерьера.....	264
3.4	Внешняя пассивная безопасность.....	269
3.4.1	Бамперы.....	269
3.4.2	Задние защитные устройства.....	273
3.4.3	Боковые защитные устройства.....	274
3.4.4	Системы защиты пешеходов.....	276
4	ПОСЛЕАВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ.....	280
4.1	Опасные явления, возникающие после ДТП.....	280
4.2	Требования к послеаварийной безопасности автомобиля.....	281
4.2.1	Пожарная безопасность автомобиля.....	281
4.2.2	Эвакопригодность автомобиля.....	284
4.2.3	Заполнение автомобиля водой.....	287
5	ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ.....	288
5.1	Влияние автомобиля на окружающую среду и человека.....	288
5.2	Токсичность выбросов автомобилей.....	290
5.3	Методы уменьшения загрязненности окружающей среды автомобильным транспортом.....	294
5.4	Электромобили.....	299
5.5	Автомобильный шум.....	306
5.6	Методы снижения уровня шума автомобилей.....	307
5.6.1	Снижение шума двигателя.....	307
5.6.2	Снижение шума трансмиссии и ходовой части автомобиля.....	311
5.7	Методы снижения транспортного шума.....	312
5.8	Электромагнитное излучение автомобиля.....	313
6	АВТОНОМНЫЕ (БЕСПИЛОТНЫЕ) ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА	315
6.1	Предпосылки к разработке беспилотных транспортных средств.....	315
6.2	Автомобиль видящий и коммуницирующий.....	318
6.3	Обзор основных разработок беспилотных автомобилей.....	323
6.4	Обоснования перехода на беспилотные технологии.....	342
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	346

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

- БДД – безопасность дорожного движения.
ВАД – водитель, автомобиль, дорога.
ДТП – дорожно-транспортное происшествие.
ТНПА – технические нормативно-правовые акты.
ЕЭК ООН – Европейская Экономическая Комиссия Организации Объединенных Наций.
ЕАЭС – Евразийский экономический союз.
ТО – техническое обслуживание.
НТД – нормативно-техническая документация.
ПДД – правила дорожного движения.
КПД – коэффициент полезного действия.
БУ – блок управления.
УКВ – ультракороткие волны.
ЭБУ – электронный блок управления.
ПДК – предельно-допустимая концентрация.
АБС – антиблокировочная система.
АПС – антипробуксовочная система.
ТС – транспортное средство.
АКПП – автоматическая коробка передач.
САРД – система автоматического регулирования дистанции.
БДС – бортовая диагностическая система.
ДВС – двигатель внутреннего сгорания.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт играет значительную роль в развитии экономики любой страны. Его основной задачей является обеспечение передвижения пассажиров как между отдельными городами, так и между странами, а также перемещение товаров от грузоотправителей к грузополучателям. Большая роль автомобильного транспорта на транспортном рынке страны обусловлена его следующими специфическими особенностями – преимуществами перед другими видами транспорта:

- высокая маневренность и подвижность, позволяющие быстро сосредоточить транспортные средства в необходимом количестве и в нужном месте;
- способность обеспечивать доставку «от двери до двери» без дополнительных перевалок и пересадок в пути следования;
- высокая скорость доставки и обеспечение сохранности грузов, особенно при перевозках на короткие расстояния;
- широкая сфера применения по видам грузов, системам сообщения и расстояниям перевозки;
- меньшие капиталовложения в строительство автодорог при малых потоках грузов и пассажиров [1].

Однако рост числа автомобилей, улучшение их эксплуатационных свойств, приводит к повышению скорости и интенсивности движения, увеличению плотности транспортных потоков, что отрицательно сказывается на уровне безопасности дорожного движения (БДД). Одной из самых серьёзных социально-экономических проблем автомобилизации остаётся безопасность движения. В дорожно-транспортных происшествиях в мире ежегодно погибают около 1 млн человек, примерно 25 млн человек получают различные травмы.

Кроме того, определенное влияние на безопасность движения оказывают недостаточные темпы развития сети магистральных автомобильных дорог. В результате этого усложняются условия дорожного движения, повышается аварийность, возрастает число столкновений транспортных средств и наездов на пешеходов, увеличиваются загрязненность воздуха и уровень шума. Таким образом, наряду с бесспорными преимуществами автомобилизации страны повышается вероятность человеческих и материальных потерь, связанных с авариями.

Безопасность дорожного движения зависит от многих причин. Для удобства изучения все факторы, оказывающие влияние на дорожное движение и его безопасность, условно делят на три взаимодействующих элемента: «водитель», «автомобиль», «дорога», которые составляют, так называемую, систему ВАД. Причем под дорогой в этом случае понимают не только собственно дорогу с ее обустройством (дорожное полотно, обочины, мосты и т. д.), но и всю окружающую обстановку (средства регулирования, другие транспортные средства, пешеходы, зеленые насаждения, близлежащие строения) и погодно-климатические условия движения (температура, влажность воздуха, ветер, осадки, натуральная (природная) освещенность и т. д.).

Комплексный подход к изучению безопасности дорожного движения не исключает, а наоборот, предполагает детальное изучение и совершенствование каждого элемента системы ВАД в отдельности. Неудовлетворительное функционирование хотя бы одного элемента, отсутствие четкой связи между ними, несоответствие одного элемента другому, даже частичное, приводит к утрате работоспособности (отказу) всей системы в целом. Отказ системы ВАД проявляется в снижении интенсивности движения, вплоть до полного его прекращения, и возникновении дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Из трех элементов системы ВАД наибольшей потенциальной опасностью обладает автомобиль. Созданный для передвижения с большой скоростью, автомобиль именно в силу своей подвижности, возможности быстро изменять положение на дороге относительно других объектов (как движущихся, так и неподвижных) представляет собой источник повышенной опасности.

Обеспечить БДД или безопасность комплекса ВАД – значит добиться минимально возможного числа ДТП и числа пострадавших в условиях автомобилизации: роста числа автомобилей и увеличения скоростей движения.

Конечной целью обеспечения безопасности комплекса ВАД является создание и эксплуатация высокоэффективных транспортных систем на основе рационального использования возможностей человека и технических средств с минимальным негативным воздействием последних [2].

1 ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

1.1 Нормативные документы по конструктивной безопасности автомобиля

Обеспечение безопасности дорожного движения невозможно без его четкой регламентации и последовательного выполнения учреждениями, предприятиями и организациями, а также всеми гражданами требований технических нормативных правовых актов (ТНПА). Каждая страна с высоким уровнем автомобилизации имеет свои законы и ТНПА, содержащие требования к конструкции транспортных средств и их техническому состоянию.

Ранее в этих актах основное внимание уделялось техническим неисправностям автомобиля, препятствующим его безопасной эксплуатации. Это имеет большое значение, так как в процессе эксплуатации автомобиля детали его изнашиваются, увеличиваются зазоры, нарушается регулировка узлов, ослабевают крепления деталей и агрегатов. Всё это может привести к выходу автомобиля из строя и к аварии. Поэтому в Правилах дорожного движения указываются технические неисправности, при наличии которых эксплуатация автомобиля считается недопустимой по соображениям безопасности.

Однако учет только одного технического состояния автомобилей оказался недостаточным. Подробный анализ ДТП показал, что в настоящее время большинство аварий происходит с технически исправными, часто даже новыми автомобилями, а тяжесть последствий ДТП определяется не столько техническим состоянием транспортного средства, сколько соответствием конструкции автомобилей сложным условиям дорожного движения. Стала очевидной необходимость определения совершенства конструкции автомобиля в плане его безопасности и разработка системы показателей для количественной ее оценки.

Развитие международных перевозок грузов и пассажиров, распространение международного туризма потребовали унификации Правил дорожного движения и норм безопасности. В 1958 году в рамках Комитета по внутреннему транспорту Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) в Женеве с участием СССР было подписано Соглашение о принятии единообразных технических предписаний для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть

установлены и (или) использованы на колесных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний (документ ЕЭК Е/ECE/324-Е/ECE TRANS 505).

В Соглашении участники обязались:

1) разрабатывать и принимать единые рекомендации, предусматривающие требования к тому или иному узлу или параметру транспортного средства, методику испытаний на соответствие этим требованиям, знак официального утверждения;

2) вводить данные рекомендации в качестве законоположений в своих странах, если это будет признано целесообразным. Любая из стран-участниц может, если имеет соответствующее оборудование, проводить испытания по рекомендуемым методикам, проверяя соответствие узла или параметра автомобиля требованиям, содержащимся в рекомендациях. В случае удовлетворительных результатов испытаний присваивать описанный в данной рекомендации знак официального утверждения транспортного средства в отношении этого требования;

3) на территории всех стран – участниц Соглашения признавать знак международного утверждения, присвоенный страной, проводившей испытания. Считать, что узел или параметр автомобиля, которому присвоен знак международного утверждения, отвечает требованию законодательства во всех странах-участницах, применивших рекомендацию, принятую ЕЭК ООН.

ЕЭК ООН в качестве приложений к Соглашению 1958 года приняла 40 Правил (сейчас их более 150), в которых содержатся конкретные требования к различным параметрам, системам, узлам, агрегатам и приборам автомобилей в отношении их безопасности. Сформулированы, например, требования к световым и сигнальным приборам (Правила ЕЭК ООН № 1–8, 19, 20, 23, 31, 37, 38, 48, 50, 53, 56, 57, 65, 72, 74, 76, 77, 82, 86, 87, 91, 104, 112, 113, 119, 128), к ремням безопасности и сидениям (Правила ЕЭК ООН № 14, 16, 17, 25, 80), к рулевому управлению (Правила ЕЭК ООН № 79), к тормозной системе (Правила ЕЭК ООН № 13, 78), к шинам (Правила ЕЭК ООН № 30, 54, 64, 75, 106, 108, 109, 117, 141, 142).

Согласно принятой ЕЭК ООН классификации, а также в соответствии с ГОСТ 31286–2005 «Транспорт дорожный. Основные термины и определения. Классификация» транспортные средства делятся на шесть категорий, обозначаемых соответственно индексами L, M, N, O, T, G.

Категория L – механические транспортные средства, имеющие менее четырех колес, и квадрициклы:

– L₁: двухколесный мопед – транспортное средство с рабочим объемом двигателя не более 50 см³ и максимальной скоростью, не превышающей 50 км/ч;

– L₂: трехколесный мопед – транспортное средство с любым расположением колес с рабочим объемом двигателя не более 50 см³ и максимальной скоростью, не превышающей 50 км/ч;

– L₃: мотоцикл – транспортное средство с рабочим объемом двигателя более 50 см³ и максимальной скоростью, превышающей 50 км/ч;

– L₄: мотоцикл с коляской – транспортное средство с тремя колесами, асимметричными по отношению к средней продольной плоскости, с рабочим объемом двигателя более 50 см³ и максимальной скоростью, превышающей 50 км/ч;

– L₅: трицикл – транспортное средство с тремя колесами, симметричными по отношению к средней продольной плоскости, с рабочим объемом двигателя более 50 см³ и максимальной скоростью, превышающей 50 км/ч;

– L₆: легкий квадрицикл – четырехколесное транспортное средство, ненагруженная масса которого не превышает 350 кг, с рабочим объемом двигателя не более 50 см³ и максимальной скоростью, не превышающей 50 км/ч;

– L₇: квадрицикл – четырехколесное транспортное средство, ненагруженная масса которого не превышает 400 кг и максимальная эффективная мощность двигателя не превышает 15 кВт.

Категория М – механические транспортные средства, имеющие не менее четырех колес и используемые для перевозки пассажиров:

– М₁: транспортные средства, имеющие кроме места водителя не более восьми мест для сидения;

– М₂: транспортные средства, имеющие кроме места водителя более восьми мест для сидения, максимальная масса которых не превышает 5 т;

– М₃: транспортные средства, имеющие кроме места водителя более восьми мест для сидения, максимальная масса которых превышает 5 т.

Категория N – механические транспортные средства, имеющие не менее четырех колес и предназначенные для перевозки грузов:

– N₁: транспортные средства, максимальная масса которых не превышает 3,5 т;

– N₂: транспортные средства, максимальная масса которых превышает 3,5 т, но не превышает 12 т;

– N₃: транспортные средства, максимальная масса которых превышает 12 т.

Категория O – прицепы (включая полуприцепы):

– O₁: прицепы, максимальная масса которых не превышает 0,75 т;

– O₂: прицепы, максимальная масса которых превышает 0,75 т, но не превышает 3,5 т;

– O₃: прицепы, максимальная масса которых превышает 3,5 т, но не превышает 10 т;

– O₄: прицепы, максимальная масса которых превышает 10 т.

Категория T – сельскохозяйственные и лесные тракторы.

Категория G – транспортные средства повышенной проходимости.

Разработанные предписания для каждой категории транспортных средств систематически перерабатываются, дополняются и уточняются. Упраздняются старые нормативы и вводятся новые, более жесткие требова-

ния. Разрабатываются специальные предписания по методам испытаний различных систем и устройств автомобилей, обеспечивающих повышение их безопасности.

Изменение требований Правил ЕЭК ООН к какому-либо параметру, системе или узлу автомобиля обозначаются порядковым номером поправки, которая включается в номер Правила в виде добавления двух цифр, заключенных в скобки. Например, Правила ЕЭК ООН № 13 с одиннадцатой поправкой обозначаются как Правила ЕЭК ООН № 13(11).

В рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) ключевым документом, определяющим требования к конструктивной безопасности транспортных средств, является Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств».

Данный технический регламент разработан в целях защиты жизни и здоровья человека, имущества, охраны окружающей среды и предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей, устанавливает требования к колесным транспортным средствам, независимо от места их изготовления, при их выпуске в обращение и нахождении в эксплуатации на единой территории ЕАЭС.

Технический регламент разработан на основании Соглашения о единых принципах и правилах технического регулирования в Республике Беларусь, Республике Казахстан и Российской Федерации (государства – члены Таможенного союза) от 18 ноября 2010 года, на данный момент ТР ТС 018/2011 действует в рамках ЕАЭС (государства-члены: Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика и Российская Федерация).

Техническое регулирование в отношении колесных транспортных средств осуществляется в целях обеспечения социально приемлемого уровня их безопасности, а также выполнения государствами – членами Таможенного союза своих обязательств, вытекающих из участия в международных соглашениях в сфере безопасности колесных транспортных средств.

Требования технического регламента гармонизированы с требованиями Правил ЕЭК ООН).

Согласно принятой ЕЭК ООН классификации, а также в соответствии с приложением № 1 к ТР ТС 018/2011 транспортные средства делятся на шесть категорий, обозначаемых соответственно индексами L, M, N, O, T, G.

Необходимо отметить, что буква G для обозначения категории транспортных средств отдельно не применяется. Обозначение категорий M и N может быть дополнено обозначением G. Например, M₁G.

В соответствии с нормами ТР ТС 018/2011 все транспортные средства независимо от категорий, а также и их компоненты, изготавливаемые или ввозимые на таможенную территорию ЕАЭС, должны пройти процедуру оценки соответствия требованиям ТР ТС 018/2011.

Документами, удостоверяющими соответствие требованиям настоящего технического регламента при выпуске в обращение, являются:

- для транспортных средств, оценка которых проводилась в форме одобрения типа, – одобрение типа транспортного средства;
- для шасси – одобрение типа шасси;
- для единичных транспортных средств – свидетельство о безопасности конструкции транспортного средства;
- для компонентов транспортных средств – декларация о соответствии или сертификат соответствия.

При этом процедура оценки соответствия может быть проведена в органах по сертификации или аккредитованных лабораториях любого государства – члена ЕАЭС, а документы, которые оформлены по результатам оценки продукции, проведенной в порядке, установленном ТР ТС 018/2011 в одном из государств – членов ЕАЭС, действуют в всех государствах – членах ЕАЭС.

1.2 Структура безопасности транспортных средств

Конструктивная безопасность автомобиля является сложным его свойством. Структура безопасности транспортных средств представляет следующие аспекты: *активная, пассивная, послеаварийная и экологическая безопасность*.

Активная безопасность автомобиля – свойство конструкции автомобиля предотвращать ДТП или снижать вероятность его возникновения. Активная безопасность проявляется в период, соответствующий начальной фазе ДТП, когда водитель в состоянии изменить характер движения автомобиля.

На активную безопасность ТС оказывают влияние следующие факторы:

- компоновочные параметры автомобиля (габаритные и весовые);
- эксплуатационные свойства;
- рабочее место водителя;
- автомобильные шины.

Активная безопасность обеспечивается несколькими эксплуатационными свойствами, позволяющими водителю уверенно управлять автомобилем, разгоняться и тормозить с необходимой интенсивностью, совершать маневры, которых требует дорожная обстановка, без значительных затрат физических сил. Основные из этих свойств: тяговые, тормозные, устойчивость, управляемость, проходимость, плавность хода. Совокупность тяговых и тормозных свойств называют динамическими свойствами, или динамичностью.

Пассивная безопасность автомобиля – свойство конструкции автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП. Пассивная безопасность прояв-

ляется в период, соответствующий кульминационной фазе происшествия, когда водитель, несмотря на принятые меры, не может изменить характер движения автомобиля и предотвратить ДТП.

Различают внутреннюю пассивную безопасность, снижающую травматизм пассажиров и водителя, обеспечивающую сохранность груза и внешнюю пассивную безопасность, которая уменьшает вероятность нанесения вреда другим участникам движения. Уровень пассивной безопасности автомобиля можно характеризовать ударно-прочностными свойствами и возгораемостью (внутренняя ПБ), а безопасность элементов обустройства дорог (внешняя ПБ) – ударно-прочностными свойствами. Эффективность ПБ во многом зависит от наличия удерживающих средств: специальных и квазизащитных.

Специальные – средства, установленные для повышения эффективности связи водителя, пассажира или груза с автомобилем (ремни безопасности, пневматические защитные устройства, экраны или спецкрепления для защиты от перемещений при ударе груза).

Квазизащитные – это средства, основное функциональное назначение которых не связано с обеспечением ПБ. Они размещены в зоне возможного удара человека (элементы управления и интерьера) и в зонах возможного перемещения грузов (задняя стенка кабины, элементы крепления сиденья).

Послеаварийная безопасность автомобиля – свойство конструкции автомобиля уменьшать тяжесть последствий дорожно-транспортного происшествия после его остановки (конечная фаза ДТП). Это свойство характеризуется возможностью быстро ликвидировать последствия происшествия и предотвращать возникновение новых аварийных ситуаций. Такими аварийными ситуациями, которые могут возникнуть в результате ДТП, являются: пожар, заклинивание дверей, заполнение салона автомобиля водой, если он попал в водоем.

К послеаварийной безопасности относятся:

– *пожаробезопасность* – показатель, характеризующий величину, обратную вероятности риска причинения вреда при возгорании автомобиля. Показатель определяется как конструкцией автомобиля, так и наличием средств пожаротушения;

– *герметичность* – показатель, характеризующий величину, обратную вероятности риска проникновения воды в салон, кабину, фургон при погружении автомобиля в воду или затоплении;

– *эвакопригодность* – показатель, характеризующий возможность быстрой эвакуации пострадавших и оказания первичной медицинской помощи. Показатель определяется как конструкцией замков, дверей, так и наличием запасных выходов, аварийной сигнализации, медицинской аптечки.

Экологическая безопасность автомобиля – свойство конструкции автомобиля, позволяющее уменьшать вред, наносимый человеку и окружающей

среде в процессе его эксплуатации. Основной вред, наносимый автомобилем – это загрязнение атмосферы вредными веществами, находящимися в отработавших газах, а также значительный уровень шума, возникающий при его работе.

Таким образом, экологическая безопасность, проявляющаяся во время повседневной работы автомобиля, коренным образом отличается от перечисленных выше трех видов безопасности, которые проявляются лишь при дорожно-транспортном происшествии.

Экологическая безопасность автомобиля, как и любой другой промышленной продукции, в соответствии с международными и национальными требованиями, должна оцениваться в течение всего жизненного цикла. Данный подход принят как наиболее адекватный для оценки эффективности конструкционных, технологических и эксплуатационных мероприятий и реализуется практически на всех автомобильных фирмах мира.

Все описанные виды безопасности мы будем рассматривать отдельно только для удобства их изучения. В действительности же они связаны между собой, влияют один на другой, и не всегда можно провести четкую границу между отдельными видами безопасности. Так, хорошая тормозная система, позволяющая остановить автомобиль на коротком расстоянии, повышает вероятность предотвращения ДТП, улучшая активную безопасность автомобиля. Кроме этого, чем эффективнее тормозная система, тем большее замедление автомобиля она позволит получить на том же расстоянии. Поэтому, если водителю даже не удастся предотвратить наезд или столкновение, то тяжесть последствий от этого будет значительно меньше, т. е. повысится пассивная безопасность. Замки автомобильных дверей должны выдерживать большие нагрузки, не открываясь, чтобы предотвратить выпадение людей при ДТП (пассивная безопасность). В то же время они не должны заклиниваться и препятствовать эвакуации пострадавших из автомобиля (послеаварийная безопасность).

Взаимосвязь различных видов безопасности и противоречивость требований, предъявляемых к конструкции автомобиля, вынуждают при его проектировании принимать компромиссные решения. При этом неизбежно ухудшаются одни свойства, менее существенные для данного типа автомобиля, и улучшаются другие, имеющие большее значение.

2 АКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

2.1 Эксплуатационные свойства автомобилей

2.1.1 Основные эксплуатационные свойства автомобилей

Эксплуатационные свойства автомобиля характеризуют возможность его эффективного использования в определенных условиях и позволяют оценить, в какой мере конструкция автомобиля соответствует требованиям эксплуатации.

К основным эксплуатационным свойствам автомобиля, определяющим активную безопасность, относятся динамичность, топливная экономичность, управляемость, устойчивость, проходимость, плавность хода, информативность.

Под **динамичностью** автомобиля понимают его свойство перевозить грузы и пассажиров с максимально возможной скоростью (средней) при заданных дорожных условиях. Чем лучше динамика автомобиля, тем меньше время, затрачиваемое на перевозку, следовательно, тем больше производительность автомобиля, т. е. тем большее количество грузов или число пассажиров, перевезенное на определенное расстояние в единицу времени.

Динамика автомобиля зависит как от тяговых, так и от тормозных свойств, т. к. чем выше скорость автомобиля, тем лучше должны быть тормозные свойства. Поэтому в дальнейшем динамика автомобиля будет изучаться в двух аспектах: тяговая динамика и тормозная динамика.

Топливной экономичностью автомобиля называется его свойство рационально использовать для движения энергию сжигаемого топлива. Топливная экономичность является весьма важным эксплуатационным свойством, т. к. затраты на топливо составляют значительную часть общей себестоимости перевозок. Чем меньше расход топлива, тем дешевле эксплуатация автомобиля.

Управляемость – свойство автомобиля двигаться в направлении, заданном водителем.

Устойчивость – свойство автомобиля противостоять заносу (боковому скольжению) и опрокидыванию.

Проходимость – свойство автомобиля работать в тяжелых дорожных условиях и вне дорог (снежная целина, песок, размокший грунт, болотистая

местность). Проходимость имеет важное значение для автомобилей, работающих в сельском хозяйстве, лесной промышленности, на строительстве и других автомобилях, которые работают главным образом в условиях бездорожья.

Плавностью хода автомобиля называют его свойство двигаться с высокой скоростью по неровным дорогам без больших колебаний кузова. От плавности хода в большой степени зависят средняя скорость движения, сохранность грузов при перевозке и комфортабельность езды в автомобиле, влияющая на утомляемость водителя и пассажиров.

Информативность – это свойство автомобиля обеспечивать участников движения информацией, необходимой для динамического функционирования системы ВАД.

Надежность водителя как оператора системы ВАД зависит от его способности воспринимать и перерабатывать поступающую информацию. Прием и передача информации осуществляются через органы чувств: зрение, слух, суставно-мышечное, вестибулярное и тактильное чувства, обоняние, а также висцеральный анализатор, от которого кора головного мозга получает информацию со стороны внутренних органов. Однако в определенных условиях он не успевает переработать необходимую ему информацию, пропускает ее или принимает решение слишком поздно, в результате чего возникает дорожно-транспортное происшествие. Такой же результат возможен, когда в поле зрения водителя отсутствует достаточное количество информации, требуемой по условиям сложившейся дорожно-транспортной ситуации.

Кроме того, безопасность автомобилей также зависит от их надежности. Надежность – это комплексное свойство автомобиля выполнять транспортную работу, сохраняя во времени или по пробегу технико-эксплуатационные показатели в требуемых пределах, соответствующих заданным режимам, условиям использования, ТО и ремонта, хранения. Составляющие надежности [22]:

– *работоспособность* – состояние автомобиля, при котором он может выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации;

– *исправность* – это состояние автомобиля, при котором он соответствует всем техническим требованиям, установленным нормативно-технической документацией (НТД).

– *безотказность* – свойство автомобиля сохранять работоспособность без вынужденных перерывов в течение определенного времени;

– *ремонтпригодность* – приспособленность автомобиля к предупреждению и устранению отказов и неисправностей путем ТО и ремонта;

– *сохраняемость* – свойство автомобиля сохранять эксплуатационно-технические показатели в течение определенного времени хранения, транспортировки, эксплуатации;

– *долговечность* – свойство автомобиля сохранять работоспособность до предельного состояния с учетом перерывов на ТО и ремонт.

Надежность, прежде всего, зависит от технического уровня заводов – изготовителей автомобилей, запасных частей, материалов. Надежность – категория не только техническая, но и экономическая, учитывающая последствия отказов и неисправностей.

2.1.2 Измерители и показатели эксплуатационных свойств автомобиля

Конструктивная сложность автомобиля и многообразие требований, предъявляемых к нему, не позволяют оценить его эксплуатационные свойства одним универсальным критерием. Поэтому соответствие конструкции автомобиля условиям его работы и эффективность использования автомобиля в конкретной обстановке оценивают всем комплексом эксплуатационных свойств, что позволяет выявить преимущества и недостатки принятых конструктивных решений.

Эксплуатационные свойства автомобиля рассматриваются обычно изолированно друг от друга, однако это делается лишь для простоты их изучения. В действительности все эксплуатационные свойства тесно связаны между собой и изменение конструктивных параметров автомобиля, принятое для изменения одного из свойств, неизбежно отражается на остальных. Например, для улучшения устойчивости автомобиля конструкторы стремятся расположить центр тяжести как можно ниже, но при этом ухудшается проходимость автомобиля. Скорость движения автомобиля зависит, прежде всего, от его динамики, однако на скользких дорогах максимальная скорость ограничивается требованиями сохранения устойчивости, а на неровных дорогах – плавностью хода. Увеличение средней скорости движения автомобиля, имеющее решающее значение для повышения его производительности, связано обычно с повышением расхода топлива.

Взаимосвязь эксплуатационных свойств и противоречивость требований, предъявляемых к конструкции автомобиля, приводят к необходимости отыскивать компромиссные решения. При этом неизбежно ограничение одних свойств, менее существенных для данного типа автомобиля, и повышение за их счет других, имеющих большую значимость.

Для оценки отдельных эксплуатационных свойств служит *система измерителей и показателей*.

Измеритель – это параметр, характеризующий эксплуатационное свойство автомобиля с качественной стороны. Например, измерителем продольной устойчивости автомобиля является угол подъема дороги, который он преодолевает без буксования ведущих колес. Иногда для полной оценки эксплуатационного свойства необходимо несколько измерителей. Так, измерителями тормозной динамики автомобиля являются замедление, путь и время торможения.

Показатель – это число, характеризующее величину измерителя, его количественное значение. Показатель позволяет оценить эксплуатационное свойство автомобиля при определенных условиях работы. Обычно показатель используют для установления граничных возможностей автомобиля в конкретных условиях эксплуатации. Так, одним из показателей тяговой динамики автомобиля является максимальная скорость, развиваемая им на горизонтальном участке дороги с ровным покрытием.

Показатели эксплуатационных свойств определяют экспериментальным путем или расчетным способом. В экспериментальных условиях автомобиль испытывают на стендах или непосредственно на дороге и при помощи специальной аппаратуры измеряют отдельные параметры, по которым количественно оценивают эксплуатационные свойства автомобиля. Эксперименты позволяют определить поведение автомобиля в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Однако проведение экспериментов требует значительных материальных затрат и длительной подготовки. Кроме того, экспериментом не всегда удается охватить весь диапазон эксплуатационных условий работы автомобиля. Поэтому испытания автомобиля сочетают с теоретическим анализом эксплуатационных свойств и расчетом их показателей. Недостатком расчетного метода является его приближенность.

В процессе изучения причин аварийности и поисков путей ее уменьшения стала очевидной необходимость комплексного изучения всех факторов, влияющих на безопасность автомобилей. С этой целью было введено понятие о конструктивной безопасности автомобиля как об особом его эксплуатационном свойстве. Такое понятие дает возможность всесторонне изучить преимущества и недостатки принятых конструктивно-технологических решений. Конструктивная безопасность является одним из обобщающих свойств автомобиля. Для количественной ее оценки применяют как показатели других эксплуатационных свойств (минимальный тормозной путь, максимальное замедление, критические скорости по условиям заноса и опрокидывания и т. п.), так и новые показатели, специфические только для отдельных аспектов безопасности.

Отличительной чертой конструктивной безопасности автомобиля, по сравнению с другими эксплуатационными свойствами, является необходимость сохранения всех ее показателей на допустимом уровне в течение всего срока службы автомобиля. Так, можно примириться с некоторым ухудшением топливной экономичности автомобиля в процессе его эксплуатации, но этого нельзя делать в отношении безопасности. Автомобиль должен быть безопасным в любое время, при любой погоде, в любых дорожных ситуациях.

2.2 Компонентные параметры автомобиля

В целях обеспечения безопасности дорожного движения все транспортные средства, допускаемые к эксплуатации на дорогах общего пользования, должны удовлетворять требованиям, ограничивающим их габаритные размеры и массу. Такие требования во всех странах устанавливаются в законодательном порядке. В Республике Беларусь они установлены Правилами дорожного движения, утвержденными Указом Президента Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 551 «О мерах по повышению безопасности дорожного движения» (ПДД), Указом Президента Республики Беларусь от 19 июня 2019 г. № 239 «О проезде тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств», а на стадии проектирования – государственным стандартом СТБ 1878-2008 «Транспорт дорожный. Массы, нагрузки на оси, габариты».

2.2.1 Габаритные параметры автомобиля

Геометрические параметры автомобиля (габаритные длина L_a и ширина B_a , колесная база L , колея B , радиус поворота R , передний свес C), приведенные на рисунке 2.1, имеют большое значение для формирования транспортного потока по ширине и длине, а также для его безопасности.

Сначала дадим определение каждому из перечисленных параметров для того, чтобы были понятны дальнейшие рассуждения:

L_a – габаритная длина – расстояние между крайними передней и задней точками автомобиля;

L – колесная база – расстояние между передней и задней осями автомобиля;

C – передний свес – расстояние между передней осью и крайней передней точкой автомобиля;

B_a – габаритная ширина – расстояние между крайними боковыми точками автомобиля;

B – колея – расстояние между серединами колес одной оси.

При отсутствии увода и скольжения вектор скорости v_2 середины задней оси автомобиля параллелен плоскости задних колес, соответственно, вектор скорости v_1 середины передней оси при повороте управляемых колес параллелен их плоскости. Для определения мгновенного центра поворота автомобиля необходимо восстановить перпендикуляры к векторам скоростей v_1 и v_2 . Точка их пересечения и будет являться мгновенным центром поворота O .

Расстояние от центра поворота O до середины заднего моста называется радиусом поворота автомобиля R . Расстояние от центра поворота до наиболее удаленной от него точки автомобиля (обычно это левый или правый край переднего крыла или бампера) называется наружным габаритным радиусом автомобиля R_n .

Габаритная высота H_a имеет значение при проезде автомобилей в тоннелях, под путепроводами и проводами контактной сети. Кроме того, чрезмерно высокие транспортные средства (полуприцепы-панелевозы, автомобили-фургоны, полуприцепы-контейнеровозы) с высоко расположенным центром тяжести испытывают значительные угловые колебания в поперечной плоскости. При движении по неровной дороге они могут верхним углом задеть столб или осветительную мачту.

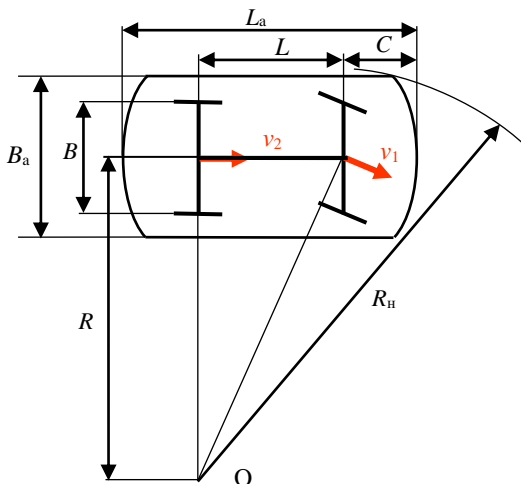


Рисунок 2.1 – Основные геометрические параметры автомобиля

Максимально допустимые значения геометрических параметров транспортных средств приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Максимально разрешенные габариты транспортных средств

Габариты транспортного средства с грузом или без груза	Допустимая величина габарита, м
Длина:	
- грузового автомобиля	12
- автобуса	12
- автобуса (с числом осей более двух)	15
- сочлененного автобуса	18
- автопоезда, седельного автопоезда	20
Ширина:	
- транспортного средства с изотермическим кузовом	2,6
- автомобиля с односкатной ошиновкой	2,7
- других транспортных средств	2,55
Высота	4
Выступ груза	2

С учетом большого влияния геометрических параметров транспортных средств на безопасность движения их значения закреплены СТБ 1878–2008.

2.2.2 Динамический коридор автомобиля при прямолинейном движении

При движении автомобиль подвергается воздействию различных случайных возмущений, которые стремятся изменить заданный режим и направление движения. К таким возмущениям относятся удары колес о неровности покрытия дороги, изменение ее поперечного уклона, боковой ветер, случайный поворот управляемых колес и т. п. В результате этих возмущений автомобиль постоянно отклоняется от принятого направления движения, и водитель вынужден поворачивать рулевое колесо, возвращая автомобиль в исходное положение. Вследствие этого даже на строго прямых участках дороги автомобиль движется не прямолинейно, а по кривым больших радиусов. При этом значительную часть времени он находится под углом к оси дороги, и размер полосы, необходимой для его движения, так называемый динамический коридор B_k , превышает его габаритную ширину.

Ширина динамического коридора зависит от габаритных размеров автомобиля и скорости его движения. Рассмотрим случай, когда передние колеса автомобиля повернулись на некоторый угол в результате случайного возмущения (рисунок 2.2, положение I).

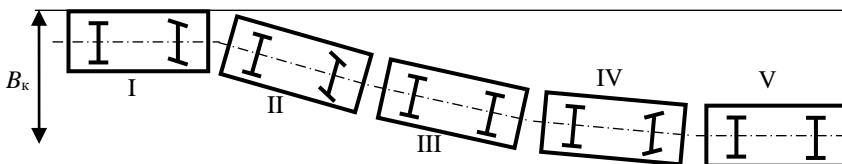


Рисунок 2.2 – Динамический коридор автомобиля при прямолинейном движении

За время реакции водителя автомобиль, двигаясь криволинейно, переместится в положение II. Затем водитель, вращая рулевое колесо, сначала возвращает управляемые колеса в нейтральное положение (положение III), а после этого, повернув их в обратном направлении (положение IV), устанавливает автомобиль параллельно прежнему направлению движения (положение V). Естественно, что чем выше скорость автомобиля, тем большее расстояние он пройдет, находясь под углом к оси дороги, тем шире динамический коридор.

Строительные нормы на проектирование дорог предусматривают для дорог с интенсивностью движения свыше 3000 автомобилей в сутки ширину полосы движения 3,75 м, а для дорог с меньшей интенсивностью – 3,0–3,5 м. Эти размеры не всегда обеспечивают безопасный разезд автомобилей, поэтому водитель, чтобы избежать столкновения, вынужден снижать ско-

рость. Чем меньше ширина полосы движения на дороге и чем больше габаритные размеры автомобиля, тем более жесткие требования предъявляются к водителю, тем больше его нервное напряжение при управлении автомобилем.

В технической литературе приводятся эмпирические выражения для определения ширины динамического коридора B_k в зависимости от габаритной ширины автомобиля и скорости его движения. Одно из таких выражений имеет следующий вид:

$$B_k = 0,054v_a + B_a + 0,3,$$

где v_a – скорость автомобиля, м/с;

B_a – габаритная ширина автомобиля, м.

Для автопоездов ширина динамического коридора с увеличением скорости возрастает быстрее, чем для одиночного автомобиля. Это происходит вследствие угловых колебаний прицепов и полуприцепов в горизонтальной плоскости, так называемого виляния. При определенной скорости размахи прицепов становятся настолько большими, что водитель не может устранить их поворотом рулевого колеса, и вынужден снижать скорость.

2.2.3 Динамический коридор автомобиля на повороте

Еще более заметно влияние геометрических параметров на безопасность движения при криволинейном движении автомобиля.

Рассмотрим движение одиночного автомобиля на повороте (рисунок 2.3).

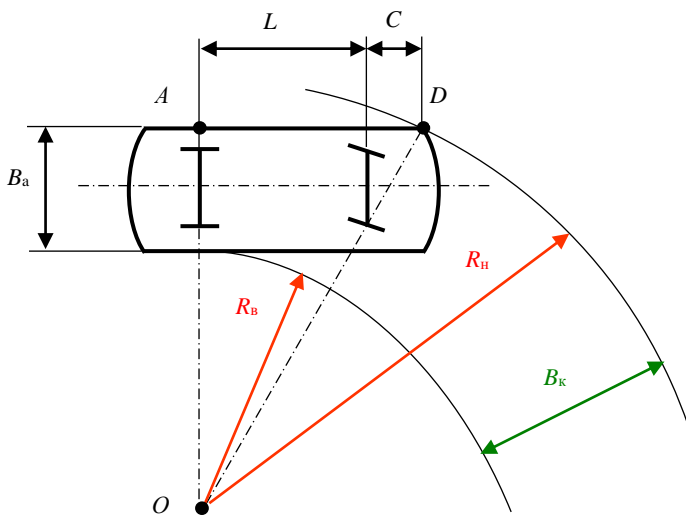


Рисунок 2.3 – Динамический коридор автомобиля при криволинейном движении

Из рисунка 2.3 видно, что ширина динамического коридора при движении одиночного автомобиля на повороте определится как разность наружного R_n и внутреннего R_b габаритных радиусов поворота:

$$B_k = R_n - R_b.$$

При заданном наружном габаритном радиусе R_n внутренний габаритный радиус определится из прямоугольного треугольника OAD :

$$AO = \sqrt{OD^2 - AD^2} = \sqrt{R_n^2 - (L + C)^2},$$

$$R_b = AO - B_a = \sqrt{R_n^2 - (L + C)^2} - B_a,$$

$$B_k = R_n - \sqrt{R_n^2 - (L + C)^2} + B_a,$$

где B_a – габаритная ширина автомобиля, м;

L – колесная база автомобиля, м;

C – передний свес, м.

Согласно полученному выражению при малых значениях базы и переднего свеса ширина динамического коридора незначительно отличается от габаритной ширины автомобиля, т. е. $B_k \approx B_a$. При $L + C \approx R_n$ величина B_k может значительно превышать B_a , что вынуждает строителей расширять полосы движения на криволинейных участках дорог.

Динамический коридор автомобиля с прицепом на повороте

$$B_k = R_b - \sqrt{R_n^2 - (L + C)^2} + B_a + C_k.$$

Величина сдвига заднего моста прицепа C_k зависит от числа прицепов, их базы и длины сцепного устройства. При движении автопоезда по дуге минимального радиуса величина сдвига для первого прицепа составляет 0,7–1,0 м, для второго – 1,4–2,0 м. Ширина динамического коридора автопоезда значительно больше, чем у одиночного автомобиля с той же габаритной шириной. Так, для грузового автомобиля с прицепом при $R_n = 6$ м и $C_k = 1$ м максимальная ширина динамического коридора может достигать 6 м, что более чем вдвое превосходит габаритную ширину тягача.

При значительной длине седельного автопоезда для улучшения маневренности и уменьшения ширины динамического коридора задние колеса полуприцепа выполняют управляемыми. В этом случае каждое из колес осей полуприцепа поворачивается вокруг своего шкворня на соответствующий угол с помощью системы рулевых тяг (сочлененный автобус или троллейбус, панелевозы, контейнеровозы и др.).

2.2.4 Массовые параметры автомобиля

Масса транспортного средства имеет косвенное влияние на безопасность движения. Она сказывается в основном на сроках службы дорожного покрытия. Многократное динамическое воздействие транспортных средств на дорогу приводит к накоплению пластических деформаций в дорожной одежде, нарушению внутренних связей между ее слоями и, как следствие, к разрушению дорожного полотна. Покрытие, имеющее достаточный запас прочности, при расчете на однократное воздействие нагрузки, разрушается при многократном ее приложении. Чем больше масса транспортного средства, тем больше динамические нагрузки на дорогу, тем меньше срок службы дорожного покрытия.

Несмотря на очевидные преимущества использования транспортных средств большой грузоподъемности, для сохранения дорожного покрытия СТБ 1878–2008 введены максимальные разрешенные общие массы транспортных средств (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Максимальные разрешенные общие массы транспортных средств
В тоннах

Транспортное средство	Общая масса, т		
	Несущая способность дорожной одежды, кН / ось		
	115	100	60
<i>Грузовой автомобиль, седельный тягач</i>			
Двухосный	20	18	12
Трехосный	25	24	16
Трехосный, с ведущей осью, имеющей две пары колес, которые оборудованы пневматической подвеской, или если каждая ось снабжена двойными шинами	26	25	16,5
Четырехосный	35	32	23
С пятью и более осями	41	38	28,5
<i>Седельный автопоезд</i>			
Двухосный тягач с одноосным полуприцепом	32	28	18
Двухосный тягач с двухосным полуприцепом при расстоянии между осями полуприцепа до 1,8 м включительно	38	36	24
Двухосный тягач с двухосным полуприцепом при расстоянии между осями полуприцепа от 1,8 до 2,5 м включительно	40	38	28,5
Двухосный тягач с трехосным полуприцепом	40	38/40*	28,5
Трехосный тягач с двух- или трехосным полуприцепом	42	40	28,5

Окончание таблицы 2.2

Транспортное средство	Общая масса т		
	Несущая способность дорожной одежды, кН / ось		
	115	100	115
Трехосный тягач с двух- или трехосным полуприцепом 40-футовым ISO-контейнером, используемым для смешанных перевозок	44	(40/44*)**	28,5
Трехосный тягач с одноосным полуприцепом	36	35	24
Другие седельные автопоезда	41	38	28,5
<i>Автопоезд</i>			
Двухосный автомобиль-тягач, трактор с одноосным прицепом	32	28	18
Двухосный автомобиль-тягач, трактор с двухосным прицепом	40	36	24
Трехосный автомобиль-тягач с одноосным прицепом	36	34	22
Трехосный автомобиль-тягач с двухосным прицепом	42	40/42*	28,5
Трехосный автомобиль-тягач с трехосным или четырехосным прицепом	44/47*	40/44*	28,5
Другие автопоезда	42	38	28,5
<i>Автобус</i>			
Двухосный	21	18	18
Трех-, четырехосный	28	24,5/26*	24
Трех-, четырехосный сочлененный	32	28	26
* Для задней пневмоподвески тягача, автобуса прицепа и полуприцепа. ** Только для трехосного тягача с трехосным прицепом.			

Еще одним массовым параметром автомобиля является осевая нагрузка (нагрузка на ось), то есть усилие, передаваемое через ось (оси) транспортным средством или его частью на горизонтальную плоскость контакта с дорогой в статическом состоянии, которая соответствует несущей способности дорожной одежды.

Максимальные разрешенные осевые нагрузки транспортного средства для дорог в зависимости от несущей способности (прочности) дорожных одежд, установленные СТБ 1878–2008, приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Максимальные разрешенные осевые нагрузки транспортных средств

Типы осей транспортных средств	Несущая способность дорожной одежды, кН на ось					
	115	100	60	115	100	60
	Тип колес					
	двухскатные			односкатные		
<i>Одиночные оси</i>						
Ведущие	115	100	60	105	90	55
Не ведущие	100	100	60	90	80	55
<i>Смежные оси грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей, прицепов или полуприцепов, с количеством осей более трех</i>						
Расстояние между осями, м:						
до 1,0	57	55	40	52	50	36
от 1,0 до 1,3 включ.	70	65	45	65	60	40
» 1,3 » 1,8 »	80	75	50	75	70	45
» 1,8 » 2,5	95	85	55	90	80	50
<i>Сдвоенные оси грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей, прицепов или полуприцепов</i>						
Расстояние между осями, м:						
до 1,0	12,5	11	9	11,5	10	8
от 1,0 до 1,3 включ	16	14	10	14	13	9
» 1,3 » 1,8	18/19*	16/17* (18/19*)**	11	17/18*	15/16*	10
» 1,8 и более	20	18/20*	11	18	17/18	10,5
<i>Строенные оси грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей, прицепов или полуприцепов</i>						
Расстояние между осями, м:						
до 1,3	21	19,5	13,5	20	18,3	12
от 1,3 до 1,8 включ.	24	22,5	15	24	21/22,5*	13,5
» 1,8 и более	26	23	16,5	25	22	15
* Для пневматической подвески.						
** Для грузового автомобиля, автомобиля-тягача, седельного тягача.						

2.3 Тяговая динамика автомобиля

2.3.1 Измерители и показатели тяговой динамики

Тяговая динамика автомобиля имеет важнейшее значение для повышения его производительности и снижения затрат на перевозки. Чем более динамичен автомобиль, тем быстрее он перевозит пассажиров и грузы, тем выше его средняя скорость. Условия движения автомобиля непрерывно ме-

няются, что приводит к изменению его скорости. Для обеспечения безопасности необходимо, чтобы скорость движения в любой момент времени соответствовала дорожным условиям и психофизиологическим возможностям водителя.

Во время дорожного движения происходят события, нарушающие это соответствие и влекущие за собой отрицательные последствия. Тяжесть этих последствий, как правило, возрастает с увеличением скорости. Таким образом, для дорожного движения характерно наличие двух тенденций. С одной стороны, желательно увеличить скорость транспортного потока, так как это сокращает время доставки грузов и пассажиров, повышает производительность подвижного состава, с другой стороны – с ростом скорости движения увеличивается вероятность возникновения ДТП и тяжесть их последствий. Поэтому повышение скорости автомобилей возможно лишь при одновременном обеспечении безопасности их движения.

Показателями тяговой динамики автомобиля являются максимальные скорость и ускорение, минимальные время и путь разгона.

Повышение этих показателей должно сопровождаться повышением конструктивной безопасности автомобиля, улучшением дорожных условий и организации движения.

При определении показателей тяговой динамики считают, что возможности автомобиля ограничены лишь мощностью двигателя, работающего с полной нагрузкой, и сцеплением ведущих колес с дорогой. В связи с этим будет рассматриваться лишь прямолинейное движение автомобиля, а особенности криволинейного движения изучаются в разделах, посвященных устойчивости и управляемости автомобиля.

2.3.2 Время и путь разгона автомобиля

Ускорение автомобиля можно определить по следующей формуле:

$$j = \frac{dv}{dt}, \quad \text{отсюда} \quad dt = \frac{1}{j} dv.$$

Тогда время разгона в интервале скорости от v_1 до v_2

$$t = \frac{1}{j} \cdot \int_{v_1}^{v_2} dv.$$

Ввиду отсутствия аналитической связи между ускорением j и скоростью автомобиля v время разгона определяют графоаналитическим методом. Для этого строим график ускорений автомобиля на всех передачах переднего хода.

График ускорений автомобиля с 4-ступенчатой коробкой передач представлен на рисунке 2.4.

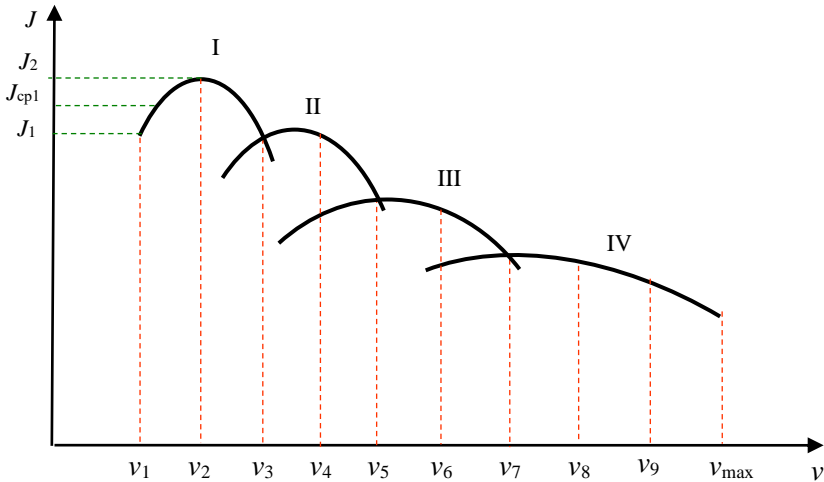


Рисунок 2.4 – График ускорений автомобиля

Кривую ускорений разбивают на ряд интервалов скорости, считая, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным средним ускорением.

Среднее ускорение в интервале скорости от v_1 до v_2 определится как

$$j_{cp1} = 0,5(j_1 + j_2).$$

Среднее ускорение можно также рассчитать, зная значения скорости в начале и в конце интервала. Например, при разгоне от скорости v_1 до скорости v_2 среднее ускорение

$$j_{cp1} = \frac{v_2 - v_1}{t_1} = \frac{\Delta v_1}{t_1}.$$

Из последнего выражения определяем время разгона t_1 в интервале скорости от v_1 до v_2 :

$$t_1 = \frac{\Delta v_1}{j_{cp1}}.$$

Таким же образом получаем значения среднего ускорения в интервале скорости v_2-v_3 :

$$j_{cp2} = 0,5(j_2 + j_3) \quad \text{и} \quad j_{cp2} = \frac{v_3 - v_2}{t_2} = \frac{\Delta v_2}{t_2}.$$

Тогда время разгона от v_2 до v_3

$$t_2 = \frac{\Delta v_2}{j_{cp2}}.$$

Проведя аналогичные расчеты для всех интервалов, получим общее время разгона от скорости v_1 до скорости v_n , то есть до максимальной скорости:

$$t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_n.$$

По значениям времени разгона автомобиля t , полученным для различных скоростей движения, строим график времени разгона автомобиля от скорости v_1 до скорости v_{max} . Для этого для скорости v_2 откладывают значение t_1 , для скорости v_3 – значение $t_1 + t_2$ и т. д. Полученные точки соединяют плавной кривой. Примерный вид графика времени разгона автомобиля представлен на рисунке 2.5.

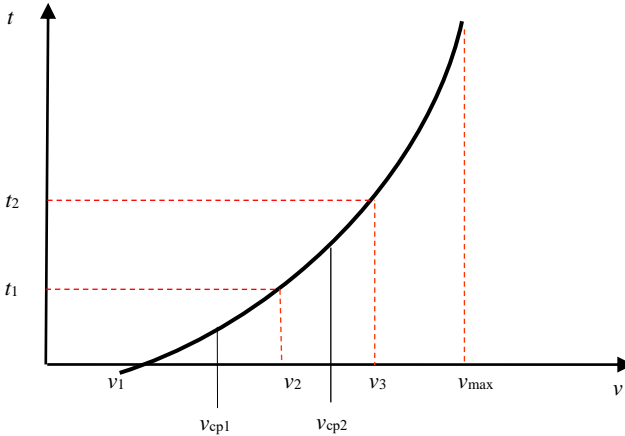


Рисунок 2.5 – График времени разгона автомобиля

По мере приближения к максимальной скорости ускорение автомобиля стремится к нулю и разгон становится неощутимым уже при скорости $v = (0,9 \dots 0,95) v_{max}$. Поэтому примерно до этой скорости и необходимо вести расчет времени разгона. На практике же для легковых автомобилей одним из показателей тяговой динамики принято время разгона до скорости $v = 100$ км/ч.

Следующим показателем тяговой динамики автомобиля является путь разгона, который определяют исходя из того, что

$$v = \frac{dS}{dt}, \text{ а значит, } dS = vdt,$$

следовательно, за время t_1 путь разгона определится как

$$S = v \int_0^{t_1} dt.$$

Ввиду отсутствия аналитически выраженной функции $v = f(t)$ в этом случае также используется метод графического интегрирования. Для этого график времени разгона автомобиля разбиваем на ряд интервалов, считая, что в каждом интервале изменения скорости автомобиль движется равномерно со средней скоростью $v_{\text{ср}}$.

Так, в интервале скорости от v_1 до v_2 средняя скорость

$$v_{\text{ср1}} = 0,5(v_1 + v_2).$$

Тогда путь разгона от скорости v_1 до скорости v_2 за время t_1

$$S_1 = v_{\text{ср1}} t_1.$$

Аналогично для интервала скорости от v_2 до v_3

$$v_{\text{ср2}} = 0,5(v_2 + v_3) \quad \text{и} \quad S_2 = v_{\text{ср2}} t_2.$$

Окончательно общий путь разгона от скорости v_1 до скорости v_n

$$S_p = S_1 + S_2 + \dots + S_n.$$

Связь между временем и путем разгона наглядно иллюстрирует график интенсивности разгона автомобиля. Для построения этого графика в координатах $t - S$ наносят сначала значения времени t_1 и пути S_1 , соответствующие разгону автомобиля от скорости v_1 до скорости v_2 , затем значения $t_1 + t_2$ и $S_1 + S_2$ для интервала скорости $v_1 - v_3$ и т. д. После этого полученные точки соединяют плавной кривой (рисунок 2.6).

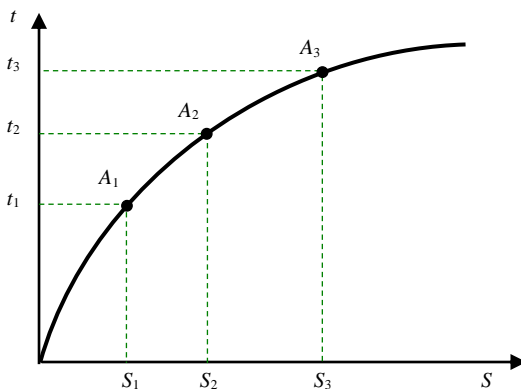


Рисунок 2.6 – График интенсивности разгона автомобиля

2.3.3 Время и путь обгона с постоянной скоростью

При движении автомобиля в транспортном потоке часто происходит обгон попутных автомобилей. Обгон является одним из самых сложных и опасных маневров, так как связан с выездом на полосу встречного движения и требует наличия свободного пространства перед обгоняющим автомобилем. Во время совершения обгона происходит значительное количество ДТП, тяжесть которых возрастает с увеличением скорости транспортного потока.

Маневр обгона можно условно разделить на три фазы: отклонение обгоняющего автомобиля влево и выезд на полосу встречного движения; движение по этой полосе параллельно с обгоняемым автомобилем и его опережение; возвращение на свою полосу движения.

Для простоты расчетов время, затраченное на переход обгоняющего автомобиля с одной полосы движения на другую, не учитывают, так как оно мало по сравнению с общим временем обгона.

В зависимости от дорожных условий и интенсивности движения обгон может совершаться либо с постоянной скоростью, либо с ускорением.

Обгон с постоянной скоростью характерен для свободного, нестесненного движения автомобилей в загородных условиях без наличия встречных автомобилей.

В этом случае водитель обгоняющего автомобиля имеет впереди себя достаточное пространство для предварительного разгона до скорости v_1 , большей, чем скорость v_2 обгоняемого автомобиля.

Схема обгона автомобиля представлена на рисунке 2.7, где индексом 1 обозначен обгоняющий автомобиль, а индексом 2 – обгоняемый.

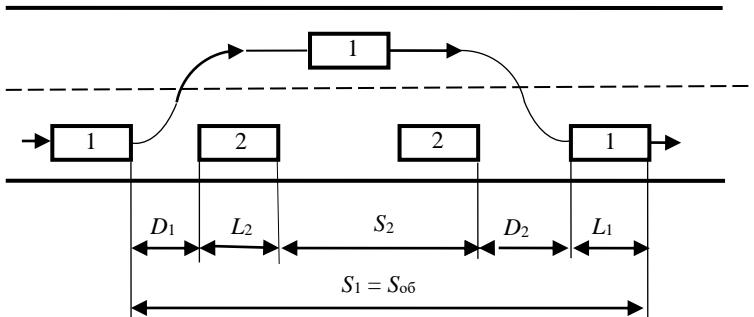


Рисунок 2.7 – Схема обгона автомобиля

Как следует из схемы обгона, путь обгона

$$S_{об} = D_1 + L_2 + S_2 + D_2 + L_1, \text{ или } S_{об} = S_1 = v_1 t_{об},$$

где D_1 , D_2 – дистанции безопасности между обгоняемым и обгоняющим автомобилями в начале и в конце обгона, м; L_1 и L_2 – габаритные длины об-

гоняющего и обгоняемого автомобилей, м; S_2 – путь обгоняемого автомобиля за время обгона, м.

Приравняв выражения для определения пути обгона, с учетом того, что путь обгоняемого автомобиля $S_2 = v_2 t_{об}$, получим

$$D_1 + L_2 + v_2 t_{об} + D_2 + L_1 = v_1 t_{об}.$$

Отсюда время обгона

$$t_{об} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{v_1 - v_2}.$$

Тогда путь обгона

$$S_{об} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{v_1 - v_2} v_1.$$

Полученные формулы показывают, что время и путь обгона в большой степени зависят от скорости обгоняющего автомобиля v_1 . Чем она больше, тем меньше $S_{об}$ и $t_{об}$, следовательно, тем быстрее обгоняющий автомобиль вернется на свою полосу движения, обеспечив необходимую безопасность.

Дистанции безопасности в начале обгона D_1 и в конце обгона D_2 зависят от дорожных условий, типа автомобиля, опыта и квалификации водителя. Точный расчет их невозможен, и эти дистанции между автомобилями выбираются водителем. Для их ориентировочных расчетов пользуются следующими эмпирическими зависимостями, в которых первая дистанция безопасности представлена в виде функции скорости обгоняющего автомобиля, а вторая – в виде функции скорости обгоняемого автомобиля:

$$D_1 = a_{об} v_1^2 + 4,0; \quad D_2 = b_{об} v_2^2 + 4,0,$$

где $a_{об}$, $b_{об}$ – эмпирические коэффициенты, зависящие от типа обгоняемого автомобиля; их значения приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Значения коэффициентов обгона $a_{об}$ и $b_{об}$

Тип автомобиля	$a_{об}$	$b_{об}$
Легковые	0,33	0,26
Грузовые: средней грузоподъемности	0,53	0,48
большой грузоподъемности и автопоезда	0,76	0,67

Для анализа процесса обгона с постоянной скоростью при наличии встречного автомобиля удобно пользоваться схемой, представленной на рисунке 2.8, на которой изображены зависимости между временем и перемещением автомобилей.

Положение обгоняющего, обгоняемого и встречного автомобилей в начальный момент времени отмечены в нижней части схемы соответственно цифрами 1', 2' и 3'. Их движение, которое представляет собой прямые линии I, II и III, считаем равномерным и соответствующим зависимости $S = S(t)$. Углы α_1 , α_2 и α_3 наклона этих прямых пропорциональны скоростям движения v_1 , v_2 и v_3 автомобилей. В начале обгона расстояние между передними частями обгоняющего и обгоняемого автомобилей равно $D_1 + L_2$. Точка A пересечения прямых I и II характеризует момент обгона, когда оба автомобиля поравнялись, после чего обгоняющий автомобиль начинает выходить вперед. Чтобы определить минимальные необходимые время и путь обгона, нужно найти на графике такие две точки B и C на линиях I и II, расстояние между которыми по горизонтали было бы равно сумме $D_2 + L_1$. Тогда абсцисса точки C определит путь обгона $S_{об}$, а ордината – время обгона $t_{об}$.

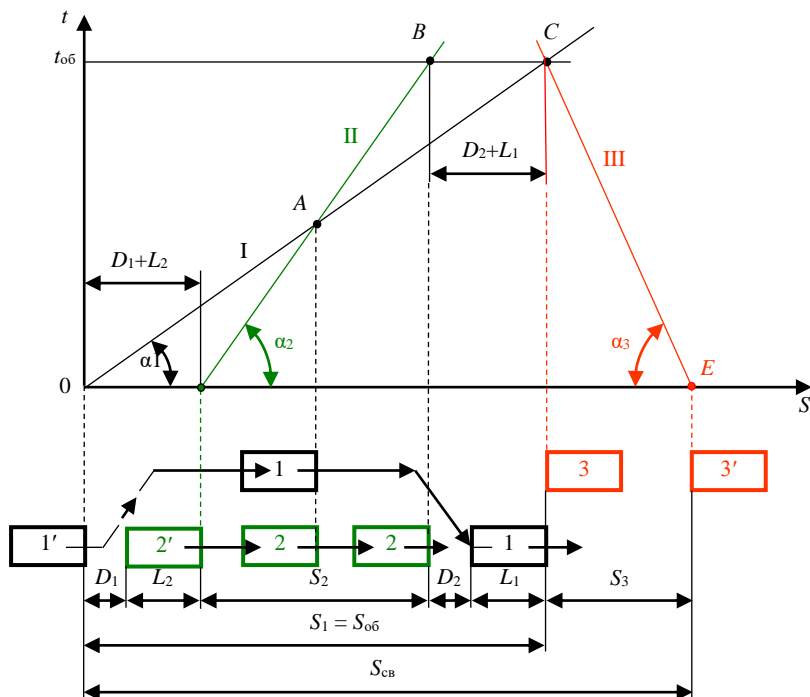


Рисунок 2.8 – Схема и график обгона

Зная путь обгона $S_{об}$ и скорость встречного автомобиля V_3 , можно определить минимальное безопасное расстояние $S_{св}$, которое должно быть свободно перед обгоняющим автомобилем в начале обгона:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{св}} &= S_{\text{об}} + S_3 = S_{\text{об}} + v_3 t_{\text{об}} = S_{\text{об}} + v_3 \frac{S_{\text{об}}}{v_1} = \\
 &= S_{\text{об}} \left(1 + \frac{v_3}{v_1} \right) = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{v_1 - v_2} v_1 \frac{v_1 + v_3}{v_1}.
 \end{aligned}$$

Окончательно

$$S_{\text{св}} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{v_1 - v_2} (v_1 + v_3).$$

Анализ формулы показывает, что увеличение скорости обгоняемого автомобиля приводит к резкому увеличению времени и пути обгона и может привести к аварии. Поэтому Правила дорожного движения категорически запрещают водителю обгоняемого автомобиля какими бы то ни было действиями препятствовать завершению обгона.

С другой стороны, чем выше скорость обгоняющего автомобиля, тем меньше значения $S_{\text{об}}$, $t_{\text{об}}$ и $S_{\text{св}}$, необходимые для безопасного обгона.

2.3.4 Время и путь обгона с ускорением

Обгоны с постоянной скоростью возможны на дорогах с проезжей частью шириной более 7–8 м и интенсивностью движения в обоих направлениях 40–60 автомобилей в час. Значительно сложнее и опаснее обгонять при большой интенсивности движения. В таких условиях водитель быстроходного автомобиля, догнав медленнее движущийся, уменьшает скорость и движется позади него. При появлении перед обгоняемым автомобилем достаточного свободного расстояния водитель быстроходного автомобиля начинает обгон, сочетая его с разгоном.

Для расчета пути и времени обгона в этом случае воспользуемся графиком интенсивности разгона обгоняющего автомобиля, представленным на рисунке 2.9.

На графике отмечают точку A , соответствующую скорости v_2 обгоняемого автомобиля, и от нее откладывают вправо по горизонтали отрезок, равный $D_1 + L_2$. Из конца отрезка проводят прямую под углом, соответствующим скорости обгоняемого автомобиля. Точка C пересечения этой прямой с кривой OO соответствует моменту времени, когда передние части обоих автомобилей поравнялись. В дальнейшем движении обгоняющий автомобиль начинает выходить вперед. Чтобы определить минимально необходимые путь и время обгона, нужно на графике найти две точки: B (на прямой,

соответствующей скорости обгоняемого автомобиля) и E (на кривой интенсивности разгона обгоняющего автомобиля), расстояние между которыми по горизонтали было равно $D_2 + L_1$.

Зная положение начальной и конечной точек обгона, по координатам S_p и t_p находят путь и время обгона, сочетаемого с разгоном. Если нужно учесть возможность появления встречного автомобиля, то из точки E проводят наклонную прямую под углом, соответствующим скорости этого автомобиля, до пересечения с продолжением горизонтальной прямой, проведенной из начальной точки A (точка F). Минимальное расстояние, которое должно быть свободным перед обгоняющим автомобилем для безопасного обгона, определяется длиной отрезка AF .

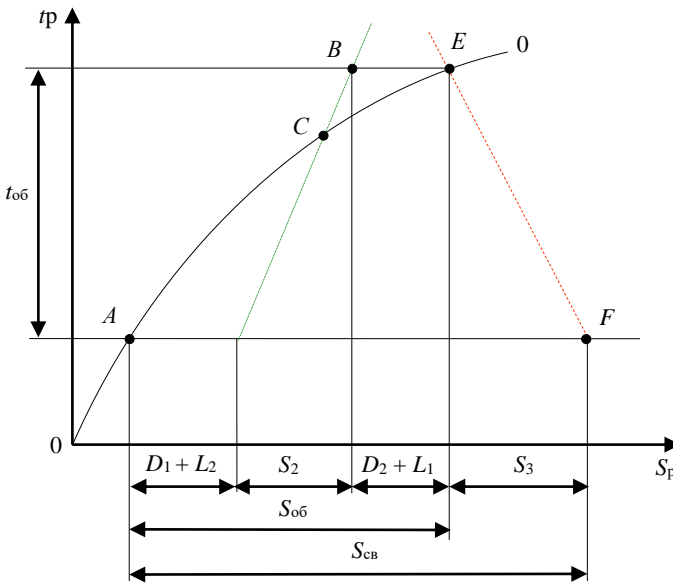


Рисунок 2.9 – График обгона при ускоренном движении обгоняющего автомобиля

Расчеты пути и времени обгона, сочетаемого с разгоном, существенно упрощаются, если принять, что обгоняющий автомобиль движется с постоянным ускорением j . При равноускоренном движении обгоняющего автомобиля с начальной скорости, равной v_2 , путь обгона

$$S_{об} = S_1 = v_2 t_{об} + \frac{j t_{об}^2}{2}.$$

С другой стороны,

$$S_{об} = D_1 + D_2 + L_1 + L_2 + v_2 t_{об}.$$

Тогда время обгона определится как

$$t_{об} = \sqrt{\frac{2(D_1 + D_2 + L_1 + L_2)}{j}}.$$

В случае обгона, сочетаемого с разгоном, большое значение имеют высокие динамические качества обгоняющего автомобиля, то есть его способность быстро набирать скорость. Чем больше максимальное ускорение автомобиля, тем быстрее будет закончен обгон и тем он будет безопаснее.

Необходимо отметить, что при совершении обгона кроме скорости обгоняющего автомобиля и его динамических качеств необходимо учитывать также расстояние видимости, потому что гарантированное расстояние видимости может быть меньше безопасного пути обгона и возникает опасность столкновения со встречным автомобилем.

2.3.5 Влияние технического состояния автомобиля на тяговую динамику

Техническое состояние автомобиля – это степень его готовности к работе, то есть степень соответствия его агрегатов, механизмов и приборов нормам, установленным правилами технической эксплуатации. В первое время после выпуска автомобиля с завода детали его агрегатов и узлов прирабатываются, техническое состояние автомобиля улучшается. Затем длительное время оно остается примерно одинаковым, после чего вследствие изнашивания деталей, изменения их размеров, образования повышенных зазоров, а также возникновения усталостных повреждений, техническое состояние автомобиля начинает ухудшаться.

Ухудшение технического состояния двигателя сказывается, прежде всего, на уменьшении его мощности. Вследствие изнашивания поршневых колец, поршней и цилиндров, обгорания и неполного прилегания клапанов к их седлам снижается компрессия, что приводит к падению мощности двигателя на 15–20 %.

Из-за образования нагара на стенках камеры сгорания или смолистых отложений на стенках впускного трубопровода происходит снижение наполнения цилиндров горючей смесью, в результате чего двигатель развивает лишь 80–85 % от номинальной мощности.

Неправильная установка зажигания (для бензиновых двигателей) или момента впрыска топлива (для дизелей) приводят к уменьшению эффективной мощности двигателя. Например, в случае установки позднего зажигания

мощность двигателя может упасть на 25–30 %. Работа двигателя даже при одной неисправной свече зажигания также приводит к снижению его мощности.

В процессе эксплуатации изменяется и техническое состояние агрегатов шасси автомобиля. При неправильном зацеплении шестерен в коробке передач или ведущем мосту из-за износа или неправильной регулировки, а также при чрезмерной затяжке конических подшипников главной передачи и ступиц колес, возрастают затраты энергии в трансмиссии и ходовой части, приводящие к ухудшению тяговой динамики. То же происходит при неправильных углах установки управляемых колес или задевании тормозных накладок за барабаны или диски при движении автомобиля.

Большое значение для тяговой динамики автомобиля имеет техническое состояние шин. Недостаточное давление в них повышает сопротивление качению, а износ протектора, ухудшает сцепные свойства и увеличивает склонность к пробуксовке колес при трогании автомобиля с места и разгоне.

Снижение показателей тяговой динамики автомобиля при ухудшении его технического состояния сказывается, прежде всего, в уменьшении максимальной скорости и ускорения, а также в увеличении времени разгона.

Ухудшение тяговой динамики изношенного или неисправного автомобиля отрицательно сказывается на его безопасности. Такие автомобили медленно разгоняются, с трудом преодолевают подъемы, для обгона попутных транспортных средств им необходимо на 25–35 % больше времени, чем таким же автомобилям в технически исправном состоянии. Соответственно, снижается и активная безопасность автомобиля.

2.3.6 Пути повышения тяговой динамики автомобиля

Совершенствование конструкции автомобиля с целью улучшения его тяговой динамики возможно по нескольким направлениям.

Одним из направлений является уменьшение массы автомобиля путем применения высокопрочных легированных сталей, легких сплавов и пластмасс.

Блоки двигателей, картера коробок передач, сцепления и раздаточных коробок изготавливают из алюминиевых и магниевых сплавов. Рамы грузовых автомобилей делают из легированных сталей, это позволяет уменьшить толщину их профиля и, соответственно, массу.

Широко внедряются в автомобилестроении многие виды пластмасс, которые имеют меньшую плотность по сравнению с металлами, более пластичны, что важно при изготовлении деталей сложной формы, и обладают высокой антикоррозийной стойкостью.

Развитие и совершенствование автомобильных двигателей внутреннего сгорания идет в направлении повышения их литровой мощности, уменьше-

ния габаритных размеров и массы, а также уменьшения удельного расхода топлива. В этом направлении большой эффект дает применение турбонаддува. В этом случае воздух в цилиндры двигателя подается под давлением, создаваемым турбиной, что обеспечивает полное сгорание увеличенной дозы топлива и увеличение мощности двигателя.

Для повышения максимальной мощности двигатель должен получать как можно больше топливно-воздушной смеси за кратчайшее время. Чтобы достичь этого применяют многоклапанные головки блоков двигателей. Так, многие двигатели Mercedes имеют по три клапана на цилиндр: два впускных и один выпускной. Некоторые двигатели Volkswagen, а также японских производителей оборудуются головками блока цилиндров с пятью клапанами на цилиндр: по три впускных и два выпускных. Однако наибольшее распространение получили двигатели с четырьмя клапанами на каждый цилиндр: по два впускных и два выпускных.

Применение многоклапанных головок блока повышает максимальную мощность двигателей, но несколько усложняет их конструкцию, так как в этом случае необходимо устанавливать два распределительных вала, один из которых служит для открытия впускных клапанов, а другой – выпускных.

В традиционных двигателях фазы газораспределения остаются неизменными во всех диапазонах работы. Поэтому современные двигатели некоторых производителей, например BMW, применяют системы изменения фаз газораспределения путем поворота распределительного вала на угол, величина которого зависит от частоты вращения коленчатого вала. Такие системы позволяют увеличить крутящий момент и мощность двигателя в области высоких частот вращения коленчатого вала.

Улучшения тяговой динамики автомобиля можно достичь за счет повышения качества обработки деталей трансмиссии, применения высококачественных масел, например, синтетических, что приводит к увеличению КПД.

Большое влияние на показатели тяговой динамики оказывает совершенствование аэродинамических форм легковых автомобилей и применение специальных обтекателей на грузовых автомобилях, которые уменьшают завихрение воздушных потоков и, как следствие, силу сопротивления воздуха P_v .

Существенное влияние на тяговую динамику автомобиля оказывают шины. Так использование шин с радиальным расположением нитей корда в каркасе уменьшает сопротивление их качению на 25–30 % по сравнению с шинами, имеющими диагональное направление нитей корда.

2.4 Тормозная динамика автомобиля

2.4.1 Значение тормозной динамики для безопасности движения. Требования к тормозным системам

Во время движения водитель постоянно изменяет скорость автомобиля, приводя ее в соответствие с дорожной обстановкой, и должен в любое время быть готовым к экстренной остановке в случае необходимости. Для этого на автомобиле имеются специальные системы, которые создают большое дополнительное сопротивление движению автомобиля и обеспечивают быстрое снижение его скорости вплоть до полной остановки. Эти системы называются тормозными. Современные автомобили оборудуются четырьмя тормозными системами: рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной.

Основной тормозной системой является рабочая. Она предназначена для регулирования скорости автомобиля в любых условиях движения. Запасная система используется в случае отказа рабочей, а стояночная, удерживает неподвижный автомобиль на месте. Вспомогательная тормозная система служит для поддержания скорости автомобиля постоянной в течение длительного периода времени на спусках без применения рабочей. На легковых автомобилях и на грузовых малой и средней грузоподъемности в качестве запасной тормозной системы используют стояночную, а в качестве вспомогательной – торможение двигателем. Грузовые автомобили большой грузоподъемности и автобусы большой вместимости оснащаются всеми четырьмя отдельными тормозными системами.

Естественно, наибольшее значение для безопасности дорожного движения имеет рабочая тормозная система. Она используется как для плавного торможения с замедлением $2,5-3 \text{ м/с}^2$, (так называемого служебного торможения), так и для резкого уменьшения скорости с максимально возможным в данных дорожных условиях замедлением $8-9 \text{ м/с}^2$ – экстренного или аварийного торможения.

Для обеспечения безопасности движения автомобиля рабочая тормозная система должна удовлетворять следующим требованиям.

1 Время срабатывания системы должно быть минимальным, а замедление автомобиля – максимальным во всех условиях эксплуатации.

2 Все колеса автомобиля должны затормаживаться одновременно и с одинаковой интенсивностью.

3 Тормозные силы на колесах должны нарастать плавно, в системе не должно быть заеданий и заклиниваний.

4 Работа тормозной системы не должна вызывать потери устойчивости автомобиля.

5 Усилия, необходимые для приведения системы в действие и перемещения рабочих органов управления (педаль и рычаги), не должны превышать физических возможностей водителя.

6 Эффективность системы должна быть постоянной в течение всего срока службы автомобиля, а вероятность отказов – минимальной.

2.4.2 Силы, действующие на автомобиль при торможении

Рассмотрим силы, действующие на автомобиль при торможении (рисунок 2.10), приняв допущение, что сопротивления дороги и воздуха отсутствуют, а коэффициент учета вращающихся масс равен 1.

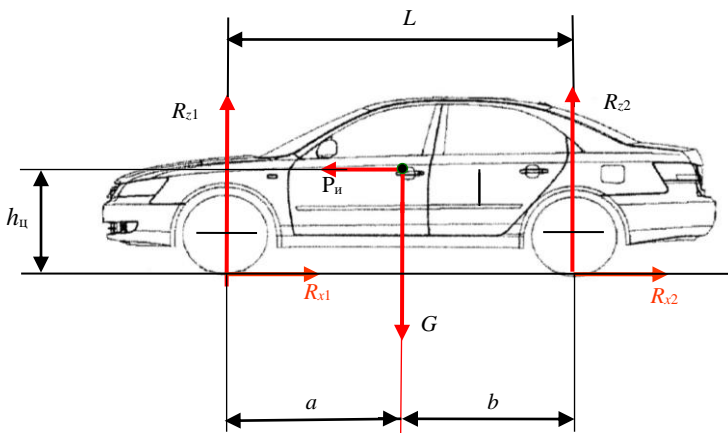


Рисунок 2.10 – Силы, действующие на автомобиль при торможении:
 $a, b, h_{ц}$ – расстояние от центра тяжести автомобиля соответственно до передней и задней осей и до поверхности дороги, м; L – колесная база автомобиля, м; $R_{x1}, R_{x2}, R_{ц1}, R_{ц2}$ – соответственно касательные и вертикальные реакции дороги на колесах передней и задней осей, Н;
 $P_{и}$ – сила инерции автомобиля, Н

При принятых допущениях согласно условиям равновесия можно записать

$$P_{и} = Mj_3 = \frac{G}{g} j_3 = R_{x1} + R_{x2},$$

где M – масса автомобиля, кг;

j_3 – замедление автомобиля при торможении, $\text{м}/\text{с}^2$;

G – вес автомобиля, Н;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Предельное значение касательной реакции дороги, обусловленное сцеплением шин с дорогой, называется силой сцепления $P_{цн}$ и определяется как

$$R_{x1\text{max}} = P_{цн1} = R_{ц1}\varphi_x; \quad R_{x2\text{max}} = P_{цн2} = R_{ц2}\varphi_x,$$

где φ_x – коэффициент сцепления шин с дорогой.

Составим уравнения моментов сил относительно точек контакта колес задней и передней осей автомобиля с дорогой:

$$R_{z1}L - P_{\text{н}}h_{\text{ц}} - Gb = 0; \quad -R_{z2}L - P_{\text{н}}h_{\text{ц}} + Ga = 0.$$

Отсюда определим вертикальные реакции на колесах передней и задней осей автомобиля:

$$R_{z1} = \frac{Gb + P_{\text{н}}h_{\text{ц}}}{L}; \quad R_{z2} = \frac{Ga - P_{\text{н}}h_{\text{ц}}}{L},$$

Как видно из полученных выражений, при торможении автомобиля под воздействием силы инерции вертикальная реакция на передних колесах R_{z1} растет, а на задних R_{z2} – уменьшается.

Максимальное значение касательных реакций или сил сцепления определится как

$$P_{\text{сц1}} = R_{x1\text{max}} = R_{z1}\varphi_x = \frac{Gb + P_{\text{н}}h_{\text{ц}}}{L}\varphi_x; \quad (2.1)$$

$$P_{\text{сц2}} = R_{x2\text{max}} = R_{z2}\varphi_x = \frac{Ga - P_{\text{н}}h_{\text{ц}}}{L}\varphi_x. \quad (2.2)$$

Определим соотношение между касательными реакциями R_{x1} и R_{x2} для случая полного использования сцепления всех шин автомобиля с дорогой:

$$\frac{R_{x1}}{R_{x2}} = \frac{(Gb + P_{\text{н}}h_{\text{ц}})\varphi_x}{(Ga - P_{\text{н}}h_{\text{ц}})\varphi_x} = \frac{Gb + \frac{G}{g}j_3h_{\text{ц}}}{Ga - \frac{G}{g}j_3h_{\text{ц}}} = \frac{bg + h_{\text{ц}}j_3}{ag - h_{\text{ц}}j_3}.$$

Как было указано выше $P_{\text{н}} = Mj_3 = \frac{G}{g}j_3 = R_{x1} + R_{x2}$, но при максимальном использовании сцепления шин с дорогой

$$R_{x1\text{max}} + R_{x2\text{max}} = (R_{z1} + R_{z2})\varphi_x = G\varphi_x = P_{\text{н}} = \frac{G}{g}j_3.$$

Тогда максимально возможное замедление по условию сцепления шин с дорогой

$$j_{3\text{max}} = \frac{G\varphi_x}{G}g = g\varphi_x. \quad (2.3)$$

Окончательно при максимально возможном замедлении

$$\frac{R_{x1}}{R_{x2}} = \frac{b + h_{ц} \varphi_x}{a - h_{ц} \varphi_x}. \quad (2.4)$$

Таким образом, конструкция тормозной системы должна создавать разное соотношение тормозных сил R_{x1} и R_{x2} при торможении с различной интенсивностью. Указанное требование трудно выполнимо и многие автомобили имеют тормозные системы, обеспечивающие постоянное соотношение тормозных сил. У таких автомобилей колеса передней и задней осей блокируются не одновременно. Этот недостаток устраняют путем применения регуляторов давления и антиблокировочных устройств, которые будут рассмотрены ниже.

2.4.3 Процесс торможения автомобиля

Изменение касательных реакций на колесах передней оси R_{x1} и на колесах задней оси R_{x2} во времени представлено на рисунке 2.11.

На рисунке 2.11 обозначено: t_p – время реакции водителя; t_c – время срабатывания тормозного привода; $t_{н1}$ – время нарастания касательных реакций на колесах задней оси; $t_{н}$ – время нарастания касательных реакций на колесах передней оси; $t_{уст}$ – время установившегося замедления; t_o – остановочное время (с момента обнаружения водителем опасности до остановки); t_r – время торможения (с момента нажатия водителем на педаль тормоза до остановки).

Водитель, увидев препятствие, оценивает дорожную обстановку, принимает решение о торможении и переносит ногу с педали акселератора на педаль тормоза. Время этих действий водителя – время реакции t_p – находится в пределах 0,3–2,5 с (отрезок OA). Оно зависит от квалификации водителя, его возраста, пола, степени утомления, состояния здоровья и других факторов. При неожиданном возникновении опасности это время больше. При расчетах время реакции t_p обычно принимают равным 0,8 с.

Далее водитель начинает нажимать на тормозную педаль, в приводе тормозов перемещаются детали и выбираются зазоры. Время, затрачиваемое на это, называется временем срабатывания или запаздывания тормозной системы t_c (отрезок AB). Оно зависит от конструкции и технического состояния тормозного привода и составляет в среднем от 0,2–0,3 с для гидравлического привода до 0,6–0,8 с для пневматического. У автопоездов с пневматическим приводом тормозов t_c может достигать 2–3 с. В течение времени $t_p + t_c$ (отрезок OB) автомобиль продолжает двигаться равномерно с начальной скоростью v_o , а силы сцепления колес передней оси $P_{сц1}$ и задней оси $P_{сц2}$ остаются постоянными. В конце этого периода возникают тормозные силы, вызывающие замедление автомобиля.

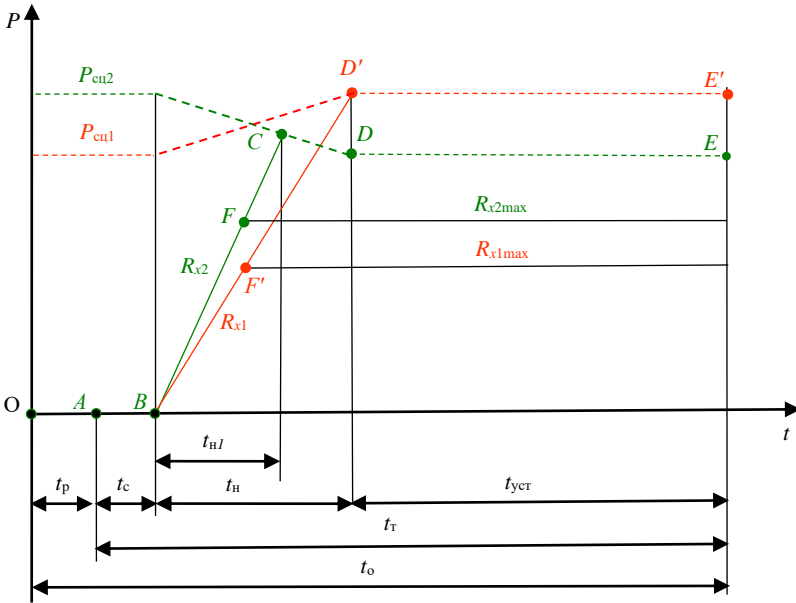


Рисунок 2.11 – График изменения тормозных сил

Если заторможенные колеса еще продолжают вращаться, т. е. не заблокированы, то касательные реакции R_{x1} и R_{x2} приблизительно можно считать пропорциональными тормозным моментам:

$$R_{x1} = \frac{M_{\text{торм}1}}{r}, \quad R_{x2} = \frac{M_{\text{торм}2}}{r},$$

где $M_{\text{торм}1}$, $M_{\text{торм}2}$ – тормозные моменты на колесах передней и задней осей.

Величины тормозных моментов зависят от конструкции рабочей тормозной системы, ее технического состояния и от управляющего воздействия водителя, то есть силы и темпа нажатия на педаль тормоза. При экстренном торможении тормозные моменты для тормозной системы с гидроприводом можно считать линейными функциями времени; для тормозных систем с пневмоприводом эти зависимости ближе к экспоненциальным, но и их можно без большой погрешности аппроксимировать линейными уравнениями. Таким образом, до начала блокировки колес касательные реакции можно считать пропорциональными времени:

$$R_{x1} = K_1 t; \quad R_{x2} = K_2 t,$$

где K_1 и K_2 – скорости нарастания тормозных сил; для гидравлических тормозных систем $K = 15 \dots 30$ кН/с; для пневматических $K = 25 \dots 100$ кН/с.

Величины K_1 и K_2 , обуславливающие значение этих реакций и относительное расположение соответствующих линий на графике, зависят от типа автомобиля. У легковых автомобилей центр тяжести расположен примерно посередине колесной базы. Поэтому при торможении нагрузка на переднюю ось больше, чем на заднюю и тормозную систему конструируют так, чтобы обеспечить $K_1 > K_2$. У грузовых автомобилей и автобусов основная часть нагрузки (до 70 %) приходится на заднюю ось, и тормозная сила, действующая на ее колеса должна расти быстрее, чем тормозная сила на колесах передней оси, то есть $K_1 < K_2$.

Увеличение тормозного момента, приложенного к колесу, вызывает рост касательной реакции, который продолжается до тех пор, пока она не достигнет максимального значения, обусловленного сцеплением шины с дорогой.

Как мы уже выяснили, нормальные реакции дороги R_{z1} и R_{z2} , действующие на переднюю и на заднюю оси автомобиля, зависят от интенсивности торможения, т. е. от величины замедления j_3 .

Сила инерции в начальный период торможения

$$P_{и} = R_{x1} + R_{x2} = (K_1 + K_2) t . \quad (2.5)$$

Тогда силы сцепления в этот период

$$P_{сц1} = \frac{Gb + (K_1 + K_2)th_{ц}}{L} \varphi_x ; \quad (2.6)$$

$$P_{сц2} = \frac{Ga - (K_1 + K_2)th_{ц}}{L} \varphi_x . \quad (2.7)$$

Таким образом, в первый период торможения сила сцепления на колесах передней оси увеличивается с течением времени, а на колесах задней оси уменьшается. Если считать коэффициент сцепления φ_x постоянным, то силы $P_{сц1}$ и $P_{сц2}$ после начала торможения изменяются пропорционально времени, как показано на рисунке 2.11 штриховыми линиями.

За время нарастания замедления $t_{н1}$ касательная реакция на колесах задней оси достигает предельного значения по условиям сцепления, и они блокируются (точка С).

Сила инерции автомобиля после блокировки задних колес

$$P_{и} = P_{сц2} + K_1 t .$$

Подставим это значение $P_{и}$ в формулу (2.7) для определения $R_{сц2}$:

$$P_{сц2} = \frac{Ga - (P_{сц2} + K_1 t)h_{ц}}{L} \varphi_x .$$

Решив это уравнение относительно $P_{сн2}$, получим

$$P_{сн2} = \frac{Ga - K_1 h_{иt}}{L + h_{и} \varphi_x} \varphi_x. \quad (2.8)$$

Таким образом, касательная реакция R_{x2} уже не зависит от тормозного момента. Водитель может прикладывать к тормозной педали сколь угодно большое усилие, всё равно R_{x2} будет равна силе сцепления $P_{сн2}$ и будет уменьшаться (отрезок CD).

Уменьшение касательной реакции на задних колесах вызывает уменьшение силы инерции $P_{и}$, что в свою очередь отражается на динамическом перераспределении нагрузок и величинах нормальных реакций дороги.

Подставим полученное значение силы сцепления задних колес с дорогой в формулу (2.6) для определения $P_{сн1}$:

$$\begin{aligned} P_{сн1} &= \frac{Gb + \left(\frac{Ga - K_1 h_{иt}}{L + \varphi_x h_{и}} \varphi_x + K_1 t \right) h_{и}}{L} \varphi_x = \\ &= \frac{Gb + \frac{(Ga - K_1 h_{и} \varphi_x + K_1 t L + K_1 t \varphi_x h_{и}) h_{и}}{L + \varphi_x h_{и}} \varphi_x}{L} \varphi_x = \\ &= \frac{GbL + Gb \varphi_x h_{и} + Ga \varphi_x h_{и} + K_1 t L h_{и}}{L(L + \varphi_x h_{и})} \varphi_x = \\ &= \frac{GbL + G \varphi_x h_{и} (a + b) + K_1 t L h_{и}}{L(L + \varphi_x h_{и})} \varphi_x, \end{aligned}$$

или окончательно
$$P_{сн1} = \frac{G(b + h_{и} \varphi_x) + K_1 h_{иt}}{L + h_{и} \varphi_x} \varphi_x. \quad (2.9)$$

Таким образом, после блокировки колес задней оси автомобиля сила сцепления передних колес с дорогой $P_{сн1}$ продолжает расти. Спустя время $t_{и}$ блокируются колеса передней оси автомобиля так как предельного значения по условиям сцепления достигает сила R_{x1} (точка D').

После этого касательные реакции на колесах обеих осей автомобиля становятся равными силам сцепления (отрезки DE и $D'E'$), т. е. достигают максимальных значений, и суммарная сила сцепления всех колес в третьем заключительном периоде торможения

$$R_{x1} + R_{x2} = (R_{z1} + R_{z2}) \varphi_x = G \varphi_x. \quad (2.10)$$

Если считать коэффициент сцепления ϕ_x постоянным, то в третьем периоде (время установившегося замедления) касательные реакции тоже постоянны.

Закон изменения касательных реакций на колесах передней оси в процессе торможения характеризуется линией $B'D'E'$, а на колесах задней оси – линией $BCDE$.

При проведенных рассуждениях предполагалось, что тормозные силы беспрепятственно могут достигать предельных значений по условиям сцепления. Практически же у грузовых автомобилей, оборудованных тормозной системой с гидроприводом, предельная величина тормозных сил ограничена физическими возможностями водителя. Усилие, развиваемое им при экстренном нажатии на тормозную педаль, составляет в среднем 500–600 Н и не превышает 1000–1200 Н. У автомобилей с пневмоприводом тормозов, рост тормозных сил ограничивается мощностью компрессора и давлением воздуха в магистрали. В обоих случаях тормозные силы часто оказываются недостаточными для блокировки колес даже при полном использовании конструктивных возможностей автомобиля и колеса продолжают вращаться до остановки автомобиля. Рост касательных реакций прекращается в точках F и F' , после чего они остаются примерно постоянными и равными R_{x1max} и R_{x2max} .

При большом желании можно было бы сконструировать тормозные механизмы, позволяющие при торможении довести колеса автомобилей большой массы до блокировки, но тогда необходимы тормоза с большими поверхностями трения, которые нуждаются в интенсивном охлаждении. Однако большие тормозные механизмы сложно разместить внутри колес, а увеличение их массы ведет к увеличению неподрессоренных масс автомобиля, что приводит к ухудшению плавности хода. Поэтому максимальные значения касательных реакций на колесах грузовых автомобилей большой грузоподъемности и автобусов большой вместимости при движении по сухим дорогам обычно меньше сил сцепления. Показатели тормозной динамики у таких автомобилей ниже, чем у автомобилей меньшей массы.

2.4.4 Замедление, время и путь торможения автомобиля

Измерителями тормозной динамики являются замедление, время и путь торможения, а оценочными показателями являются установившееся замедление $t_{уст}$ и путь торможения автомобиля S_T за время торможения $t_T = t_c + t_n + t_{уст}$. Для получения сравнимых результатов эти показатели определяют при экстренном торможении автомобиля на горизонтальном участке дороги с сухим и твердым покрытием. Основным, часто и единственным, показателем тормозной динамики более чем в половине международных нормативных документов считается тормозной путь. Приблизительно в 40 % таких документов фигурирует установившееся замедление. Значения показателей, конкретизированные для отдельных типов автомобилей, используют в качестве нормативов эффективности тормозных систем.

Определим показатели тормозной динамики автомобиля на различных этапах торможения.

В течение времени $t_{н1}$ касательная реакция на колесах задней оси изменяется пропорционально

$$R_{x2} = K_2 t_{н1}, \quad (2.11)$$

а в конце этого периода наступает блокировка задних колес, то есть касательная реакция становится равной силе сцепления

$$P_{сц2} = \frac{Ga - K_1 t_{н1} h_{ц}}{L + \varphi_x h_{ц}} \varphi_x.$$

Приравняв эти выражения, определим продолжительность периода $t_{н1}$ от начала торможения до блокировки колес задней оси:

$$K_2 t_{н1} = \frac{Ga - K_1 t_{н1} h_{ц}}{L + \varphi_x h_{ц}} \varphi_x,$$

откуда

$$t_{н1} = \frac{Ga \varphi_x}{LK_2 + (K_1 + K_2) h_{ц} \varphi_x}. \quad (2.12)$$

Сила инерции и замедление в этом периоде изменяются прямо пропорционально времени, т. к.

$$P_{и} = M j_3' = (K_1 + K_2) t_{н1},$$

откуда

$$j_3' = \frac{K_1 + K_2}{M} t_{н1} = \alpha_T t_{н1} = \frac{dv}{dt},$$

где

$$\alpha_T = \frac{K_1 + K_2}{m}.$$

Выразим dv из формулы для получения j_3'

$$dv = \alpha_T t_{н1} dt.$$

Проинтегрировав это выражение, получаем значение скорости v_1 в конце первого периода

$$v_1 = v_0 - \frac{\alpha_T t_{н1}^2}{2}, \quad (2.13)$$

где v_0 – начальная скорость автомобиля.

Проинтегрировав полученное выражение, получаем значение пути S_1 , проходимого автомобилем за время первого периода $t_{н1}$

$$S_1 = v_0 t_{н1} - \frac{\alpha_\tau t_{н1}^3}{6}. \quad (2.14)$$

В большинстве случаев последним числом в уравнении пути пренебрегают, тогда

$$S_1 \approx v_0 t_{н1}.$$

Продолжительность периода t_n находим из условия равенства касательной реакции R_{x1} на колесах передней оси силе сцепления $P_{сн1}$ в конце этого периода

$$R_{x1} = K_1 t_n \quad \text{и} \quad P_{сн1} = \frac{G(b + h_u \varphi_x) + K_1 h_u t_n}{L + h_u \varphi_x} \varphi_x.$$

Решая совместно эти уравнения, получаем

$$\frac{G(b + h_u \varphi_x) + K_1 h_u t_n}{L + h_u \varphi_x} \varphi_x = K_1 t_n,$$

или

$$G(b + h_u \varphi_x) \varphi_x + K_1 h_u t_n \varphi_x = K_1 t_n L + K_1 h_u t_n \varphi_x,$$

отсюда

$$t_n = \frac{G(b + h_u \varphi_x)}{K_1 L} \varphi. \quad (2.15)$$

После блокировки колес задней оси сила инерции автомобиля

$$P_n = P_{сн2} + K_1 t_n = \frac{(Ga - K_1 t_n h_u) \varphi_n}{L + h_u \varphi_x} + K_1 t_n = j_3'' m,$$

тогда замедление в период времени t_n :

$$j_3'' = \left(\frac{Ga \varphi_x - K_1 h_u \varphi_x t}{L + h_u \varphi_x} + K_1 t_n \right) / m,$$

или

$$\begin{aligned} j_3'' &= \frac{Ga \varphi_x - K_1 h_u \varphi_x t_n + K_1 t_n L + K_1 h_u \varphi_x t_n}{M(L + h_u \varphi_x)} = \\ &= \frac{Ga \varphi_x}{M(L + h_u \varphi_x)} + \frac{K_1 L}{M(L + h_u \varphi_x)} t_n. \end{aligned}$$

$$\text{Обозначив } \beta_{\tau} = \frac{Ga\varphi_x}{M(L+h_{\text{ц}}\varphi_x)}; \quad \gamma_{\tau} = \frac{K_1L}{M(L+h_{\text{ц}}\varphi_x)},$$

получим

$$j_3'' = \beta_{\tau} + \gamma_{\tau}t_{\text{н}}. \quad (2.16)$$

Проинтегрировав выражение $j_3'' = \beta_{\tau} + \gamma_{\tau}t_{\text{н}}$, получим скорость автомобиля v_2 , а проинтегрировав его второй раз, получим путь автомобиля S_2 до момента блокировки колес передней оси.

В заключительном периоде торможения, когда колеса обеих осей заблокированы, сила инерции равна $P_{\text{н}} = G\varphi_x$, а т. к. $M = \frac{G}{g}$, то замедление на третьем этапе торможения

$$j_3''' = \frac{P_{\text{н}}}{M} = \frac{G\varphi_x g}{G} = g\varphi_x. \quad (2.17)$$

Значит, замедление в этот период торможения постоянно (время установившегося замедления $t_{\text{уст}}$), а автомобиль движется равнозамедленно и его скорость равномерно падает, т. е. $v_3 = v_2 - j_3'''t_{\text{уст}}$.

В конце третьего периода скорость автомобиля $v_3 = 0$ и продолжительность этого периода определится как

$$t_{\text{уст}} = \frac{v_2}{j_3'''} = \frac{v_2}{g\varphi_x}. \quad (2.18)$$

Таким образом, время от начала воздействия водителя на педаль тормоза до остановки автомобиля (время торможения)

$$t_{\text{т}} = t_{\text{с}} + t_{\text{н}} + t_{\text{уст}}. \quad (2.19)$$

Время от того момента, когда водитель увидел препятствие до остановки автомобиля (остановочное время), включает еще и время реакции водителя:

$$t_{\text{о}} = t_{\text{р}} + t_{\text{с}} + t_{\text{н}} + t_{\text{уст}}. \quad (2.20)$$

Путь автомобиля за время $t_{\text{уст}}$ определим следующим образом.

Если $j = \frac{dv}{dt}$, то $dt = \frac{dv}{j}$, а если $v = \frac{ds}{dt}$, то $dS = vdt$.

Подставив в последнее выражение значение dt , получим

$$dS = \frac{v dv}{j}.$$

Интегрируя это выражение, получаем $S_{\text{уст}} = \frac{v_2^2}{2j_{\text{уст}}} = \frac{v_2^2}{2g\varphi_x}$.

Тогда тормозной путь автомобиля определится как

$$S_{\text{T}} = S_{\text{с}} + S_{\text{н}} + S_{\text{уст}}, \quad (2.21)$$

где $S_{\text{с}}$, $S_{\text{н}}$, $S_{\text{уст}}$ – путь проходимый автомобилем, соответственно за время $t_{\text{с}}$, $t_{\text{н}}$, $t_{\text{уст}}$.

Остановочный путь автомобиля

$$S_{\text{o}} = S_{\text{р}} + S_{\text{с}} + S_{\text{н}} + S_{\text{уст}}, \quad (2.22)$$

где $S_{\text{р}}$ – путь, пройденный автомобилем за время реакции водителя $t_{\text{р}}$.

Все полученные формулы дают возможность определить скорость, путь, время и замедление автомобиля в любой момент торможения и учитывают основные факторы, влияющие на этот процесс, в том числе такие конструктивные особенности автомобиля, как масса, расположение центра тяжести, база, скорости нарастания тормозных сил и т. д.

2.4.5 Влияние технического состояния автомобиля на тормозную динамику

Неудовлетворительное техническое состояние тормозных систем автомобилей является самой распространенной причиной дорожно-транспортных происшествий, возникающих из-за технических неисправностей транспортных средств. Число таких ДТП составляет в среднем более 50 %. Около 15 % ДТП со смертельным исходом происходит вследствие неисправности тормозных систем.

Ухудшение тормозной динамики может быть вызвано увеличением зазоров между тормозными накладками и барабанами или дисками вследствие их износа, нарушением герметичности тормозной системы, а также из-за неправильной регулировки, попадания масла, тормозной жидкости или воды на поверхности трения, наличия воздуха в гидравлических системах, недостаточным давлением в тормозных системах с пневмоприводом.

Исследования показали, что увеличение зазора между тормозными накладками и барабанами или дисками ухудшает эффективность тормозов. Так, увеличение этого зазора на 0,5 мм приводит к увеличению тормозного пути примерно на 25 %.

На автомобилях с гидроприводом тормозов увеличение зазора, кроме того, вызывает также увеличение хода тормозной педали и, как следствие, возрастает время срабатывания тормозной системы $t_{\text{с}}$. Так, при движении грузо-

вого автомобиля со скоростью 30 км/ч с последующим торможением при зазоре $\Delta_3 = 0,25$ мм время t_c составляет 0,15–0,25 с, а при зазоре $\Delta_3 = 0,5$ мм, оно увеличивается до 0,4–0,45 с. Тормозной путь при этом также возрастает на 25 %.

У автомобилей с пневмоприводом тормозов неисправный компрессор или регулятор давления могут быть причиной недостаточного давления в системе и соответственно увеличения времени t_c и пути S_T . Так при уменьшении давления в тормозной магистрали с 0,5 до 0,3 МПа у грузового автомобиля, движущегося со скоростью 30 км/ч, тормозной путь увеличивается почти вдвое.

Замасливание фрикционных накладок уменьшает замедление и увеличивает тормозной путь автомобиля в 4–5 раз. При нарушении установленного свободного хода тормозной педали или регулировки клапанов тормозного крана время t_c возрастает на 15–25 %, а замедление уменьшается на 5–7 %. Кроме того, при этом усложняется управление автомобилем, т. к. водителю труднее ощущать начало рабочего хода тормозной педали.

Некоторые дефекты, непосредственно не влияют на показатели тормозной динамики, но сказываются на работоспособности узлов и деталей тормозной системы, уменьшая ее надежность. Так, износ цилиндропоршневой группы компрессора приводит к попаданию масла в тормозную систему, а неправильная регулировка регулятора давления – к работе системы с повышенным давлением. Обе неисправности ведут к ускоренному износу резиновых элементов (шлангов, диафрагм тормозных камер), вызывая их внезапные разрывы, ведущие к их отказу и возникновению ДТП.

Ухудшение тормозной динамики автомобиля вызывают также дефекты передней подвески, перекосы мостов, неодинаковое давление в шинах, различную степень износа их протектора.

2.4.6 Пути повышения тормозной динамики автомобиля

Для повышения тормозной динамики и соответственно активной безопасности автомобиля применяют различного рода устройства и регуляторы, обеспечивающие более полное использование сцепления всех колес с дорогой, а также антиблокировочные системы, предотвращающие блокировку заторможенных колес.

Выше мы определили, что при торможении вследствие действия силы инерции автомобиля вертикальная реакция на колесах передней оси больше чем на колесах задней. Поэтому, чтобы более полно использовать сцепную массу автомобиля при торможении, передние тормоза делают более мощными, с отдельным приводом на каждую колодку при барабанных тормозах, применяя передние дисковые тормоза при барабанных задних, при всех дисковых тормозах передние диски имеют больший диаметр.

Поскольку задняя ось автомобиля при торможении разгружается, то для блокировки ее колес нужен меньший тормозной момент. Поэтому для предотвращения блокировки задних колес при торможении, приводящей к снижению эффективности торможения и возможности заноса, применяют регуляторы тормозных сил, автоматически уменьшающие давление тормозной жидкости в приводе тормозных механизмов задних колес в зависимости от вертикальной нагрузки с целью установить желаемую очередность блокирования колес. Для предотвращения заноса автомобиля при торможении необходимо, чтобы блокировались сначала передние, а затем задние колеса. Уменьшение возможности блокировки задних колес повышает безопасность движения. Степень снижения давления в контуре задних колес относительно передних устанавливается пропорционально величине загрузки задней подвески. Но полностью защитить колеса от блокировки и скольжения регулятор тормозных сил всё-таки не может.

При работе тормозного механизма происходит изнашивание его деталей, прежде всего тормозных накладок, и зазор между ними и дисками или барабанами увеличивается, что оказывает значительное влияние на путь и время торможения. Для автоматической компенсации износов тормозных накладок в процессе эксплуатации используются специальные устройства в приводе тормозов.

Например, автоматическая регулировка зазора в дисковом тормозном механизме осуществляется благодаря специальной форме канавки уплотнительного кольца (рисунок 2.12).

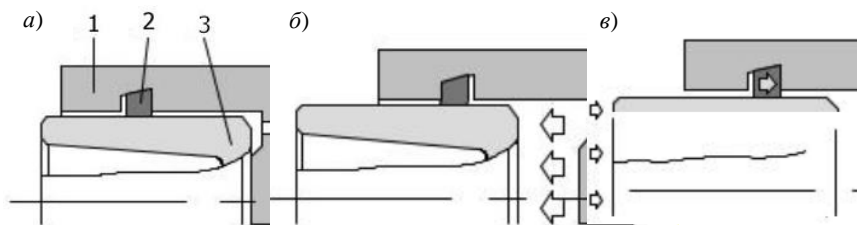


Рисунок 2.12 – Автоматическая регулировка зазора в дисковом тормозном механизме

Уплотнительное кольцо 2 установлено в канавку с небольшим натягом даже тогда, когда находится в исходном состоянии (см. рисунок 2.12, а). Кроме того, оно обладает небольшой подвижностью в осевом направлении тормозного цилиндра 1. При поступлении в цилиндр жидкости под давлением кольцо вместе с поршнем 3 перемещается в сторону диска, деформируясь при этом (см. рисунок 2.12, б). При снятии давления под действием упругих сил кольцо 2 возвращается в исходное положение, увлекая за собой

и поршень 3, обеспечивая оптимальной величины зазор между диском и тормозными накладками (см. рисунок 2.12, в).

Эффективность тормозов в значительной мере зависит от применяемых конструкционных материалов. В качестве материала для тормозных барабанов и дисков наиболее пригодным является перлитный чугун ввиду его высокой износостойкости. К парам трения должно, прежде всего, предъявляться требование независимости коэффициента трения от температуры и скорости движения. Этому требованию в наибольшей степени отвечают тормозные колодки из органических связующих материалов и колодки, полученные спеканием. При колодках из органических материалов образующее тепло почти полностью отводится к барабану или диску. В последнее время хорошо зарекомендовали себя комбинированные накладки из органических материалов и металлокерамики. Подобные колодки дают хорошие результаты при экстренном и длительном торможении. Гидравлическим системам тормозов присущ один коренной недостаток. При частом и активном торможении температура тормозной жидкости может достигнуть настолько большой температуры, что она теряет свои функциональные свойства, а это чревато полным отказом тормозов. Для лучшего охлаждения конструкторы стали применять вентилируемые диски (рисунок 2.13) [23].

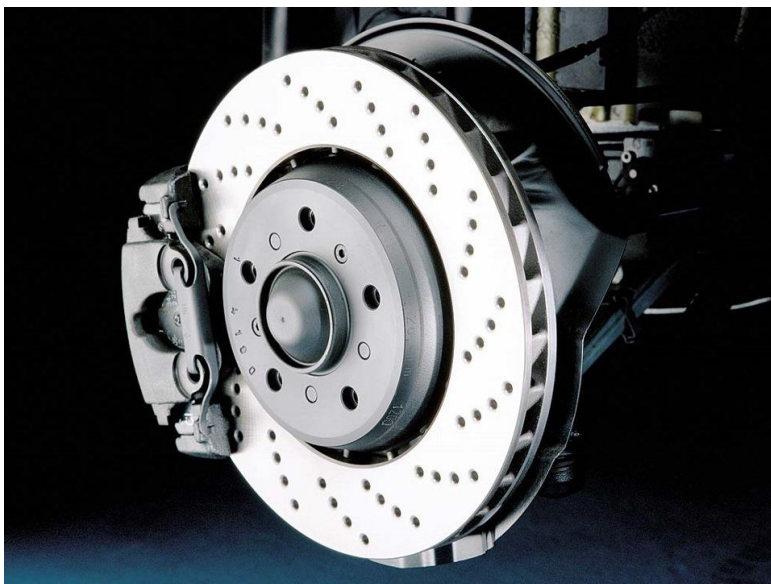


Рисунок 2.13 – Тормозной механизм с вентилируемым диском

Такой диск по всей поверхности имеет сквозные отверстия для охлаждения рабочей поверхности и снижения массы.

Всё чаще можно встретить диски, изготовленные из композитных материалов. Но, несмотря на хорошую теплопроводность и механическую твердость (выше, чем у стальных), их широкое распространение сдерживает высокая стоимость. Инженеры фирмы Siemens предложили обойтись вообще без тормозной жидкости. Для привода тормозных колодок используется высокооборотный реверсивный двигатель. Применение такого тормозного механизма существенно облегчает переход к системам управления торможением электроникой – «торможение по проводам».

Для облегчения труда водителя, снижения усилия, прилагаемого им на тормозную педаль, и повышения эффективности тормозной системы применяют усилители гидравлического тормозного привода, устанавливаемые в качестве постороннего источника энергии: вакуумные, пневматические и гидравлические.

Наибольшее распространение получил вакуумный усилитель, который устанавливается между тормозной педалью и главным тормозным цилиндром (рисунок 2.14) [24].

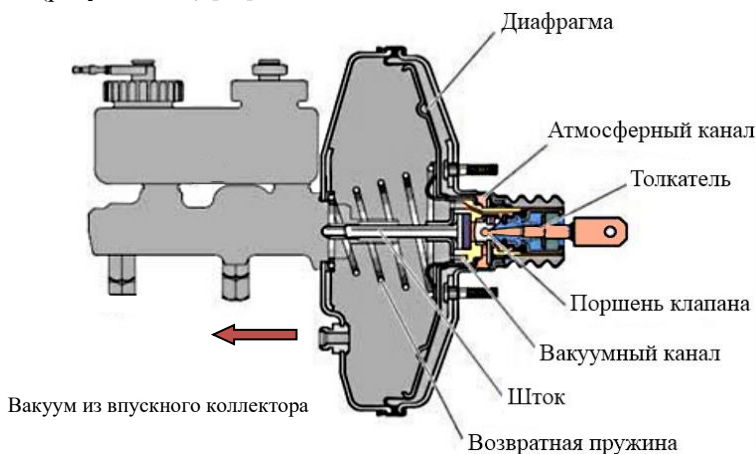


Рисунок 2.14 – Вакуумный усилитель тормозов

Принцип его действия основан на использовании разрежения во впускном трубопроводе двигателя. Корпус вакуумного усилителя разделен на две полости упругой диафрагмой. Сквозь диафрагму проходит шток, передний конец которого давит на поршень главного тормозного цилиндра, а задний соединен с тормозной педалью. Одна из полостей усилителя соединена с помощью шланга с впускным коллектором двигателя, в котором создается разрежение. В корпусе вакуумного усилителя имеется два клапана: воздушный и вакуумный, соединяющий обе его полости. Когда педаль тормоза не нажата, воздушный клапан закрыт, а вакуумный открыт, что позволяет со-

здавать одинаковое разрежение по обе стороны диафрагмы. При нажатии на педаль тормоза вакуумный клапан перекрывает соединение между полостями, а воздушный открываясь, запускает атмосферный воздух в полость между педалью тормоза и диафрагмой (рисунок 2.15). В результате по обе стороны диафрагмы создается разность давлений, что образует усилие на штоке и помогает водителю тормозить. Максимальное дополнительное усилие, реализуемое с помощью вакуумного усилителя тормозов, обычно в 3–5 раз превышает усилие от ноги водителя.

Пневматические усилители используют энергию сжатого воздуха. Такой усилитель применяется, например, на автомобилях «Урал», имеющих гидравлическую тормозную систему. Принцип действия такого усилителя состоит в том, что усилие на штоке главного тормозного цилиндра создается не с помощью мышечной силы водителя, а посредством давления сжатого воздуха из пневмосистемы автомобиля. Водитель ногой только управляет краном подачи воздуха.

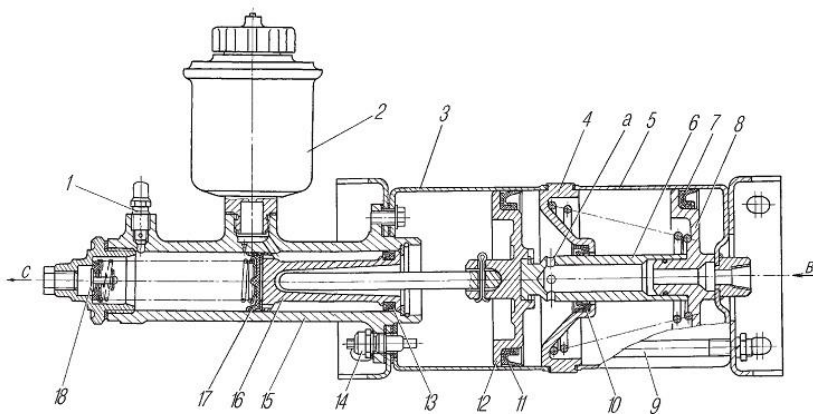


Рисунок 2.15 – Пневматический усилитель с главным тормозным цилиндром автомобиля «Урал»:

1 – клапан перепускной; 2 – бачок для тормозной жидкости; 3, 5 – пневмоцилиндры; 4 – проставка; 6 – шток; 7, 10, 11, 13, 17 – манжеты; 8, 12, 16 – поршни; 9 – стяжка; 14 – включатель сигнализатора неисправности тормозов; 15 – цилиндр тормозной главный; 18 – клапан обратный; *a* – радиальное отверстие; *b* – от тормозного крана; *c* – в тормозную систему

Гидравлический усилитель тормозов имеет гидронасос, бачок с запасом рабочей жидкости, следящий распределитель, соединенный со штоком и поршнем силового цилиндра. Как и в пневматическом усилителе, шток силового цилиндра воздействует на поршень главного тормозного цилиндра. Если торможение не осуществляется, нагнетаемая насосом жидкость проходит через каналы распределителя и сливается обратно в бачок. При нажатии педали в распределителе перекрывается слив жидкости в бачок и открыва-

ется его проход в полость силового цилиндра. Усилия на штоке от педали и от давления жидкости на поршень силового цилиндра складываются и передаются на поршень главного тормозного цилиндра. Неработающий усилитель любого типа не препятствует штатному торможению автомобиля от педали.

Надежность работы тормозной системы значительно повышается при использовании отдельного (двухконтурного) привода. У автомобиля с обычным, одноконтурным тормозным приводом утечка жидкости или воздуха при нарушении герметичности соединений или вследствие разрыва резинового шланга вызывает отказ всех тормозных механизмов автомобиля. При отдельном приводе главный тормозной цилиндр имеет два поршня, каждый из которых создает давление в отдельном контуре. Различные схемы двухконтурных тормозных систем приведены на рисунке 2.16.

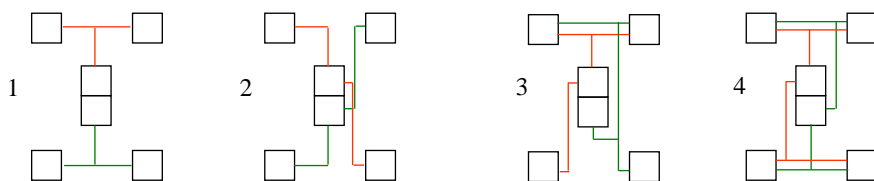


Рисунок 2.16 – Схемы двухконтурных тормозных приводов

При схеме 1 первый контур приводит в действие тормозные механизмы передних колес, а второй – задних. Недостатком такой схемы является то, что остаточная эффективность тормозной системы разная при выходе из строя одного из контуров. Она больше при отказе заднего контура и меньше при выходе из строя переднего.

Наиболее распространена диагональная схема 2. При этой схеме один контур управляет тормозными механизмами правого переднего и левого заднего колеса, а второй – левого переднего и правого заднего. В этом случае остаточная эффективность тормозной системы остается одинаковой при выходе из строя любого из контуров. Недостатком этой схемы является возможность заноса автомобиля на скользком дорожном покрытии.

В так называемой «шведской» схеме 3 каждый контур затормаживает оба передних колеса и одно из задних. При этом обеспечивается высокая остаточная эффективность каждого контура, однако в этом случае на передних колесах необходимо устанавливать по две пары рабочих тормозных цилиндров.

Самой безопасной, но и самой дорогой, является схема 4, при которой каждый контур обслуживает тормозные механизмы всех четырех колес. Но в этом случае на каждом колесе необходимо иметь по две пары рабочих тормозных цилиндров.

2.5 Устойчивость автомобиля

2.5.1 Показатели устойчивости автомобиля

Устойчивость автомобиля – это совокупность его качеств, обеспечивающих движение в требуемом направлении без бокового скольжения (заноса) или опрокидывания. Устойчивость является одним из важнейших эксплуатационных свойств автомобиля, от которого во многом зависит безопасность движения. Управляя неустойчивым автомобилем, водитель вынужден более внимательно следить за дорожной обстановкой и постоянно корректировать движение автомобиля, чтобы он не выехал за пределы дороги. Длительно управляя таким автомобилем, водитель испытывает нервное перенапряжение и быстро утомляется, а это повышает вероятность возникновения ДТП.

В зависимости от направления бокового скольжения или опрокидывания различают поперечную и продольную устойчивость. Более вероятна и опасна потеря поперечной устойчивости, возникающая вследствие действия различных боковых сил. Потеря поперечной устойчивости может произойти как при криволинейном, так и при прямолинейном движении. Показателями поперечной устойчивости автомобиля при криволинейном движении являются максимальные (критические) скорости движения по дуге окружности, соответствующие началу заноса v_z и началу опрокидывания $v_{опр}$.

Потеря поперечной устойчивости при прямолинейном движении может наступить, если автомобиль движется по косогору, т. е. по дороге с поперечным уклоном. В этом случае показателями поперечной устойчивости являются максимальный (критический) угол косогора, соответствующий началу поперечного скольжения колес β_z , и максимальный (критический) угол косогора, соответствующий началу опрокидывания автомобиля $\beta_{опр}$.

Опрокидывание автомобиля в продольной плоскости практически не встречается. Потеря автомобилем продольной устойчивости выражается, как правило, в буксовании ведущих колес, особенно часто наблюдаемом при преодолении автопоездом затяжных крутых подъемов со скользкой поверхностью. Показателем продольной устойчивости служит максимальный угол подъема, преодолеваемый автомобилем без буксования ведущих колес.

Свойство автомобиля двигаться прямолинейно без корректирующих действий водителя, т. е. при неизменном положении рулевого колеса, называется *курсовой устойчивостью*. Автомобиль с плохой курсовой устойчивостью самопроизвольно меняет направление движения (рыскает по дороге), создавая угрозу другим транспортным средствам и пешеходам.

2.5.2 Курсовая устойчивость автомобиля

Нарушение курсовой устойчивости при прямолинейном движении автомобиля может произойти из-за воздействия бокового ветра, ударов колес о неровности дороги, разных по величине тяговых или тормозных сил на колесах правой и левой стороны. Это может быть вызвано и неправильными приемами вождения (резким торможением или разгоном), а также техническими неисправностями (неправильная регулировка тормозных механизмов, прокол или разрыв шины и т. п.).

Часто предпосылкой потери курсовой устойчивости является скорость автомобиля, не соответствующая дорожным условиям, когда тяговая сила P_T на ведущих колесах приближается к силе сцепления $P_{сц}$ и возможно их буксование. Условие отсутствие буксования для заднеприводного автомобиля – $P_T \leq P_{сц2}$.

Сила тяги, в соответствии с уравнением движения автомобиля, при ускоренном движении

$$P_T = G \left(f + \sin \alpha + \frac{\delta_{вр} j}{g} \right) + W_B v^2. \quad (2.23)$$

Как видно из рисунка 2.17, при разгоне сила инерции автомобиля классической компоновки уравнивается касательной реакцией на ведущих колесах:

$$P_{и} = R_{x2} = R_{z2} \varphi_x.$$

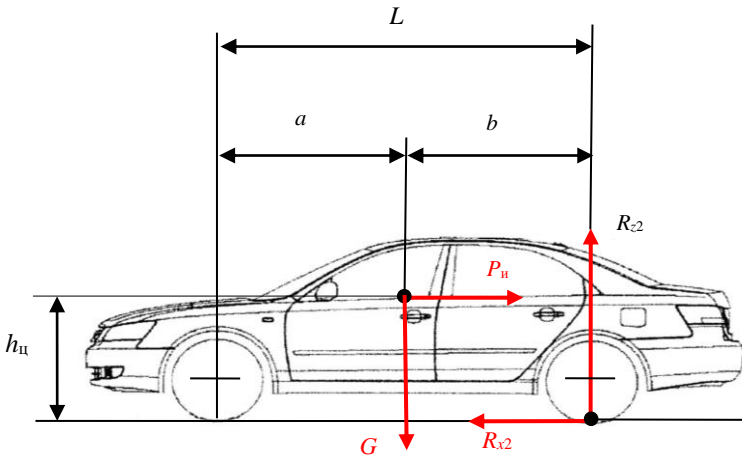


Рисунок 2.17 – Силы, действующие на автомобиль при разгоне

Составим уравнение моментов сил относительно точки контакта передних колес автомобиля с дорогой и определим из него значение вертикальной реакции на задних колесах автомобиля:

$$R_{z2}L - R_{z2}\varphi_x h_{ц} - Ga = 0, \text{ откуда } R_{z2} = \frac{Ga}{L - \varphi_x h_{ц}}.$$

Тогда сила сцепления $P_{сц2} = \frac{Ga\varphi_x}{L - \varphi_x h_{ц}}$.

Приравняв силу сцепления и силу тяги, получим

$$\frac{Ga\varphi_x}{L - \varphi_x h_{ц}} = G \left(f + \sin\alpha + \frac{\delta_{вр}j}{g} \right) + W_B v^2.$$

Отсюда максимально допустимая скорость прямолинейного движения автомобиля без буксования ведущих колес

$$v_{букс} = \sqrt{\frac{G}{W_B} \left(\frac{a\varphi_x}{L - \varphi_x h_{ц}} - f - \sin\alpha - \frac{\delta_{вр}}{g} j \right)}. \quad (2.24)$$

Из полученного выражения видно, что $v_{букс}$ уменьшается при снижении коэффициента сцепления φ_x , при увеличении ускорения j и коэффициента сопротивления дороги ψ . Поэтому потеря курсовой устойчивости более вероятна на скользких дорогах с подъемами. Движение автомобиля со скоростью близкой к $v_{букс}$ является лишь одной из предпосылок к заносу. Теоретически с этой скоростью автомобиль может двигаться сколь угодно долго без потери курсовой устойчивости. В реальных условиях имеются возмущающие силы и моменты, которые невелики при малой скорости. При движении автомобиля по неровной дороге со скоростью, близкой к $v_{букс}$, наезд колеса на выступ или впадину приводит к изменению вертикальной и соответственно касательной реакции на одном из ведущих колес автомобиля, что приводит к заносу. Поэтому большая скорость сама по себе не может нарушить курсовую устойчивость, но она усиливает вероятность опасных последствий. Вместе с тем водитель имеет возможность уменьшить силу тяги, уменьшив подачу топлива. Поэтому начавшееся буксование колес может привести к ДТП только в результате неправильных или несвоевременных действий водителя.

2.5.3 Устойчивость автомобиля при криволинейном движении

При криволинейном движении автомобиля поперечной силой, вызывающей его занос или опрокидывание, является центробежная сила. Для ее

определения рассмотрим схему движения автомобиля на повороте, приняв при этом допущение, что автомобиль является плоской фигурой, а увод и скольжение колес отсутствуют (рисунок 2.18).

Из рисунка 2.18 видно, что на участке 1–2 автомобиль движется прямолинейно и его управляемые колеса находятся в нейтральном положении.

На участке 2–3 водитель поворачивает рулевое колесо, и автомобиль движется по кривой уменьшающегося радиуса. На участке 3–4 управляемые колеса остаются повернутыми на угол θ , а автомобиль движется по дуге постоянного радиуса. На участке 4–5 водитель поворачивает рулевое колесо в обратном направлении, и радиус траектории движения увеличивается. На участке 5–6 управляемые колеса находятся в нейтральном положении, и автомобиль снова движется прямолинейно.

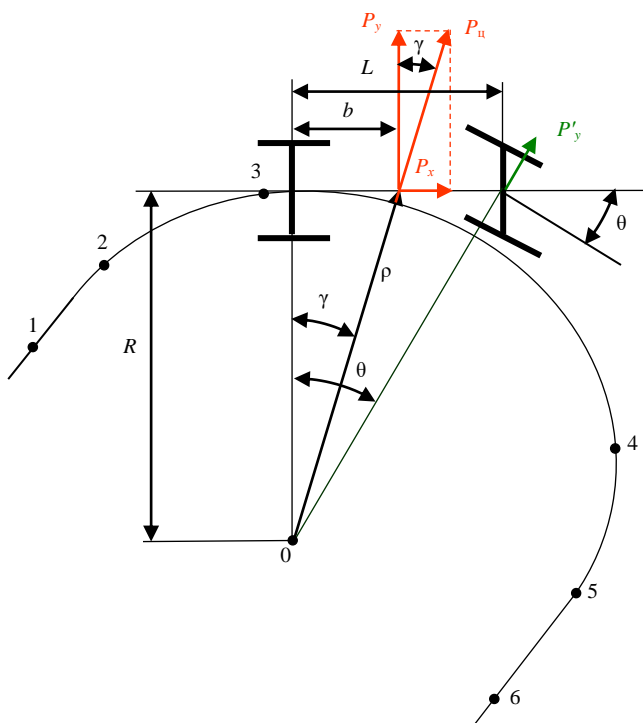


Рисунок 2.18 – Схема криволинейного движения автомобиля

Из приведенной схемы радиус поворота автомобиля определится как

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg}\theta}.$$

При углах поворота управляемых колес $\theta \leq 20^\circ$ можно записать

$$R = \frac{L}{\theta}.$$

При равномерном движении по дуге постоянного радиуса центробежная сила определяется как

$$P_{\text{ц}} = M\omega^2\rho,$$

где M – масса автомобиля, кг; ω – угловая скорость автомобиля на повороте, рад/с; ρ – расстояние от центра поворота до центра тяжести автомобиля, м.

С учетом того, что

$$\omega = \frac{v}{R} \quad \text{и} \quad \rho = \frac{R}{\cos\gamma},$$

центробежная сила, действующая на автомобиль при его равномерном движении по дуге постоянного радиуса R ,

$$P_{\text{ц}} = \frac{Mv^2}{R\cos\gamma},$$

а ее поперечная составляющая

$$P_y = P_{\text{ц}} \cos\gamma = \frac{Mv^2}{R} = Mv^2 \frac{\theta}{L}.$$

В этих формулах γ – угол между радиусом ρ центра тяжести автомобиля и радиусом поворота R .

При движении автомобиля по переходным кривым на него действует также сила, вызванная изменением кривизны траектории. Поперечная составляющая этой силы P'_y создается массой передней части автомобиля M_1 и пропорциональна скорости автомобиля и угловой скорости поворота управляемых колес $\omega_{y,к}$:

$$P'_y = M_1 v \omega_{y,к} = \frac{Mvb\omega_{y,к}}{L}.$$

Чем выше скорость автомобиля и чем быстрее водитель поворачивает рулевое колесо, тем больше сила P'_y и вероятнее потеря устойчивости автомобиля.

Следовательно, суммарная боковая сила, действующая на автомобиль при криволинейном движении

$$P_{\text{сум}} = P_y + P'_y = \frac{M(v^2\theta \pm vb\omega_{y,k})}{L}. \quad (2.25)$$

Сила P'_y действует только во время поворота передних колес. При входе автомобиля в поворот скорость $\omega_{y,k}$ положительна, и сила P'_y , складываясь с силой P_y , увеличивает опасность опрокидывания или заноса. При выходе из поворота скорость $\omega_{y,k}$ отрицательна, и автомобиль может двигаться с большей скоростью без потери устойчивости. На участке постоянного радиуса $P'_y = 0$, т. к. $\omega_{y,k} = 0$.

Определим критические скорости автомобиля по условиям опрокидывания и заноса при его движении по дуге постоянного радиуса (рисунок 2.19).

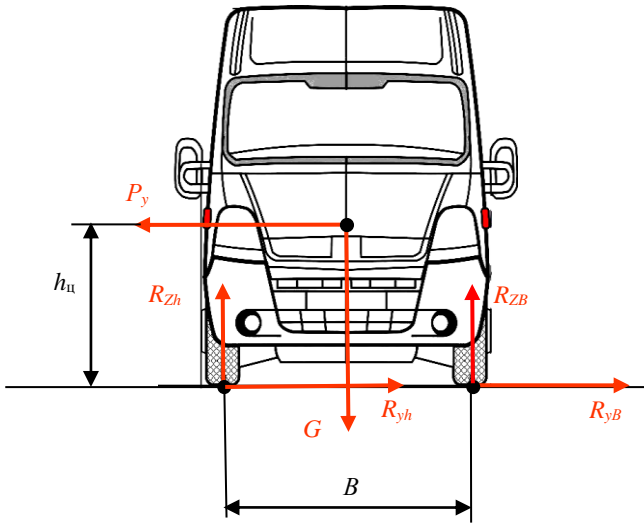


Рисунок 2.19 – Схема сил, действующих на автомобиль при криволинейном движении

Как видно из рисунка 2.19, под действием центробежной силы P_y автомобиль может опрокинуться относительно оси, проходящей через центры контактов шин наружных (по отношению к центру поворота) колес с дорогой. Составим уравнение моментов сил относительно этой оси:

$$R_{zB}B = \frac{GB}{2} - P_y h_{\text{ц}},$$

где R_{zB} – сумма нормальных реакций дороги внутренних колес автомобиля.

В момент отрыва внутренних колес от дороги, т. е. в момент начала опрокидывания вертикальная реакция $R_{zB} = 0$, тогда

$$\frac{GB}{2} = P_y h_u.$$

Подставив вместо силы P_y ее значение, получим

$$\frac{GB}{2} = \frac{Mv^2}{R} h_u = \frac{Gv^2}{gR} h_u.$$

Окончательно выражение для критической скорости по условиям опрокидывания имеет вид:

$$v_{\text{опр}} = \sqrt{\frac{BRg}{2h_u}}. \quad (2.26)$$

Из формулы (2.26) видно, что чем шире колея автомобиля, больше радиус поворота и ниже центр тяжести, тем больше скорость, при которой возможно опрокидывание.

В результате действия центробежной силы P_y может начаться также скольжение шин по дороге в поперечном направлении. Сумма поперечных реакций дороги R_{yh} и R_{yB} в этом случае равна сумме сил сцепления с дорогой всех колес автомобиля:

$$R_{yh} + R_{yB} = G\varphi_y = P_y = \frac{Mv^2}{R},$$

где φ_y – коэффициент поперечного сцепления шин с дорогой.

Отсюда критическая скорость по условиям скольжения:

$$v_3 = \sqrt{\frac{G\varphi_y R}{M}}, \quad (2.27)$$

но $M = \frac{G}{g}$, тогда окончательно $v_3 = \sqrt{gR\varphi_y}$.

Для обеспечения безопасности движения автомобиля по кривым малого радиуса на дороге устраивают виражи, на которых проезжая часть и обочины имеют поперечный наклон к центру кривой.

2.5.4 Устойчивость автомобиля при движении по косоугору

При движении автомобиля по косоугору (дороге с поперечным уклоном под углом β) возмущающей силой, способной вызвать потерю поперечной устойчивости, является поперечная составляющая силы веса автомобиля $G \sin\beta$ (рисунок 2.20).

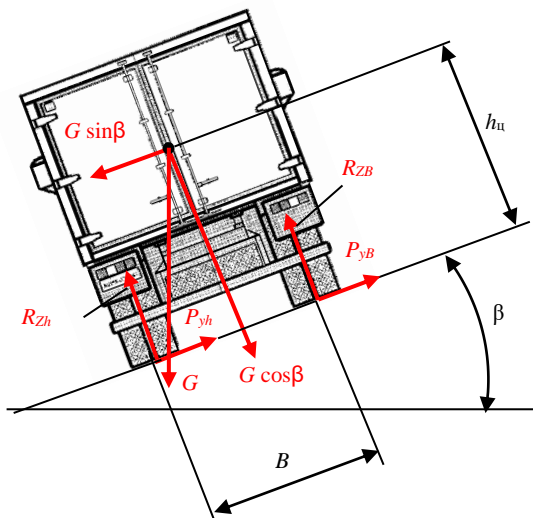


Рисунок 2.20 – Схема сил, действующих на автомобиль при движении по косоугору

Составим уравнение моментов сил, действующих на автомобиль, относительно оси, которая проходит через центры контактов шин наружных колес с дорогой:

$$-R_{ZB}B - Gh_u \sin\beta + G \cos\beta \frac{B}{2} = 0.$$

В момент начала опрокидывания автомобиля реакция $R_{ZB} = 0$, тогда, разделив левую и правую части формулы на $G \cos\beta$, получим

$$\frac{Gh_u \sin\beta}{G \cos\beta} = \frac{G \cos\beta}{G \cos\beta} \left(\frac{B}{2} \right)$$

или

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{B}{2h_u}.$$

Критический угол косоугора по условиям опрокидывания

$$\beta_{\text{опр}} = \arctg \frac{B}{2h_{\text{ц}}} . \quad (2.28)$$

Критический угол косогора по условиям бокового скольжения (заноса) определим, спроецировав все силы на плоскость дороги:

$$G \sin \beta = R_{y_h} + R_{y_B} .$$

Вместе с тем, по условиям сцепления шин с дорогой сумма поперечных реакций в момент начала заноса

$$R_{y_h} + R_{y_B} = \varphi_y G \cos \beta ,$$

тогда $G \sin \beta = \varphi_y G \cos \beta$ или $\text{tg} \beta = \varphi_y$.

Следовательно, критический угол косогора по условиям заноса

$$\beta_3 = \arctg \varphi_y . \quad (2.29)$$

2.5.5 Продольная устойчивость автомобиля

У современных автомобилей с низко расположенным центром тяжести опрокидывание в продольной плоскости маловероятно и практически исключено. Потеря продольной устойчивости может проявиться в буксовании ведущих колес, вызывающем сползание автомобиля вниз, например, во время преодоления автопоездом крутого подъема большой длины.

Определим максимальный угол подъема α , который при равномерном движении может преодолеть автопоезд без буксования ведущих колес тягача. Примем при этом, что силы сопротивления качению и воздуха отсутствуют (рисунок 2.21).

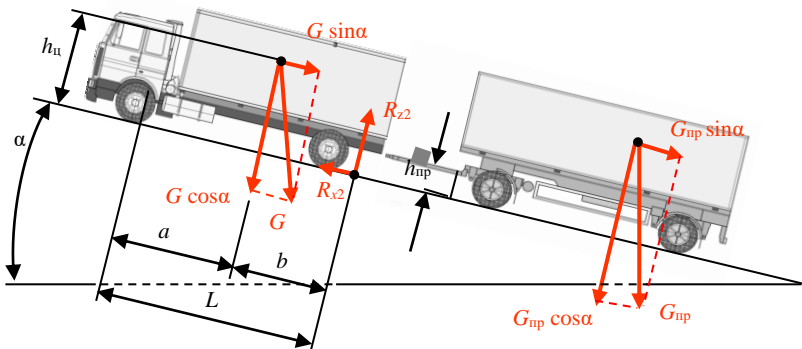


Рисунок 2.21 – Схема движения автопоезда на подъем

Из условий равновесия тягача имеем

$$R_{x2} = (G + G_{\text{пр}}) \sin \alpha .$$

Второе уравнение составляем из условия равновесия моментов сил относительно точки контакта передних колес с дорогой:

$$Gac \cos \alpha + Gh_{\text{ц}} \sin \alpha - R_{z2} L + G_{\text{пр}} h_{\text{пр}} \sin \alpha = 0 ,$$

где $G_{\text{пр}}$ – вес прицепа, Н;

$h_{\text{пр}}$ – высота сцепного устройства над дорогой, м.

Выразим из этого уравнения R_{z2} :

$$R_{z2} = \frac{Gac \cos \alpha + Gh_{\text{ц}} \sin \alpha + G_{\text{пр}} h_{\text{пр}} \sin \alpha}{L} .$$

Максимальная величина касательной реакции ограничена сцеплением шин с дорогой, то есть

$$R_{x2} = R_{z2} \varphi_x = \frac{Gac \cos \alpha + Gh_{\text{ц}} \sin \alpha + G_{\text{пр}} h_{\text{пр}} \sin \alpha}{L} \varphi_x .$$

Приравняем два выражения для определения R_{x2} :

$$(G + G_{\text{пр}}) \sin \alpha = \frac{Gac \cos \alpha + Gh_{\text{ц}} \sin \alpha + G_{\text{пр}} h_{\text{пр}} \sin \alpha}{L} \varphi_x$$

или

$$L(G + G_{\text{пр}}) \sin \alpha = (Gac \cos \alpha + Gh_{\text{ц}} \sin \alpha + G_{\text{пр}} h_{\text{пр}} \sin \alpha) \varphi_x .$$

Раскрыв скобки и разделив обе части этого уравнения на $\cos \alpha$, получим

$$LG \operatorname{tg} \alpha + LG_{\text{пр}} \operatorname{tg} \alpha = Ga \varphi_x + Gh_{\text{ц}} \varphi_x \operatorname{tg} \alpha + G_{\text{пр}} h_{\text{пр}} \varphi_x \operatorname{tg} \alpha .$$

Отсюда получаем выражение для критического угла подъема, при котором возможно движение автопоезда без буксования ведущих колес тягача

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{букс}} = \frac{Ga \varphi_x}{G(L - h_{\text{ц}} \varphi_x) + G_{\text{пр}}(L - h_{\text{пр}} \varphi_x)} ,$$

тогда

$$\alpha_{\text{букс}} = \operatorname{arctg} \frac{Ga \varphi_x}{G(L - h_{\text{ц}} \varphi_x) + G_{\text{пр}}(L - h_{\text{пр}} \varphi_x)} .$$

Согласно полученному выражению критический угол $\alpha_{\text{букс}}$ в большой степени зависит от коэффициента сцепления φ_x . Для автопоездов при ко-

эffiциенте сцепления $\varphi_x = 0,3$ этот угол не превышает 4–6°. Этим объясняется часто наблюдаемое в зимнее время буксование ведущих колес тягача автопоезда на сравнительно пологих подъемах.

Для одиночного автомобиля $G_{np} = 0$, поэтому

$$\alpha_{\text{букс}} = \arctg \frac{a\varphi_x}{L - h_{ц}\varphi_x}. \quad (2.30)$$

Для одиночных автомобилей классической компоновки с колесной формулой 4×2 критический угол подъема $\alpha_{\text{букс}}$ находится в пределах 10–12°.

Для переднеприводного одиночного автомобиля

$$\alpha_{\text{букс}} = \arctg \frac{b\varphi_x}{L + h_{ц}\varphi_x}. \quad (2.31)$$

Для двухосного полноприводного автомобиля максимальное значение касательных реакций на колесах

$$R_{x1} + R_{x2} = (R_{z1} + R_{z2})\varphi_x = G\varphi_x \cos\alpha.$$

Из условий равновесия имеем $R_{x1} + R_{x2} = G\sin\alpha$.

Приравняв эти выражения и разделив полученное уравнение на $\cos\alpha$, имеем

$$\alpha_{\text{букс}} = \arctg\varphi_x. \quad (2.32)$$

Такие автомобили могут преодолевать крутые подъемы без потери продольной устойчивости даже на мокрых и скользких дорогах ($\alpha_{\text{букс}} = 17...19^\circ$).

2.6 Управляемость автомобиля

2.6.1 Значение управляемости автомобиля для безопасности движения

Дорожная обстановка непрерывно меняется, требуя от водителя постоянной готовности изменить характер движения автомобиля. Для этого автомобиль должен иметь возможность под действием водителя легко и быстро изменять свое положение на дороге.

Управляемостью называется свойство автомобиля обеспечивать движение в направлении, заданном водителем.

При плохой управляемости автомобиля действительное направление движения не совпадает с желаемым, и поэтому необходимы дополнительные управляющие воздействия со стороны водителя. Это приводит к «рыс-

канию» автомобиля по дороге, увеличению динамического коридора и утомлению водителя. При особенно неблагоприятных обстоятельствах плохая управляемость может явиться причиной столкновений автомобилей, наездов на пешеходов или выезда за пределы дороги.

Управляемость автомобиля оценивают по следующим измерителям: критическая скорость по управляемости, поворачиваемость автомобиля, стабилизация управляемых колес и их угловые колебания.

Если автомобиль на повороте достиг такой скорости, при которой управляемые колеса скользят в поперечном направлении, то в этом случае их поворот не изменит направление движения автомобиля, т. е. автомобиль теряет управляемость.

Критическая скорость автомобиля по условиям управляемости

$$v_{\text{упр}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{\varphi^2 - f^2}}{\text{tg}\theta} - f \right) gL \cos\theta}. \quad (2.33)$$

На дорогах с твердым покрытием коэффициент сцепления φ обычно во много раз превосходит коэффициент сопротивления качению f , поэтому автомобиль даже при высокой скорости движения сохраняет управляемость. При движении по скользким дорогам с обледененным покрытием, а также по глубокому песку или снегу значения φ и f сближаются, что приводит к снижению критической скорости по управляемости. Если $\varphi \approx f$, то $v_{\text{упр}} \approx 0$ и автомобиль теряет управляемость.

У переднеприводных автомобилей толкающая сила со стороны колес заднего моста отсутствует и, кроме того, направление силы тяги на передних колесах совпадает с плоскостью их вращения. Поэтому автомобили с передними ведущими колесами обладают лучшей управляемостью в сложных дорожных условиях.

Поворачиваемостью называют свойство автомобиля изменять направление движения без поворота управляемых колес. Существуют две основные причины поворачиваемости: увод колес, связанный с поперечной эластичностью шин; поперечный крен кузова, связанный с эластичностью подвески. Соответственно, различают шинную и креновую поворачиваемости автомобиля.

Автомобиль с недостаточной поворачиваемостью более устойчив и лучше сохраняет заданное направление движения, по сравнению с автомобилем с излишней поворачиваемостью. Кроме того, автомобиль с излишней поворачиваемостью может при достижении определенной скорости утратить управляемость.

Управление автомобилем, имеющим излишнюю шинную поворачиваемость, затруднено. Так, при скорости, равной критической, водитель для

движения автомобиля по кривой должен установить управляемые колеса в нейтральное положение. При скорости большей, чем критическая, угол поворота колес θ становится отрицательным. Это означает, что для поворота автомобиля, например, направо, водитель должен повернуть передние колеса налево. Это противоестественное явление может вызвать замешательство водителя и привести к ДТП.

У автомобиля с недостаточной или с нейтральной шинной поворачиваемостью критическая скорость по уводу отсутствует, т. к. при $\delta_1 > \delta_2$ подкоренное выражение в формуле отрицательно и $v_{ув}$ является мнимой величиной, а при $\delta_1 = \delta_2$ она равна бесконечности.

Креновая поворачиваемость автомобиля связана с конструкцией его подвески. У автомобиля с излишней креновой поворачиваемостью, на который действует поперечная сила, кривизна траектории непрерывно увеличивается. Это приводит к росту центробежной силы и дальнейшему уменьшению радиуса поворота. Однако максимальное значение угла поперечного крена кузова обычно ограничено упорами, предусмотренными в конструкции подвески. Поэтому креновая поворачиваемость не может увеличиваться беспредельно в отличие от шинной.

2.6.2 Стабилизация управляемых колес автомобиля

При движении на управляемые колеса автомобиля всегда действуют различные силы (толчки от неровностей дороги, боковой ветер, поперечный наклон дороги и др.), стремящиеся отклонить их от положения, соответствующего прямолинейному движению. Это может явиться причиной неустойчивого движения автомобиля.

Устойчивое движение автомобиля обеспечивается стабилизацией управляемых колес, то есть их свойством сохранять нейтральное положение, занимаемое ими при прямолинейном движении, и автоматически в него возвращаться. Чем лучше стабилизация управляемых колес, тем легче управлять автомобилем, тем выше безопасность движения.

Стабилизирующий эффект обеспечивается приходящейся на управляемые колеса силой веса автомобиля и боковыми реакциями опорной поверхности, возникающими при отклонении эластичных колес от нейтрального положения.

Для использования силы веса автомобиля в качестве стабилизирующего фактора шкворни поворотных цапф наклоняются в поперечной плоскости на угол α (рисунок 2.22, а).

При такой установке шкворней поворот управляемых колес в любую сторону от нейтрального положения сопровождается приподниманием передней части автомобиля на величину h (рисунок 2.22, б). Этому препятствует сила ее

веса, стремящаяся вернуть управляемые колеса в нейтральное положение.

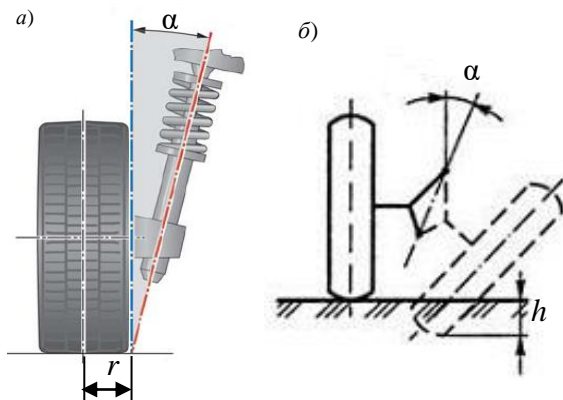


Рисунок 2.22 – Стабилизация управляемых колес автомобиля за счет наклона шкворня в поперечной плоскости

Возникающий таким образом стабилизирующий эффект зависит от массы автомобиля, приходящейся на управляемые колеса, угла поперечного наклона шкворня α и плеча обкатки r (расстояние от центра пятна контакта колеса до пересечения его оси поворота с дорогой).

Для того чтобы боковые реакции опорной поверхности R_y при повороте управляемых колес могли обеспечить стабилизирующее воздействие, они должны создать относительно шкворней соответствующие восстанавливающие моменты. Если боковая реакция дороги приложена в точке опорной поверхности, находящейся на одной вертикали с центром колеса (рисунок 2.23, а), то она не может создать стабилизирующий момент, так как отсутствует плечо ее действия (рисунок 2.23, б), которое создается углом наклона (рисунок 2.23, в).

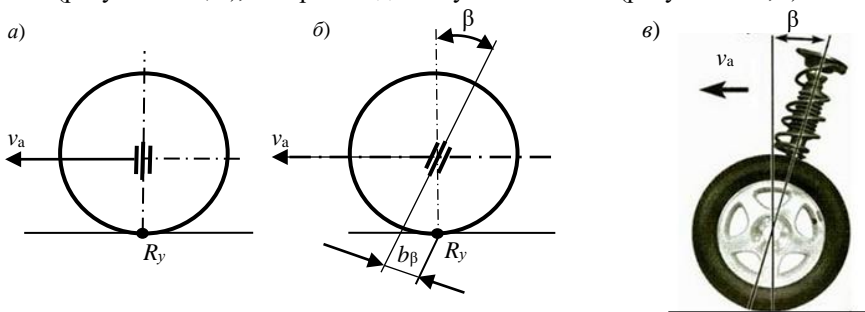


Рисунок 2.23 – Стабилизация управляемых колес автомобиля за счет наклона шкворня в продольной плоскости

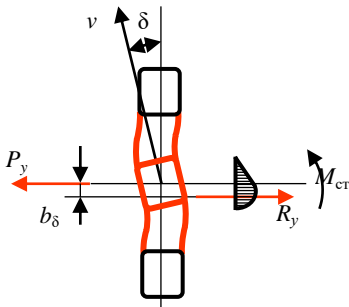


Рисунок 2.24 – Стабилизация управляемых колес автомобиля за счет увода эластичных шин

В результате этого возникает стабилизирующий момент M_{δ} даже в случае отсутствия продольного наклона шкворня $M_{ст} = R_y b_{\delta}$.

Таким образом, суммарный стабилизирующий момент, возникающий при продольном наклоне шкворня и вследствие увода в результате чего элементарные поперечные реакции распределяются по длине контакта неравномерно и равнодействующая реакция $R_y = P_y$ смещена назад на расстояние b_{δ} .

Повышение эластичности современных автомобильных шин приводит к тому, что обусловленный шиной стабилизирующий момент становится весьма существенным и может значительно превосходить момент, создаваемый продольным наклоном шкворня.

Под действием поперечной силы P_y , действующей на управляемое колесо на повороте, происходит также его увод на угол δ (рисунок 2.24).

При этом деформация в задней части зоны контакта шины с дорогой оказывается больше, чем в передней, вследствие чего элементарные поперечные реакции распределяются по длине контакта неравномерно и равнодействующая реакция $R_y = P_y$ смещена назад на расстояние b_{δ} .

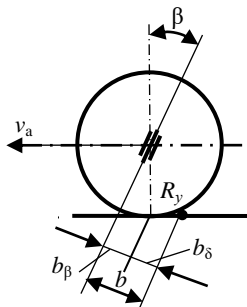


Рисунок 2.25 – Стабилизация управляемых колес автомобиля за счет наклона шкворня в продольной плоскости и увода эластичных шин

2.6.3 Установка управляемых колес автомобиля

Управляемость автомобиля зависит также от углов установки управляемых колес, то есть углов развала и схождения. Угол развала γ создается для того, чтобы уменьшить плечо обкатки r , не увеличивая поперечный наклон шкворня (рисунок 2.26). В результате этого касательные реакции дороги в контакте шин, действующие на плечо обкатки r и достигающие в случае торможения или ударов о неровности дороги весьма значительной величины, не создают больших поворачивающих моментов, что облегчает управление автомобилем.

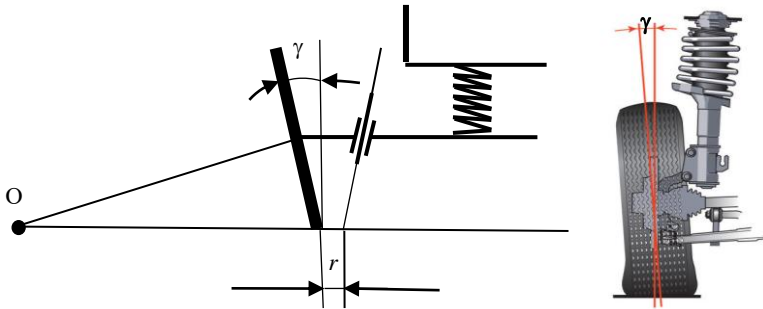


Рисунок 2.26 – Развал управляемых колес

Кроме того, при наличии развала возникает осевая сила, которая прижимает колесо к внутреннему подшипнику ступицы и тем самым предотвращает виляние колеса в случае появления зазоров в подшипниках ступицы вследствие их износа. Однако наклоненные колеса стремятся катиться в сторону от автомобиля по дугам окружностей, центры которых O находятся на пересечении осей колес с опорной поверхностью.

Поэтому если управляемые колеса находятся в нейтральном положении и сцепление шин достаточно велико, то они будут катиться прямолинейно, но в контакте шин с дорогой возникнут элементарные боковые реакции, направленные в сторону наклона (рисунок 2.27).

Эти реакции дают равнодействующую силу Y_γ увеличивающую нагрузку в рулевом приводе, сопротивление качению и износ шин, тем более, что при наличии развала давления по площади контакта распределяются неравномерно.

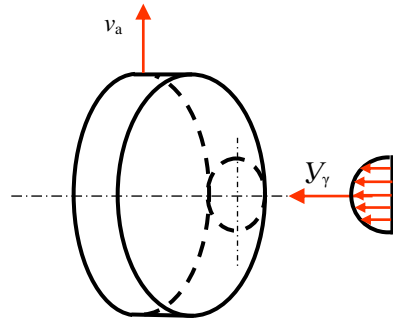


Рисунок 2.27 – Силы, действующие на наклоненное колесо

Для нейтрализации силы Y_γ , действующей в контакте с дорогой управляемых колес, которые установлены с развалом, им придется схождение в горизонтальной плоскости (рисунок 2.28).

Вследствие этого управляемые колеса катятся с уводом, угол которого δ равен половине угла схождения. При этом возникают силы V_δ , перпендикулярные к плоскостям колес, и моменты $M_\delta = V_\delta b_\delta$, стремящиеся повернуть их в сторону, противоположную схождению. В итоге боковые реакции Y_γ и V_δ направлены в противоположные стороны, и их действия в зависимости от соотношения между углами развала и схождения в той или иной мере взаимно нейтрализуются.

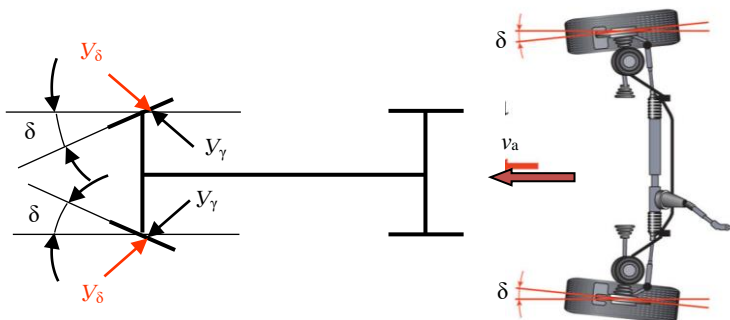


Рисунок 2.28 – Схождение управляемых колес

Исследования показывают, что наиболее полная нейтрализация боковых сил Y_γ и Y_δ происходит при углах схождения, составляющих 12–18 % от угла развала в зависимости от параметров шин.

2.7 Плавность хода автомобиля

2.7.1 Значение плавности хода для безопасности движения

Плавностью хода, называют свойство автомобиля двигаться по дороге с неровностями без больших колебаний подрессоренных масс (кузова). Динамические нагрузки, сопровождающие колебания, приводят к поломкам деталей автомобиля и ускоренному изнашиванию трущихся поверхностей. При колебаниях повышается сопротивление движению вследствие увеличения потерь энергии на трение в элементах ходовой части автомобиля, возрастает расход топлива. На неровных дорогах водитель вынужден снижать скорость, вследствие чего уменьшается производительность транспортных средств.

Ухудшение безопасности при больших колебаниях кузова автомобиля связано с повышением утомляемости водителя и возможности отрыва колес от дороги. Кроме того, от плавности хода зависит обеспечение сохранности перевозимых грузов.

Колебания характеризуются амплитудой, частотой, скоростью и ускорением. Наибольшее применение для оценки плавности хода имеют следующие измерители: частота собственных колебаний и ускорение, которые непосредственно связаны с ощущениями человека.

Организм человека привык к вертикальным колебаниям при спокойной ходьбе и поэтому хорошо приспособлен к частотам 1,7–2,5 Гц. Длительные вынужденные колебания с частотой 3–5 Гц и большой амплитудой могут вызвать морскую болезнь вследствие периодического смещения крови в

сосудах. При частоте 5–11 Гц наблюдаются расстройтва, вызванные возбуждением вестибулярного аппарата, а также резонансными колебаниями внутренних органов (желудочно-кишечного тракта, печени) и тела в целом. Колебания с частотой 11–45 Гц вызывают тошноту, рвоту. Ухудшается зрение водителя в связи с колебаниями глазных яблок. Сильные колебания с частотой свыше 45 Гц могут привести к серьезному заболеванию – вибрационной болезни.

Ускорения вызывают кратковременное увеличение нагрузок и раздражение вестибулярного аппарата, работа которого связана со многими функциями организма. Пороговые значения линейных ускорений, воспринимаемые вестибулярным аппаратом, невелики (около $0,1 \text{ м/с}^2$), что в несколько раз меньше фактических, испытываемых человеком при движении автомобиля.

Восприятие колебаний сопровождается напряжением мышц тора. У сидящего человека колебания передаются на позвоночник, вызывая его деформацию. Для водителей, имеющих большой стаж работы на автомобиле, характерны пояснично-седалищные боли (ишиас). Колебания плохо сказываются и на внутренних органах человека, не имеющих твердой опоры и подверженных перемещениям при толчках.

Длительные колебания даже небольшой интенсивности приводят к снижению работоспособности – утомлению. Под влиянием утомления уменьшается, прежде всего, готовность к немедленному экстренному действию – бдительность. Утомленный водитель, наблюдая дорожную ситуацию, представляет себе ее упрощенно, упускает существенные детали. Прогнозировать развитие дорожной ситуации утомленный водитель может также упрощенно, уменьшая число возможных событий. Если на дороге сложится ситуация, не предусмотренная водителем, возможно происшествие. При утомлении ухудшается и моторная деятельность водителя, его движения становятся медленными, вялыми, возрастает число ошибочных и пропущенных действий.

2.7.2 Отрыв колес от дороги

Основной причиной возникновения колебаний автомобиля является его взаимодействие с дорожными неровностями. Воздействие дороги на автомобиль зависит от формы неровностей, их размеров и чередования. В зависимости от длины различают импульсные неровности (длиной до 0,3 м), выбоины (длиной 0,3–6 м), ухабы (длиной 6–25 м) и уклоны (длиной более 25 м). В зависимости от высоты неровности делят на шероховатости (высота до 1 см), впадины и выступы (высота до 30 см) и препятствия – выбоины (глубже 30 см).

Распределение неровностей по дороге, их форма и размеры носят случайный характер, вследствие чего и колебания автомобиля носят такой же характер. Однако среди хаотически распределенных неровностей часто

встречаются участки с периодически повторяющимися неровностями – волнами. На асфальтобетонном покрытии длина волн зависит от интенсивности движения и состава транспортного потока. Для городских дорог длина волны составляет 3–5 м, для загородных достигает 8 м. На дорогах с интенсивным движением волны могут образовываться через 1–2 года после укладки покрытия. При движении автомобиля по таким участкам возможно совпадение частот собственных колебаний с вынужденными и, как следствие, возникновение резонанса, при котором происходит отрыв колес от дороги.

Колеса также могут оторваться от дороги при проезде автомобилем единичной неровности. В момент удара колеса о неровность дороги на него в месте контакта с неровностью действует реакция дороги R , проходящая через центр колеса (рисунок 2.29).

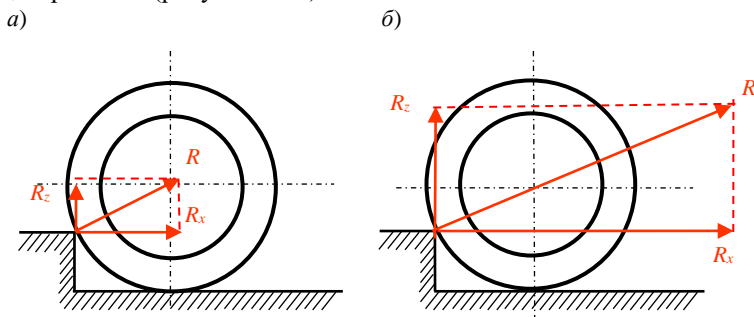


Рисунок 2.29 – Наезд колеса на неровность

Эту силу можно представить в виде равнодействующей от двух сил: касательной R_x и вертикальной R_z . Касательная реакция является результатом воздействия на неровность силы тяги ведущих колес и силы инерции, возникающей вследствие замедления автомобиля. При наезде с небольшой скоростью на неровность (см. рисунок 2.29, а) сила инерции невелика, вертикальная и горизонтальная составляющие тоже незначительны. При большой скорости наезда на неровность (см. рисунок 2.29, б) замедления достигают больших значений и вертикальная составляющая R_z , может превзойти силу веса автомобиля, приходящуюся на передний мост. Колеса отрываются от дороги, а большая продольная сила создает момент, вызывающий «клевок» автомобиля, пассажиры наклоняются вперед и при не пристегнутых ремнях безопасности могут удариться о ветровое стекло, панель приборов и другие детали.

Удары о неровности смягчаются шинами автомобиля, которые обладают способностью поглощать колебания при деформации, сглаживать толчки от небольших шероховатостей и выступов. Поэтому неровности, длина которых меньше зоны контакта шины с дорогой, а высота меньше ее статического прогиба, практически не влияют на колебания автомобиля.

2.7.3 Пути повышения плавности хода автомобиля

Поскольку шины влияют на демпфирование колебаний, то для улучшения плавности хода целесообразно использовать шины с малой жесткостью. Для дополнительного уменьшения жесткости шин, снижают давление в них и увеличивают таким образом ширину профиля.

В качестве упругого элемента подвески всё чаще используют пружины, а в последнее время пневматические упругие элементы, реже – торсионы. Пружины и торсионы по сравнению с листовыми рессорами имеют меньшую массу, большую долговечность, не имеют внутреннего трения, просты в изготовлении и не нуждаются в уходе. Пневматическая подвеска обеспечивает высокую плавность хода благодаря небольшой жесткости и благоприятному характеру изменения упругой характеристики, а также возможности регулирования в широких пределах жесткости подвески и высоты кузова над дорогой.

Для защиты водителя и пассажиров от вредных воздействий колебаний улучшают характеристики сидений. Подушки сиденья делают отдельно от спинки, и они обычно имеют жесткость 80–120 Н/см у легковых автомобилей и 150–200 Н/см у грузовых автомобилей и автобусов.

Для улучшения плавности хода сиденье водителей грузовых автомобилей снабжают отдельным амортизатором с регулировкой жесткости в зависимости от массы тела водителя. На магистральных автопоездах дополнительно подрессоривается вся кабина тягача.

2.7.4 Влияние технического состояния автомобиля на его устойчивость, управляемость и плавность хода

На устойчивость, управляемость и плавность хода автомобиля, прежде всего, влияет состояние ходовой части и органов управления. Так, по мере изнашивания и уменьшения высоты протектора шин снижается коэффициент их сцепления с дорогой. Особенно заметно уменьшение ϕ при движении по мокрому покрытию с большой скоростью, когда возможно возникновение гидродинамического клина в пятне контакта шины – то есть полная или частичная потеря сцепления, вызванная присутствием водяного слоя, который отделяет шину движущегося автомобиля от дорожной поверхности, так называемое, аквапланирование. Уменьшение коэффициента сцепления ведет к увеличению тормозного и остановочного путей автомобиля и потере им устойчивости. Поэтому Правила дорожного движения запрещают эксплуатацию шин, у которых глубина протектора меньше 1,6 мм для легковых автомобилей и меньше 1 мм для грузовых.

Если с правой и с левой стороны автомобиля установлены шины с различной степенью износа, то при торможении из-за разности величин тормозных сил возникает поворачивающий момент, который может привести к

ДТП. Вместе с тем по мере изнашивания протектора и уменьшения его высоты увеличивается сопротивление шин уводу. Коэффициент увода $K_{ув}$ у полностью изношенных шин на 50–70 % больше, чем у новых. Поэтому при установке на передний мост более изношенных шин автомобиль может приобрести излишнюю поворачиваемость, что ухудшит его управляемость.

Неправильная регулировка тормозных механизмов и замасливание фрикционных накладок могут привести к различной величине тормозных моментов на колесах правой и левой сторон автомобиля и, как следствие, к потере устойчивости при торможении. К таким же результатам приводит неисправность одного из тормозных механизмов. Неисправность одного переднего тормозного механизма более опасна, чем неисправность одного заднего, т. к. автомобиль в первом случае при торможении отклоняется на больший угол, чем во втором.

При изнашивании деталей рулевого управления и переднего моста (рулевого механизма, шаровых шарниров тяг, шкворней и их втулок) увеличивается свободный ход рулевого колеса, что отрицательно сказывается на курсовой устойчивости автомобиля. Движение автомобиля становится трудноконтролируемым, резко возрастает частота поворотов рулевого колеса, необходимых для сохранения прямолинейного движения.

При недоброкачественном ремонте или техническом обслуживании автомобиля в результате слишком плотной посадки шкворней во втулки или чрезмерной затяжке гаек рулевых тяг может значительно возрасти усилие, необходимое для поворота управляемых колес, что также осложняет работу водителя и ухудшает управляемость.

Резкое увеличение прикладываемого к рулевому колесу усилия, которое приводит к потере управляемости автомобилем, может быть вызвано заклиниванием рулевого управления вследствие поломки деталей рулевого механизма, заедания сухарей в шаровых шарнирах или неисправности противобуксовочного устройства. Заклинивание рулевого управления обычно приводит к весьма тяжелым последствиям, т. к. водитель не сразу осознает необходимость экстренного торможения, а некоторое время пытается повернуть рулевое колесо. Автомобиль же, утратив управляемость, продолжает двигаться с повернутыми передними колесами и быстро оказывается на полосе встречного движения или за пределами дороги.

В процессе движения автомобиля даже на дорогах с хорошим покрытием могут возникнуть колебания управляемых колес вследствие их дисбаланса. Эти колебания увеличивают динамические нагрузки на детали ходовой части и рулевого управления, а при больших размахах могут привести к потере управляемости.

Вертикальные колебания колес и кузова обычно гасятся амортизаторами. При их неисправности колебания автомобиля достигают большой величины (происходит раскачивание кузова автомобиля) и медленно затухают.

Кроме того, в этом случае возможны отрывы колес от дороги, что влияет на безопасность движения.

2.8 Информативность автомобиля

2.8.1 Значение информативности автомобиля для безопасности движения

Действия водителя во время движения автомобиля неразрывно связаны с процессами приема и переработки информации, которую он получает с помощью анализаторов (зрительного, слухового и др.) от внешних раздражителей. Водитель принимает конкретные решения и управляет автомобилем на основе полученной и переработанной информации. Однако в определенных условиях он не успевает переработать необходимую ему информацию, пропускает часть ее и принимает решение слишком поздно, в результате чего возникает ДТП. Такой же результат возможен, когда в поле зрения водителя отсутствует достаточное количество информации, требуемой по условиям сложившейся дорожно-транспортной ситуации. Следовательно, безопасность движения во многом зависит как от количества, так и от качества воспринимаемой водителем информации, в том числе информации, источником которой является автомобиль.

Информативность – свойство транспортного средства обеспечивать водителя и других участников движения информацией, необходимой для безопасного функционирования системы ВАД. Информативность является одним из эксплуатационных свойств автомобиля, определяющих его активную безопасность.

Все участники дорожного движения условно могут быть разбиты на две группы: водители-операторы и внешние участники движения (пешеходы, регулировщики, водители других транспортных средств). Таким образом, водитель выступает в процессе дорожного движения в двух качествах одновременно: водителя-оператора и внешнего участника движения – и должен реагировать на информацию, исходящую как от управляемого им автомобиля (внутренняя информативность), так и от других транспортных средств (внешняя информативность).

Информативность автомобиля может быть визуальной (форма и размеры автомобиля, цвет кузова, система автономного освещения, светосигнальное оборудование, панель приборов, параметры обзорности), звуковой (звуковые сигнализаторы, несущая волна, шум двигателя, трансмиссии и т. д.), тактильной (реакция органов управления на действия водителя).

В виду того, что человек более 90 % всей информации получает посредством зрительного анализатора, зрение становится почти единственным каналом, по которому к водителю поступают сведения об окружающей обстановке во время движения. В связи с этим важную роль по обеспечению

безопасности движения играет визуальная информативность автомобиля, т. е. свойство транспортного средства выдавать визуальную информацию о его местоположении на дороге, состоянии и режиме движения. Визуальная информативность делится на внешнюю и внутреннюю.

2.8.2 Сигналы и их свойства

Водитель, выполняющий работу, должен постоянно получать информацию об изменениях, происходящих в окружающей среде, о состоянии автомобиля и о собственных действиях. Эта информация поступает к водителю с помощью сигналов. Такими сигналами являются всевозможные физические процессы, движущиеся объекты (предметы), разнообразные звуковые источники, напряжение мышц и т. д., то есть сигналы, возникающие при нормальном протекании какого-либо процесса, а также сигналы, специально предназначенные для сообщения водителю информации. В первом случае сигналы называются естественными, во втором – искусственными. Искусственные сигналы (в виде звуковых и световых сигнализаторов, указателей и стрелок измерительных приборов и т. п.) используются в тех случаях, когда естественные сигналы трудно воспринимаемы (например, когда процессы, о которых водитель должен получить информацию, происходят в герметично закрытых агрегатах автомобиля, на больших расстояниях и т. д.).

Сигналы, необходимые водителю для ориентации при выполнении работы, поступают к нему через органы чувств, которые реагируют на физические и химические изменения, происходящие в окружающей среде и в организме (воздействие света, звука, прикосновение, запах, изменение температуры и т. п.). Эти изменения воздействуют в качестве «стимулов» на органы чувств и вызывают в нервной системе водителя сложные физиологические процессы, которые отражаются в его сознании в форме ощущений: зрительных, слуховых, осязания, тактильных (тактильные ощущения являются одним из видов кожных ощущений и разделяются на ощущения прикосновения, давления, вибрации), кинестетических (мышечных) и других. Для водителя автомобиля наиболее важными являются зрительные ощущения, т. к. зрительный анализатор составляет ему более 90 % всей информации, необходимой для управления автомобилем.

Чтобы правильно ориентироваться в окружающей обстановке (что является непременным условием всякого трудового процесса), водитель должен воспринимать приходящие сигналы и понимать их значение. Восприятие сигналов зависит от свойств каждого сигнала, его характеристик. Наиболее важными свойствами сигналов, которыми человек руководствуется при работе, являются: цвет, интенсивность, размеры, форма, положение, перемещение, длительность, вероятность появления.

Цвет сигнала. Число цветовых оттенков, которые человек способен различать, превышает несколько тысяч и возрастает по мере накопления опыта.

Наиболее сильны различия между так называемыми основными цветами, которых четыре: красный, зеленый, синий, желтый. Они легче всего различимы и поэтому чаще всего используются для сигнализации. Выразительность цветов зависит от условий освещения. В полутьме или при слабом освещении зрительная грань между отдельными оттенками цветов стирается.

Интенсивность сигнала. Все раздражители, действующие на органы чувств человека, должны достигнуть некоторой величины, чтобы быть воспринятыми. Минимальная величина раздражителя, при которой возможно его восприятие, называется порогом чувствительности. Разница между отдельными оттенками тоже должна достичь определенной величины, чтобы человек мог ее воспринимать. При этом чем сильнее раздражители, тем большее различие должно быть между ними, для того чтобы человек мог воспринять эту разницу. Иначе говоря, чтобы различать слабые раздражители, достаточно небольшая разница между ними, при сильных же раздражителях эта разница должна быть сравнительно большой. Однако в системах сигнализации не следует пользоваться слабыми раздражителями, поскольку уже само их обнаружение затруднительно и приводит к повышенному утомлению органов зрения. Слишком большая сила сигналов может, в свою очередь, вызвать такие нежелательные последствия, как ослепление, оглушение и т. д. Существует определенный оптимум силы соответствующих сигналов, который зависит от размеров, яркости фона (величины контраста) и др.

Размеры сигнала. Обнаружение и различение оптических сигналов зависят от их угловых размеров, поскольку один и тот же предмет на малом расстоянии кажется крупнее, чем на большом. Наименьший угол, при котором человек может обнаружить наблюдаемый предмет, составляет около 10 угловых минут. Практически это соответствует темной линии на белом фоне толщиной 0,5 мм на расстоянии 10 м от наблюдателя. С меньшего расстояния, естественно, человек способен различать линии меньшей толщины.

Форма сигнала. Важным свойством сигналов является их форма. С помощью зрения лучше всего различаются предметы правильной формы: точки, черточки, треугольники, круги, квадраты. Гораздо труднее опознать предметы неправильной формы. Опознание таких предметов значительно облегчается, если их контуры напоминают какой-либо реальный предмет (например, упрощенный контур человеческого тела, автомобиля и т. д.).

Формы предметов опознаются не только зрением, но и осязанием. При выполнении процесса управления автомобиля доля участия зрения несколько уменьшается, потому что водитель часто ориентируется только путем прикосновения к органам управления.

Положение сигнала. Еще одним фактором восприятия является положение предметов. Если определенный сигнал появляется всегда в одном и том же месте, его положение становится основным признаком его восприятия. Человек в этом случае не реагирует на цвет, размеры, форму сигнала. Если же

на этом месте находится другой предмет, то при восприятии легко может быть допущена ошибка, например, пересадка на другой тип автомобиля.

Перемещение сигнала. Для обнаружения и опознавания сигнала важное значение имеет способ его предъявления. Различают статические и подвижные сигналы. Подвижные сигналы подразделяются на дискретные (появляющиеся и исчезающие) и непрерывные (изменяющие свои характеристики во времени, например, увеличивающаяся громкость звукового сигнала). Подвижные сигналы обнаруживаются легче, чем статические. В общем случае реакция человека на подвижный сигнал оказывается более быстрой, чем на статический.

Длительность сигнала. Восприятие сигнала зависит от длительности его подачи. Для обнаружения раздражителя необходимо, чтобы он длился некоторое минимальное время, называемое «пороговым». Кратковременные раздражители (например, короткая вспышка света) могут остаться незамеченными, даже если они обладают достаточной силой. Кроме того, необходим минимальный интервал времени между отдельными сигналами, чтобы их можно было различить, и они не слились в один общий. Это время в условиях оптимальной видимости составляет около 0,1 с.

Вероятность появления сигнала. Важной характеристикой каждого сигнала является вероятность его появления. От нее зависит время реакции человека на данный сигнал: чем больше вероятность появления сигнала, тем меньшим будет время реакции; чем меньше вероятность сигнала, тем большее время реакции. Иначе говоря, человек быстрее реагирует на событие, которое он ожидает, чем на неожиданное или маловероятное событие.

2.8.3 Внешняя визуальная информативность автомобиля

Внешняя визуальная информативность – это свойство автомобиля обеспечивать других участников движения информацией, которая необходима для правильного взаимодействия с ним и помогающая точно определить его месторасположение. Внешней визуальной информативностью обладают кузов автомобиля, световозвращатели, система автономного освещения и система внешней световой сигнализации.

Кузов автомобиля. Окраска автомобиля должна обеспечивать световой и цветной контраст с дорожным покрытием. Если автобусы, большегрузные автомобили и автопоезда информируют других участников движения о своем присутствии и маневрах, прежде всего габаритами и формой, то для автомобилей малых размеров важна окраска.

Исследования показали, что автомобили, окрашенные в яркие и светлые тона, почти в два раза реже попадают в ДТП, чем такие же автомобили, имеющие маскировочную окраску: черную, серую, коричневую, зеленую, синюю. Особенно велика вероятность столкновений с такими автомобилями на скоростных магистралях в условиях ограниченной видимости (в тумане,

в сумерках или во время дождя). Лучшие цвета, в которые с точки зрения безопасности, следует окрашивать автомобили, – это оранжевый, желтый, красный и белый.

Следует учитывать, что цвета высокой чистоты с большим коэффициентом отражения (яркие), при кратковременном наблюдении действуют возбуждающе на водителя, что помогает выделить автомобиль в транспортном потоке. Однако при длительном наблюдении такие цвета оказывают резко утомляющее действие. Таким образом, красный и желтый цвета и их основные оттенки, действуют возбуждающе, утомляя водителя. Поэтому их можно применять для окраски небольших по размеру автомобилей. Грузовые автомобили, автопоезда и автобусы следует окрашивать в так называемые холодные цвета (зеленый, голубой, синий и их оттенки) или темные цвета. Это снижает напряжение зрения и уменьшает утомляемость водителей встречающихся автомобилей.

Установлено, что всякий цвет на фоне дополнительного цвета воспринимается более насыщенным и ярким. Это явление используется при окраске автомобилей оперативных служб, которые окрашивают в два цвета. При этом один из них относится к группе цветов, отличающихся наибольшей дальностью видимости. К цветографической окраске внешней поверхности таких автомобилей предъявляются два требования: 1) сигнальность, т. е. выделение автомобиля из транспортного потока; 2) опознаваемость, т. е. обозначение при помощи цвета маркировки и назначения автомобиля.

Немаловажную роль играет хорошая читаемость специальных надписей на автомобилях оперативных служб, таких как «милиция», «скорая медицинская помощь» и др. (рисунок 2.30).



Рисунок 2.30 – Цветографическая окраска автомобилей оперативных служб

Световозвращатели. В темное время суток автомобили могут находиться на проезжей части улиц или дорог или в непосредственной близости от нее (остановка или стоянка у тротуара, на обочине, на кромке проезжей

части). Наличие препятствия, каким является автомобиль, стоящий на проезжей части и не обозначенный средствами активной световой сигнализации, представляет собой значительную опасность для всех участников движения в темное время. Наиболее эффективным и экономичным средством увеличения информативности автомобилей на дороге в таких условиях является оснащение их специальными световозвращающими знаками, размещенными на кузове автомобиля.

Световозвращение – процесс изменения направления светового луча на 180° с помощью двойного отражения, в отличие от светоотражения, когда луч отражается один раз. Световозвращатель – светотехническое устройство, содержащее возвратно-оптический элемент или систему таких элементов, которая предназначена для отражения луча света в сторону источника с минимальным рассеиванием по направлению, близкому к направлению его падения.

Согласно международным стандартам световозвращатели предназначены для обозначения габаритов автомобилей в темное время суток путем отражения света, излучаемого источником, находящимся вне этого транспортного средства. Наиболее простой световозвращатель, представляет собой гибкую эластичную пленку толщиной 0,2 мм с микроскопическими (диаметром 20–50 мкм) стеклянными шаровыми линзами, размещенными в слое порошкообразного алюминия.

После преломления сферическими поверхностями микрошаров световой пучок отражается под углом 180° , направляясь обратно к источнику излучения. Благодаря незначительным углам расхождения пучков, возвращаемых к источнику света, отраженный свет легко воспринимается водителем. Для предохранения от воздействий окружающей среды такой световозвращатель сверху покрывают гладкой защитной пленкой (рисунок 2.31).

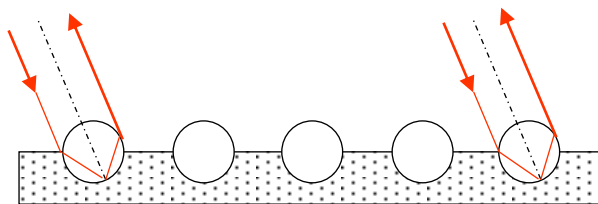


Рисунок 2.31 – Световозвращатель с шаровыми линзами

В настоящее время применяются так называемые плоскопризмные световозвращатели, изготавливаемые из полимерных материалов и имеющие плоскопризмную оптическую систему, выполненную с высокой точностью расположения трех взаимно перпендикулярных отражающих граней (рисунок 2.32).

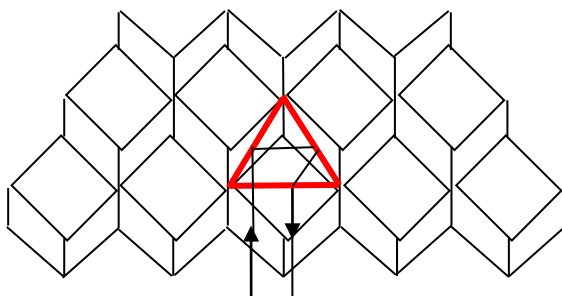


Рисунок 2.32 – Плоскопризмный световозвращатель

Такие световозвращатели эффективны при сравнительно небольших углах падения света на поверхность (до углов $\pm 35^\circ$), однако дальность видимости их в свете фар составляет около 600 м, что значительно выше дальности видимости шаровых световозвращателей.

Требования к световозвращателям формулируются Правилами ЕЭК ООН № 3, согласно которым световозвращатели делятся на следующие классы: IA, IB – для автомобилей; IIIA, IIIB – для прицепных транспортных средств. Индекс В имеют световозвращатели, сгруппированные с другими сигнальными фонарями (рисунок 2.33).

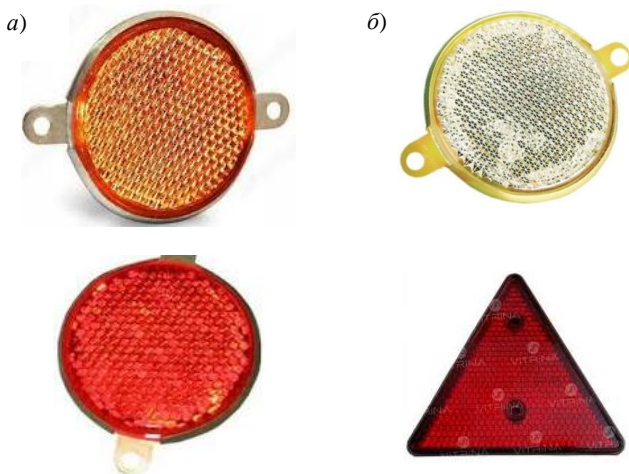


Рисунок 2.33 – Световозвращатели:
а – класс IA; б – класс IIIA

Световозвращатели классов IA, IB должны иметь форму, не похожую на буквы, цифры и треугольник (рисунок 2.33, а). Допускается форма, напомина-

ющая буквы и цифры простой конфигурации О, I, U и 8. Световозвращатели классов ША, ШВ имеют форму равностороннего треугольника и устанавливаются углом вверх в задней части прицепов и полуприцепов (рисунок 2.33, б).

Для автомобилей обязательно наличие двух задних световозвращателей красного цвета классов IА, IВ. На транспортных средствах длиной более 6 м, а также на всех прицепах и полуприцепах на боковой стороне устанавливают световозвращатели оранжевого цвета классов IА, IВ. Кроме того, прицепы и полуприцепы, должны иметь спереди два световозвращателя белого цвета классов IА, IВ.

Перечисленные световозвращатели устанавливаются на высоте от 250 до 900 мм над поверхностью дороги (максимум 1500 мм, если соблюдение величины в 900 мм невозможно из-за формы кузова).

Все автомобильные световозвращатели, отвечающие требованиям Правил ЕЭК ООН № 3, являются плоскопризмными.

Для улучшения видимости и распознавания транспортных средств большой длины и грузоподъемности, а также их прицепов, применяется светоотражающая маркировка (рисунок 2.34), под которой подразумевается прямоугольная полоса или серия таких полос, предназначенная для нанесения таким образом, чтобы они идентифицировали транспортное средство и его прицеп по всей длине и ширине сбоку (боковая маркировка) и сзади (задняя маркировка). Светоотражающая полоса (лента) устроена по принципу отражения света с помощью шаровых линз. Требования к светоотражающей ленте установлены Правилами ЕЭК ООН № 104, в соответствии с которыми ее ширина должна быть в пределах 50^{+10}_0 мм. Контурная маркировка, нанесенная на транспортное средство сзади, должна быть красного цвета, а нанесенная по бокам транспортного средства – белого или желтого цвета. Высота размещения ленты на транспортном средстве не должна быть ниже 250 мм и выше 1500 мм.



Рисунок 2.34 – Контурная маркировка автомобиля

Система автономного освещения автомобиля. В темное время суток при слабом освещении значительно усложняется работа водителя из-за ухуд-

шения видимости дороги и объектов на ней. Различают физиологическую и геометрическую видимость.

Физиологическая видимость характеризует зрительный процесс водителя и возможность зрительного обнаружения объекта. Она зависит от яркостей фона L_{ϕ} и объекта $L_{об}$, угловых размеров объекта и оценивается величиной яркостного контраста:

$$K = \frac{(L_{об} - L_{\phi})}{L_{\phi}}.$$

Чем выше значение K , тем виднее объект на фоне дороги, тем больше вероятность распознавания его водителем.

Геометрическая видимость (дальность видимости) – основная характеристика условий видимости, так как с ней связаны важнейшие параметры движения: скорость и остановочный путь автомобиля.

При движении автомобиля в темное время суток водитель должен видеть не только в пределах угла острого зрения, но и в пределах так называемых информативных зон.

Информативными зонами видимости водителя называются зоны, в пределах которых ему необходимо получать исчерпывающую зрительную информацию об окружающей обстановке (направление дороги; расположение основных геометрических элементов и элементов обустройства дороги, регулирующих дорожное движение; препятствия в виде пешеходов и других участников движения; разрушения, выбоины и случайные предметы на проезжей части). Перечисленные источники информации обычно находятся на некотором расстоянии от оси зрения водителя, поэтому обеспечение видимости требуется не только по оптической оси зрения водителя, но и в пределах, необходимых для его углов видимости.

Для создания необходимых условий видимости дороги достаточно оборудовать автомобиль фарами трех типов: ближнего, дальнего и противотуманного света.

Фары ближнего света предназначены для освещения дороги впереди автомобиля при нормальной прозрачности атмосферы с минимально возможным ослеплением водителей других транспортных средств при встречном разезде и при движении за автомобилем-лидером, когда ослепление возможно через зеркала заднего обзора.

На автомобиле должно быть две фары ближнего света. Фары должны быть расположены спереди автомобиля на равном расстоянии от плоскости его симметрии, на одинаковой высоте и в одной плоскости, перпендикулярной к его продольной оси. Цвет фар должен быть белым.

Фары дальнего света используются для освещения дороги впереди автомобиля в свободном режиме движения (при отсутствии встречных транспортных

средств) при нормальной прозрачности атмосферы. Автомобиль должен иметь две или четыре фары дальнего света, расположенные спереди автомобиля на равном расстоянии от плоскости его симметрии, на одинаковой высоте и в одной плоскости. Рассеиватель фары должен быть белого цвета.

Фары противотуманного света предназначены для улучшения освещения дороги при движении автомобиля по горизонтальным участкам дорог с закруглениями малого радиуса, проезде пересечений, перекрестков и во всех случаях пониженной прозрачности атмосферы (туман, дождь, снегопад и т. п.). Их светораспределение в наибольшей степени соответствует условиям городского движения.

На автомобиле должно быть две противотуманные фары. Цвет фар должен быть белым или желтым, но обязательно одинаковым для обеих фар. Установка противотуманных фар факультативна.

Фары ближнего света. Наиболее распространенными являются головные фары ближнего света с европейской и американской асимметричной системой светораспределения.

В фарах с европейской системой светораспределения (рисунок 2.35) оптический элемент сделан в виде параболического отражателя с углом охвата более 180° . Нить накала ближнего света (цилиндрической формы) расфокусирована вперед по оптической оси. При этом образуется быстросходящийся

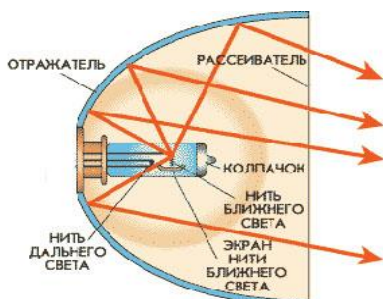


Рисунок 2.35 – Фара ближнего света с европейской системой светораспределения

световой пучок. Часть его, отраженная от верхней части отражателя, направлена вниз, то есть на дорогу, а часть, отраженная от нижней части, – вверх. Чтобы исключить пучки света, идущие от нижней части отражателя вверх, то есть в сторону глаз водителя встречного автомобиля, нить накала ближнего света перекрывается снизу непрозрачным экраном. Экран имеет специальную конструкцию: его правый край горизонтален, а левый наклонен вниз под углом 15° .

Затемненная передняя часть стеклянной колбы, так называемый колпачок, служит для предотвращения попадания прямых лучей от раскаленной нити накала в глаза водителя встречного автомобиля. Световой пучок фары ближнего света с европейской системой светораспределения имеет ярко выраженный асимметричный характер и резкую светотеневую границу, правая часть которой поднимается под углом 15° (рисунок 2.36).

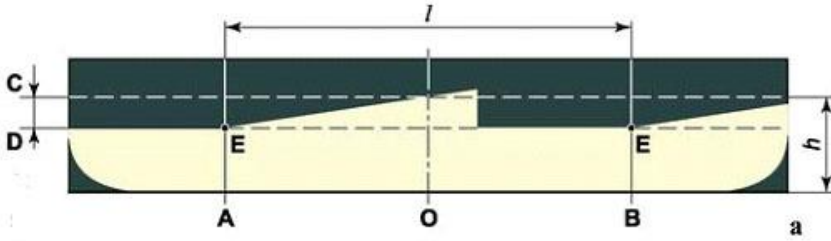


Рисунок 2.36 – Форма светового пучка европейской фары ближнего света

Благодаря тому, что часть светового пучка, отраженная от сектора левой нижней части отражателя, открываемого срезом экрана, направляется вправо, значительно увеличивается сила света в направлении правой стороны дороги и правой обочины (рисунок 2.37).

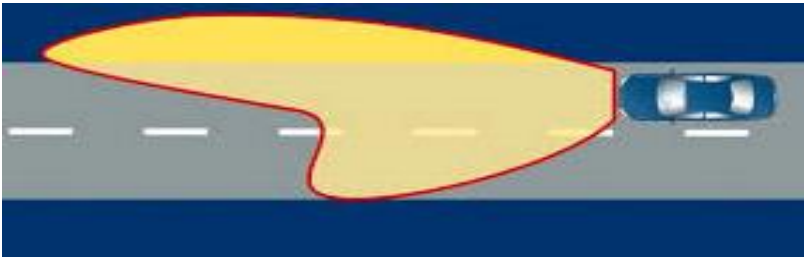


Рисунок 2.37 – Форма светового пучка европейской фары ближнего света в плане

Фара с американской системой распределения ближнего света (рисунок 2.38) также имеет параболический отражатель с углом охвата более 180° , нить накала расположена поперек оптической оси и расфокусированную вверх и влево (по ходу движения автомобиля), а также стеклянного рассеивателя, на внутренней поверхности которого имеются микроэлементы.

При подобной расфокусировке нити накала отраженный световой пучок разделяется на две основные части. Одна часть пучка, отраженная от поверхности в вершине отражателя (до фокальной плоскости), направлена вправо и вниз относительно оптической оси фары. Вторая часть пучка, отраженная поверхностью отражателя, расположенной от фокальной плоскости в сторону светового отверстия, направлена вверх и влево, т. е. проходит в зону расположения глаз водителя встречного автомобиля.

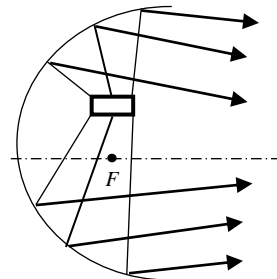


Рисунок 2.38 – Фара ближнего света с американской системой светораспределения

Раздвоение светового пучка и увеличение угла рассеяния вызывает необходимость разработки сложной системы микроэлементов рассеивателя и ужесточает требования к точности их изготовления, так как они предназначены для перераспределения второй части светового пучка в сторону проезжей части дороги (рисунок 2.39).



Рисунок 2.39 – Рассеиватель фары с американской системой светораспределения

Благодаря особенностям такой светооптической схемы преимущественно освещается правая сторона дороги, а сила света в направлении глаз водителя встречного автомобиля снижается. Вся система оптических микроэлементов рассеивателя рассчитывается так, чтобы обеспечить наилучшее распределение только ближнего света, что неизбежно ведет к ухудшению распределения дальнего света. Световой пучок американской фары ближнего света также имеет ассиметричный характер, но не имеет четких светло-темных границ.

Сравнивая принципиально разные европейскую и американскую системы распределения ближнего света, необходимо отметить следующее: основой европейской системы является требование не ослеплять водителя встречного автомобиля; основой американской системы является требование хорошо освещать как дорогу, так и обе обочины, а требование не ослеплять водителя встречного автомобиля выполняется по возможности.

Правила ЕЭК ООН № 48 устанавливают следующие требования к размещению фар ближнего света на автомобиле:

- по ширине – край поверхности, видимой в направлении исходной оси, который в наибольшей степени удален от средней продольной плоскости транспортного средства, должен находиться на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства. Расстояние между внутренними краями поверхностей, видимых в направлении исходных осей должно составлять не менее 600 мм;

- по высоте – не менее 500 мм и не более 1200 мм над уровнем грунта. Для транспортных средств категории N и G максимальная высота может быть увеличена до 1500 мм.

Фары дальнего света. Такие фары как с европейской, так и с американской системой светораспределения не имеют принципиального различия. Чаще всего дальний свет совмещается в одной фаре с ближним, кроме четырехфарной системы. Оптический элемент фары состоит из параболического отражателя с углом охвата более 180°, нити накала дальнего света, располо-

женной в фокусе отражателя. При этой светотехнической схеме все лучи, исходящие от нити накала, попадая на поверхность отражателя, отражаются в направлениях, параллельных оптической оси, образуя узкий пучок большой силы света с незначительным углом рассеяния (рисунок 2.40).

Пройдя через рассеиватель, на внутренней стороне которого расположены отклоняющие призмы, часть светового пучка перераспределяется необходимым образом, что создает на дороге достаточно узкий (шириной около 30°) пучок большой силы света, обеспечивающий значительную дальность видимости. К размещению на автомобиле фар дальнего света как по ширине, так и по высоте специальных предписаний нет.

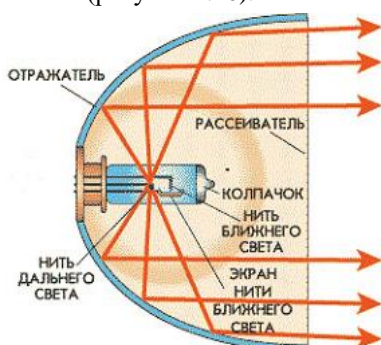


Рисунок 2.40 – Фара дальнего света

Фары противотуманного света. Туман представляет собой взвесь в воздухе мельчайших частиц влаги. При освещении дороги основными фарами в тумане пучок света частично рассеивается и частично отражается от капелек влаги, ослепляя водителя и существенно ухудшая видимость. Кроме того, при просматривании в свете фар дороги во время тумана на яркость поверхности дорожного покрытия накладывается рассеянная яркость светового пучка – так называемая вуалирующая яркость. Рассеяние света частицами тумана делает путь светового пучка видимым в темноте. Эта толщина светящейся атмосферы на линии зрения водителя ухудшает видимость дороги.

Таким образом, действие туманной атмосферы заключается, во-первых, в ослаблении светового потока фар, что приводит к уменьшению освещенности дороги и препятствий на ней, и, во-вторых, в образовании светящейся толщи атмосферы вдоль линии зрения водителя, что приводит к значительному снижению контраста.

Воздушно-капельная взвесь имеет свойство зависать над поверхностью дорог с твердым покрытием на некотором расстоянии и, следовательно, между слоем тумана и дорогой всегда есть промежуток, в который и должен попадать свет.

В отличие от обычных фар противотуманные фары распределяют свет снизу, они светят «под туман», избавляя глаза водителя от отраженного света. Главная особенность противотуманных фар – максимально узкий пучок света в вертикальной плоскости и широкий в горизонтальной. Такая структура светораспределения достигается благодаря рассеивателю и внутреннему отражателю специальной формы. Требования к противотуманным фарам

следующие: угол рассеивания по вертикали около 5° , по горизонтали – не менее 60° , а пучок света должен располагаться у верхней светотеневой границы. Вследствие этого противотуманные фары излучают широкий горизонтальный луч, который стелется над дорогой, и освещают именно её, а не толщу тумана.

Оптический элемент противотуманной фары практически устроен так же, как и у обычных фар, и состоит из лампы накаливания, нить которой расположена в фокусе параболического отражателя, и рассеивателя, которые служат для расширения светового пучка в горизонтальной плоскости (отсюда название широкоугольно-противотуманный свет). Цвет излучаемого света не имеет значения (желтый или белый), а качество фары определяется особенностями конструкции рассеивателя и отражателя и, соответственно, углом расширения светового пучка.

Примеры противотуманных фар представлены на рисунке 2.41.



Рисунок 2.41 – Противотуманные фары

Расширение светового пучка противотуманной фары в горизонтальной плоскости позволяет их использовать при движении автомобиля по горизонтальным участкам дорог с закруглениями, особенно малых радиусов, так как благодаря большому углу рассеяния световой пучок освещает участок дороги, лежащий за поворотом еще до изменения направления движения автомобиля.

Требования к противотуманным фарам установлены Правилами ЕЭК ООН № 19, в соответствии с которыми фары с лампами накаливания маркируются индексом «В». Если в качестве источника света в противотуманной фаре используются светодиоды или светогенераторы, то она маркируется индексом «F3».

Фары с пластмассовым рассеивателем маркируются соответственно индексами «В / PL» или «F3 / PL». Требования к их размещению на автомобиле предписаны Правилами ЕЭК ООН № 48, в соответствии с которыми, противотуманная фара должна быть расположена не далее 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства, на высоте не менее 250 мм над дорогой и не выше 800 мм.

Пути совершенствования системы автономного освещения автомобиля. Совершенствование системы автономного освещения автомобиля идет сегодня по ряду направлений.

Фары с галогенными лампами. Они представляют собой разновидность ламп накаливания, основной отличительной чертой которых является наличие паров галогена (йода или брома) в колбе (рисунок 2.42).

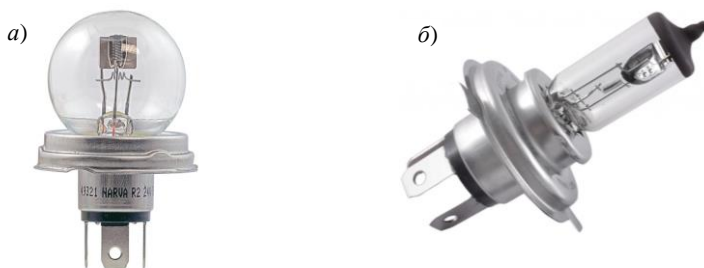


Рисунок 2.42 – Лампы для фар с европейской системой светораспределения:
а – обычная лампа накаливания; б – галогенная лампа

Пары галогена, вступая в реакцию с вольфрамом, осажженным на стенках колбы, образуют неустойчивое при высокой температуре соединение. Около нити накала (область высоких температур) происходит распад соединения галогена с металлом, и последний осаждается обратно на нить, что приводит к ее восстановлению. Главное преимущество галогенных ламп заключается в постоянстве светового потока, так как их внутренняя поверхность со временем не темнеет (на ней не осаждается испарившийся вольфрам). Светоотдача у них выше, чем у обычных ламп, так как температура тела накала на 30 % выше. Например, обычная лампа накаливания при мощности 55/50 Вт (дальний и ближний свет соответственно) выдает световой поток в пределах 400–550 лм (люмен – единица светового потока), а близкая к ней по мощности галогенная лампа мощностью 60/55 Вт – в пределах 1000–1650 лм. Немаловажно и то, что по сроку службы галогенные лампы превосходят обычные почти вдвое из-за того, что нить накала восстанавливается.

Внутренняя геометрия галогенной лампы близка к геометрии обычной лампы накаливания европейского типа. Дальность действия фар с галогенными лампами значительно больше, чем с обычными лампами накаливания, и может достигать 400 м (у лучших образцов обычных фар – 120–150 м). Галогенные лампы накаливания обозначаются индексом Н.

В оптических элементах односветовых фар используются одно-нитевые галогенные лампы типов Н1, Н3, Н7, Н8, Н9, Н9В, Н11 стандартизованные Правилами ЕЭК ООН № 37. Они отличаются друг от друга в основном различной конструкцией цоколя и расположением нити накала. Двухнитевые

галогенные лампы, предназначенные для установки в двухсветовые фары, имеют обозначение HR2, H4.

Требования к автомобильным фарам с лампами накаливания регламентированы Правилами ЕЭК ООН № 112, в соответствии с которыми они маркируются следующим образом:

– с обычными лампами накаливания: С – ближнего, R – дальнего, CR – двухрежимного (ближнего и дальнего) света;

– с галогенными лампами накаливания: HC – ближнего, HR – дальнего, HCR – двухрежимного света; A – встроенный габаритный огонь; PL – пластмассовый рассеиватель.

Если на фаре имеется стрелка (←), то такая фара предназначена для левостороннего движения, если стрелки нет – то для правостороннего. Если стрелка двухсторонняя (↔), то фара может применяться как для лево-, так и для правостороннего движения.

Мультифокальный отражатель. Обычный параболический отражатель не позволяет заставить лучи, отраженные нижней половиной рефлектора, не подниматься вверх, в глаза водителя встречного автомобиля. Для устранения этого недостатка были разработаны так называемые мультифокальные (Hella) или вариофокусные отражатели – VF (Bosch). Сфера таких отражателей состоит из множества маленьких сегментов, имеющих свои точки фокусов, не обязательно совпадающих с нитью накаливания. Каждый из этих сегментов освещает только ему предназначенную точку дороги, что позволяет организовать световой поток таким образом, чтобы он не светил в глаза водителю встречного автомобиля. Кроме того, фары с такими отражателями позволили отказаться от традиционных рассеивателей, насыщенных отклоняющими призмами. Для получения идеального светораспределения количество сегментов должно быть как можно большим. В результате они становятся настолько маленькими, что зрительно сливаются в одну сплошную форму.

Ксеноновые лампы. Они получили свое название из-за того, что колбы таких ламп наполнены газом – ксеноном. В ксеноновых газоразрядных лампах светится не раскаленная нить, а сам газ, вернее электрическая дуга, которая возникает между электродами при газовом разряде при подаче высоковольтного напряжения. Впервые такие лампы (Bosch Litronic) были установлены на серийном BMW 750i в 1991 году.

Газоразрядные лампы (рисунок 2.43) намного эффективнее самых совершенных ламп накаливания – на бесполезный нагрев здесь расходуется не 40 % электроэнергии, а всего 7–8 %. Соответственно, газоразрядные лампы потребляют меньше энергии (35 Вт против 55 Вт у галогенных) и светят при этом вдвое ярче (3200 против 1500 лм). А поскольку нити накала нет, то и перегорать нечему – ксеноновые газоразрядные лампы имеют срок службы гораздо больший, чем у обычных и он достигает 2500 часов. Лампы накаливания имеют очень низкую светоотдачу (15 лм/Вт), и львиная доля электро-

энергии тратится на обогрев окружающей среды. У галогенных ламп этот показатель составляет 24 лм/Вт, а у ксеноновых – 80–90 лм/Вт.

Но устройство газоразрядных ламп сложнее. Главная задача – зажечь газовый разряд. Для этого из 12 В постоянного тока бортовой сети нужно получить короткий импульс в 25 кВ, причем переменного тока, с частотой до 300 Гц. Для этого служит специальный модуль зажигания. Когда лампа зажглась (для разогрева требуется некоторое время), электронный блок управления снижает напряжение до 85 В, достаточных для поддержания разряда.



Рисунок 2.43 – Ксеноновая газоразрядная лампа

Сложность конструкции ограничила первоначальное применение газоразрядных ламп в фарах режимом только ближнего света, а дальний свет обеспечивала галогенная лампа. Объединить ближний и дальний свет в одной фаре, так называемый биксенон, конструкторы смогли только через шесть лет.

Например, в биксенонной фаре фирмы «Bosch» переключение режимов света осуществляется шторкой, которая в режиме ближнего света поднимается и отсекает часть лучей (рисунок 2.44, а). При включении дальнего света шторка отклоняется и не препятствует световому потоку (рисунок 2.44, б).

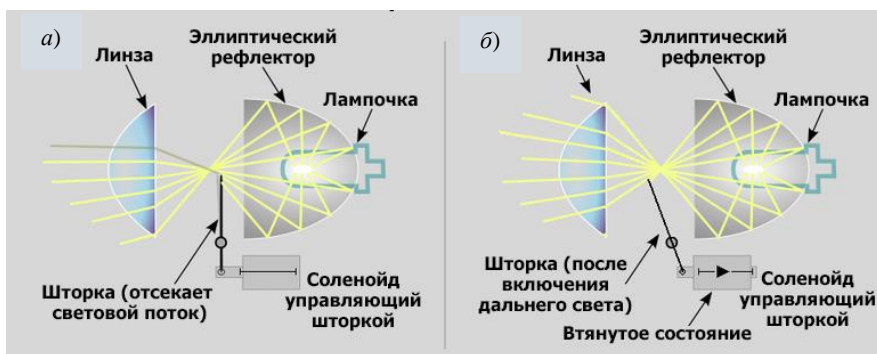


Рисунок 2.44 – Схема работы биксенонной фары

Маркировка автомобильных фар с газоразрядными (ксеноновыми) лампами предписана Правилами ЕЭК ООН № 98, в соответствии с которыми они маркируются следующим образом:

DC – ближнего, DR – дальнего, DCR – двухрежимного света.

A – встроенный габаритный огонь;

PL – пластмассовый рассеиватель.

Если на фаре имеется стрелка (\leftarrow), то такая фара предназначена для левостороннего движения, если стрелки нет – то для правостороннего. Если стрелка двухсторонняя (\leftrightarrow), то фара может применяться как для лево-, так и для правостороннего движения.

Светодиодные фары. Светоизлучающий диод (СИД), или Light-Emitting Diode (LED), – полупроводниковый прибор, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока. Открытие светодиодов пришлось на 20-е годы прошлого века. Первый в мире практически применимый светодиод был разработан в университете Иллинойса (США) для компании General Electric в 1962 году. Однако светодиоды являлись чрезвычайно дорогими (около 200 дол. за штуку) поэтому их практическое применение было ограничено. В 1976 году были произведены первые жёлтые и оранжевые светодиоды. Такие светодиоды использовались как индикаторы для различных устройств, поскольку световой поток их был очень слаб, всего лишь 0,1 лм. В начале 1990-х годов в университете г. Нагоя (Япония) смогли изобрести дешёвый светодиод. А уже ближе к новому тысячелетию компания Hewlett-Packard создала яркий светодиод со светоотдачей до 10 лм. Благодаря этому изобретению светодиоды стали применяться в автомобильной индустрии, например, светодиодные стоп-сигналы от компании Hella стали устанавливаться на BMW Cabrio, а в 2004 году компания Audi применила белые светодиоды в качестве дневных ходовых огней. С тех пор светодиоды стали стремительно распространяться в автомобильных устройствах освещения и внешней световой сигнализации. В настоящее время все ведущие автопроизводители устанавливают головные светодиодные фары на многих своих автомобилях (рисунок 2.45).

Преимущества светодиодных фар:

- долгий срок службы – до 50 000 часов работы (галогеновые лампы служат 500 часов, ксеноновые лампы – 2500 ч);
- низкое энергопотребление – потребляемая мощность не более 15 Вт (галогеновые лампы потребляют 55 Вт, а ксеноновые лампы – 35 Вт);
- способность мгновенно разгораться в отличие от ксеноновых ламп, которым нужно на это определенное время;
- свет фар, близкий к естественному дневному свету;
- невосприимчивость к тряске и вибрациям;
- низкое энергопотребление, которое существенно уменьшает нагрузку на генератор автомобиля, что позволяет снизить расход топлива;
- более простая возможность создания адаптивных фар, что у галогенных ламп невозможно в принципе, а у ксеноновых выходит дорого и сложно.

Недостатки светодиодных фар:

- дорогие, (но быстро дешевеют);
- необслуживаемые – если светодиоды перегорели, то заменяется фара в сборе целиком;
- конструкция требует дополнительного охлаждения.

Не следует путать светодиодные лампы со светодиодными фарами.

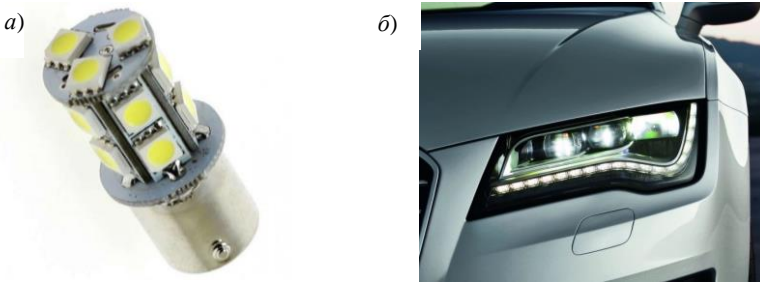


Рисунок 2.45 – Светодиодная лампа (а) и светодиодная фара (б)

Разница состоит в том, что в светодиодных фарах имеется электронный блок, который управляет фарой, состоящей из нескольких групп светодиодов, которые отвечают за освещение определенного участка дороги. Например, фара Mercedes состоит из 71 светодиода, разделенных на семь групп. Луч же фары при этом состоит из узких сегментов, границы которых чуть-чуть заходят друг в друга. Яркость любого из сегментов можно уменьшать, либо вовсе выключать этот сегмент. Фары подобного типа получили название матричных. Матричные фары поднимают на новый уровень безопасность дорожного движения и комфорт управления автомобилем.

Матричная фара Audi A8 объединяет матричный модуль дальнего света фар, модуль ближнего света фар, модуль дневных ходовых огней и указателя поворота. Модуль дальнего света фар состоит из 25 светодиодов, объединенных в группы по 5 штук и в совокупности образующих матрицу. Модуль ближнего света фар расположен под модулем дальнего света фар и состоит из 15 светодиодов, поделенных на несколько сегментов. В самом низу фары размещен модуль дневных ходовых огней и указателя поворота, который включает в себя 30 светодиодов.

Матричные фары имеют электронную систему управления, включающую входные устройства, блок управления и исполнительные элементы. Входными устройствами являются видеочамера и ряд датчиков.

Электронный блок управления обрабатывает информацию от входных устройств и в зависимости от дорожной ситуации активирует (деактивирует) определенные светодиоды. В связи с этим главным достижением матричных фар является возможность движения с постоянно включенным дальним светом без создания световых помех для других участников движения.

В свободном режиме движения при отсутствии встречных автомобилей освещается вся дорога и обе обочины (рисунок 2.46, а). Если приближается встречный автомобиль, то адаптивный блок выключит нужные светодиоды, чтобы не слепить его водителя (рисунок 2.46, б). При движении за попутным автомобилем выключаются диоды, которые могут ослепить его водителя через зеркала заднего вида (рисунок 2.46, в).

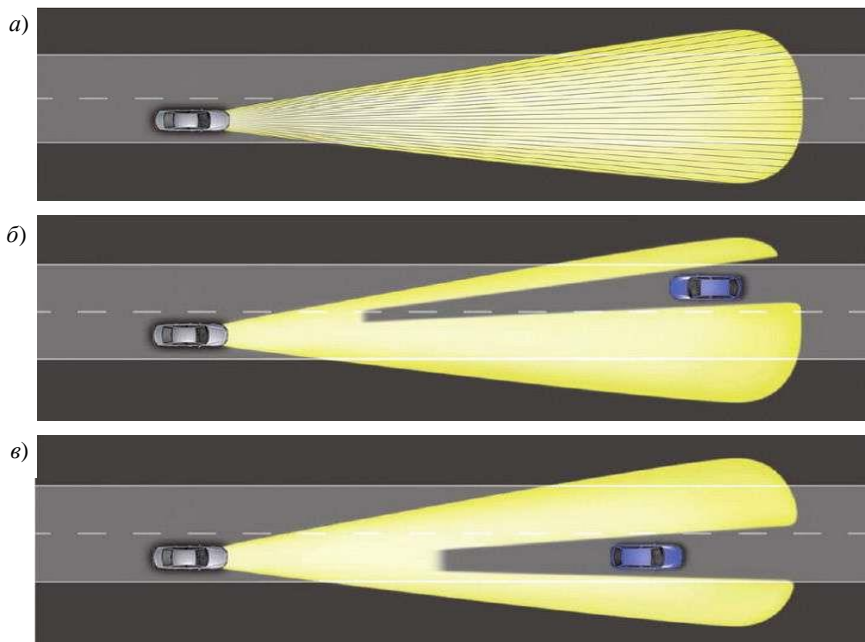


Рисунок 2.46 – Освещение дороги матричными фарами:

a – в свободном режиме движения; *б* – при наличии встречного автомобиля; *в* – при движении за попутным автомобилем

Но только этим способности матричных фар не ограничиваются. Включением различных комбинаций световых сегментов можно изменять форму луча фары в соответствии с условиями движения.

К техническим характеристикам светодиодных ламп, используемых в фарах транспортных средств, предъявляются требования Правил ЕЭК ООН № 128.

Требования к адаптивным системам переднего освещения со встроенными светодиодными модулями регламентированы Правилами ЕЭК ООН № 123, которые предусматривают следующую их маркировку:

- буква «X» и буквы, соответствующие функциям освещения, обеспечиваемым системой: «С» – пучок ближнего света класса С (базовый луч ближнего света) с добавлением обозначений других соответствующих классов пучка ближнего света; «Е» – пучок ближнего света класса Е (луч, используемый на обычных дорогах и автомагистралях); «V» – пучок ближнего света класса V (луч, используемый в освещенных зонах, например, в городах); «W» – пучок ближнего света класса W (луч, используемый в неблагоприятных условиях, например, на мокрой дороге); «R» – пучок дальнего света;

– если модуль имеет функцию поворотного освещения, то после обозначения всех функций освещения добавляется буква «Т».

– на модуле, включающем рассеиватель из пластмассового материала, проставляются буквы «PL».

Лазерные фары. Лазерная фара в ее нынешнем виде фарой как таковой не является, а представляет собой лазерный модуль дальнего света в составе матричной фары. Конструкция лазерного модуля включает блок лазерных диодов, зеркальную матрицу, люминофор и линзу. Диоды генерируют лазерные лучи, которые преобразуются (преломляются) матрицей, состоящей из системы микрзеркал, и направляются на люминофор, при поглощении последним энергии выделяется белое свечение, которое с помощью линзы формируется в мощный световой пучок соизмеримый с дневным светом (рисунок 2.47).

Управление лазерной фарой осуществляет электронный блок, который изменяет положение микрзеркал на основании сигналов от радара и видеокамеры. При низких скоростях движения свет распределяется на большой площади проекции и дорога освещается в широком диапазоне. На высоких скоростях угол раstra уменьшается, а интенсивность света увеличивается.

Преимуществами лазерных фар, обеспечивающими их широкое применение в будущем, являются:

– формирование светового пучка, приближенного к параллельному, что позволяет управлять освещением конкретных зон;

– сила света лазерного светового луча, которая в 10 раз выше, чем у ксеноновых и светодиодных фар;

– большая дальность освещения (до 600 м), в то время как предел возможностей светодиодной фары – всего 300 м;

– четкая светотеневая граница;

– компактность конструкции;

– низкое потребление энергии.



Рисунок 2.47 – Лазерная фара автомобиля Audi

Помимо адаптивного дальнего света лазерные фары могут выполнять и другие функции. Например, Dynamic Light Spot – динамическое точечное освещение. Такая система способна обнаруживать пешехода или другое препятствие на дороге и направлять на него усиленный луч света. Однако существенным недостатком лазерных фар является их пока еще высокая стоимость (до 10 000 евро).

Корректоры фар. При загрузке автомобиля прогибаются упругие элементы его подвески и шины. Прогиб упругих элементов задней подвески, как правило, больше, чем передней, и продольная ось автомобиля наклоняется назад на некоторый угол. Вследствие этого световой пучок фар поднимается на такой же угол вверх и возможно ослепление водителя встречного автомобиля.

В этой связи необходима возможность изменения положения фар при изменении загрузки автомобиля. Устройства, управляющие наклоном фар, называются корректорами фар. Начиная с 1999 года все автомобили, выпускаемые в Европе, обязательно должны быть укомплектованы корректором фар.

По принципу действия корректоры фар разбиты на две группы: принудительного действия и автоматические.

Корректоры фар принудительного действия могут иметь гидравлический или электромеханический привод.

Работа гидравлического корректора основывается на перемещении специальной незамерзающей жидкости по магистралям. Переключатель корректора механически соединен с поршнем главного гидроцилиндра. При воздействии на ручку регулятора в системе возрастает давление жидкости, что приводит в движение поршни рабочих цилиндров, выдвигая тем самым шток, который поднимает отражатели фар. Поскольку система полностью герметична, обратное движение ручки приводит к противоположному эффекту.

Наибольшее распространение получил электромеханический привод корректора фар. Поворотный переключатель имеет обычно цифровую разметку или графическую, которая обозначает положение фар (рисунок 2.48).

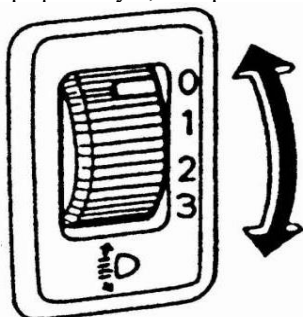


Рисунок 2.48 – Поворотный переключатель корректора фар

Переключатель обычно устанавливается слева от рулевой колонки и имеет 3–4 фиксируемых положения для изменения угла наклона отражателя фар. Корректировка производится водителем по мере необходимости, в зависимости от загруженности автомобиля и изменения его наклона в продольном направлении. Поворот регулятора дает соответствующую команду мотор-редуктору, перемещение штока которого поднимает либо опускает отражатель фары.

Автоматический корректор положения отражателя фар не требует участия водителя для регулировки положения светотеневой границы светового пучка. Корректор, использующийся с галогенными лампами, ориентируется лишь на положение кузова, поэтому его еще называют статическим.

Однако такого режима работы, с началом применения ксеноновых и светодиодных фар, оказалось недостаточно. Генерируемый ими световой поток настолько мощный, что даже его кратковременное воздействие способно ослепить водителей, движущихся навстречу друг другу. Поэтому для предотвращения подобного явления появился динамический корректор. Он поддерживает световой пучок на одном уровне в соответствии с нагрузкой и условиями движения (разгон, торможение, поворот, движение по неровной дороге). Ксеноновые и светодиодные фары излучают свет высокой интенсивности, и применение автоматического корректора при установке таких фар на автомобиль является обязательным.

Основой принципа работы динамического корректора является постоянное считывание дорожного просвета автомобиля. Для этого используются бесконтактные датчики, построенные на основе эффекта Холла. В системе обычно устанавливается 3 датчика дорожного просвета: два спереди (слева и справа) и один сзади. В корпусе датчика находится статор (неподвижный элемент) со встроенными магнитами), являющийся датчиком Холла и ротор (подвижный элемент). Ротор соединен тягой с элементом подвески, поэтому всякое изменение положения этого элемента относительно кузова вызывает поворот ротора и, соответственно, изменение магнитного потока, которое улавливается датчиком Холла. Величина изменения магнитного потока в дальнейшем пересчитывается блоком управления в необходимый угол наклона фар, и соответствующий сигнал подается на исполнительный механизм, представляющий собой мотор-редуктор. В своей работе блок управления учитывает не только угол наклона кузова, но и скорость, а также характер движения автомобиля.

Чтобы исключить ослепление встречных водителей фарами автомобиля, современные легковые автомобили оснащаются фарами с устройством автоматического регулирования наклона фар (рисунок 2.49) [25] .

Блок управления (БУ) автоматического регулирования наклона фар определяет посредством двух сенсоров на передней и задней осях автомобиля, установленных на одной стороне, степень загрузки автомобиля. Эта информация передается в БУ, который изменяет напряжение в серводвигателях. Последние, автоматически поворачиваясь, в зависимости от нагрузки на автомобиль, обеспечивают оптимальное освещение дороги.

Автоматический корректор фар повышает безопасность движения ночью благодаря обеспечению постоянной освещенности дорожного полотна и уменьшению возможности ослепления других водителей.

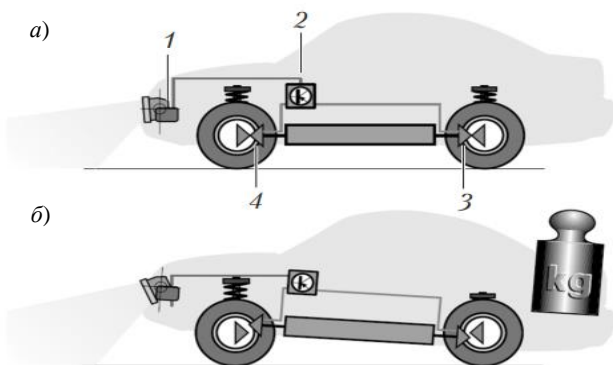


Рисунок 2.49 – Схема системы автоматического регулирования наклона фар:
 а – автомобиль не нагружен; б – автомобиль нагружен; 1 – серводвигатель автоматического наклона фар; 2 – блок управления автоматического угла наклона фар; 3, 4 – сенсоры загрузки

Устройства для автоматического переключения света фар. Такие устройства позволяют переключать свет фар с дальнего на ближний и наоборот при встречном разъезде автомобилей без участия водителя. При всём многообразии такие устройства состоят из фотоэлектронного датчика, устанавливаемого в передней части автомобиля, и электрорелейного блока. При освещении датчика светом фар встречного автомобиля происходит переключение с дальнего света фар на ближний, а когда освещение исчезает – снова на дальний. При этом предусмотрена и возможность ручного переключения.

Электронные системы освещения.

Системы адаптивного освещения. Статичные фары, или, как их называют иначе, классические, не всегда способны обеспечить надлежащий уровень освещения и довольно часто даже ксеноновые фары с отличным светом не спасают автомобилиста от неприятностей на дороге.

Закрепленные фары, которые находятся в одном положении независимо от положения кузова нередко не справляются со своей задачей, например, при проезде неровных участков дороги или во время движения по извилистой дороге. В любую минуту из неосвещенного участка тротуара на пешеходный переход или просто проезжую часть может выйти пешеход. Или на обочине может находиться большой предмет. В любом из вариантов вероятность ДТП очень высокая.

Современная оптика только на вид выглядит статичной и неподвижной, на самом деле это своего рода «глаза», которые следят за всем что происходит на дороге и освещают путь водителю в зависимости о того, куда он поворачивает, где находится и под каким углом движется его авто. Адаптивное освещение управляется интеллектуальной программой под руководством компьютера, который анализирует массу факторов, после чего

производится коррекция положения фар (рисунок 2.50). Таким образом, существенно повысилась безопасность движения, а также на 30–40 % улучшилось освещение проезжей части.



Рисунок 2.50 – Работа системы адаптивного освещения

Работа системы начинается с датчиков поворота, которые сообщают о том, насколько повернут руль, а также датчиков скорости, сообщающих о скорости движения. Также принимаются во внимание информация о положении автомобиля относительно вертикальной оси, и данные от системы курсовой устойчивости и стеклоочистителей. То есть **адаптивные фары** реагируют не только на изменение положения руля или положение транспортного средства на проезжей части, но и на погодные условия и скорость движения [26].

Следует отметить, что в системе адаптивного освещения используется исключительно биксенон в качестве источника света. Поворот фар осуществляется шаговыми двигателями с малой дискретностью. Блок-фара способна поворачиваться максимально на 15° . При этом углы поворота каждой из фар (левая и правая) – будут разными. Если машина совершает поворот налево – левая фара совершает полный поворот на 15° , правая фара – только на половину этого, то есть примерно на 7° . Если поворот правый, всё повторяется с точностью до наоборот. Такая разница нужна для того, чтобы предотвратить ослепление водителей, находящихся на дороге, на которую вы поворачиваете. Также разработчиками были предусмотрены разные режимы работы адаптивных фар (ближний/дальний). Характерно то, что система адаптивного освещения умеет распознавать «подруливание», при котором фары не поворачиваются. Однако если поворот рулевого колеса существенный и длится больше установленного минимума, датчики сразу же сообщают об этом, блок-фара поворачивается. Также нужно отметить, что каждый раз в зависимости от того или иного условия угол поворота фар будет разным, следовательно, и площадь освещения. Если датчики обнаруживают яркий свет, компьютер отдает команду опустить фары и повернуть

их на определенный градус. Источником яркого света чаще всего является встречный автомобиль, который в случае отсутствия коррекции будет попросту ослеплен светом ваших фар. После того как встречные автомобили разъехались, датчик это фиксирует и фары снова поворачиваются на нужный для обеспечения максимально эффективного освещения угол.

В плохих погодных условиях происходит то же самое, система контролирует включение «дворников», после чего фары опускаются на необходимый угол с целью обеспечить эффективное освещение подобно противотуманкам. Современные системы адаптивного освещения автомобилей отличаются высокой точностью и плавностью работы независимо от погодных условий и дорожной обстановки.

Система AFS. Прообразом современной системы адаптивного освещения стала система "AFS" (англ. Advanced Frontlighting System – система адаптивного освещения поворотов). Данная система предусматривает неподвижность фар, при этом пучок света корректируется поворотом светового блока, который приводит в движение точный шаговый электродвигатель. Эта система универсальна и легко адаптируется под европейские, японские и корейские автомобили. Статистика неумолима: авто, оснащенные адаптивной системой освещения, в три раза реже попадают в ДТП, по сравнению с аналогичными автомобилями лишенными этой системы. Такая статистика является главным аргументом в пользу адаптивных фар, благодаря которому большинство ведущих производителей стараются интегрировать эту систему уже в базовой комплектации своих автомобилей.

Система AFL. Аналог вышеописанной системы адаптивного освещения – система AFL (Adaptive Front-Lighting System), ее отличием является наличие дополнительной пары фар. Активация вспомогательных фар происходит только после резкого поворота рулевого колеса, при этом пучок света направляется в соответствующую сторону дороги. Вспомогательные фары оснащены довольно мощными лампочками, поэтому даже при раздельном включении прекрасно справляются с поставленной перед ними задачей и отлично освещают опасные участки дороги. По сути такая компоновка совмещает в себе статический боковой свет с функцией динамического управления основными фарами. На сложных и неровных участках дороги и в узких переулках такая система дает массу преимуществ. Во время движения по магистралям на крутых виражах основные фары системы AFL поворачиваются на большой угол, величина которого зависит от скорости движения ТС. Важно отметить что, как и современные системы, AFL поворачивает правый и левый световые пучки на разный угол, тем самым расширяя диапазон светового сектора. Управление процессом осуществляет контроллер, который анализирует информацию, поступающую от датчиков скорости и датчиков поворота руля. Во время проезда перекрестков и узких участков на малых скоростях активируется дополнительная боковая фара, которая

реагирует на включенный указатель поворота и поворот руля. Подсветка включается мгновенно, как только водитель начинает поворот.

Системы отключения дальнего света фар [27]. В целях недопустимости ослепления встречных водителей легковые автомобили могут оборудоваться автоматической *системой отключения дальнего света*. Распознавание дорожной обстановки впереди автомобиля осуществляется видеокамерой дальнего света, расположенной в основании внутреннего зеркала заднего вида, жестко закрепленного на лобовом стекле.

Система обеспечивает водителю лучшую видимость в темное время суток, так как дальний свет всегда остается включенным, если дорожная обстановка и условия движения это допускают (рисунок 2.51, *а*). Если камера системы распознает движущийся навстречу или впереди идущий автомобиль, дальний свет своевременно отключается, чтобы не ослеплять участников дорожного движения (рисунок 2.51, *б*). При выходе распознанного автомобиля из зоны обнаружения системы дальний свет автоматически включается (рисунок 2.51, *в*).

По освещенности дороги система распознает движение по населенным пунктам и городам, отключая дальний свет. После выезда из населенного пункта или города дальний свет снова автоматически включается. Программное обеспечение системы способно распознать густой туман, что также приводит к отключению дальнего света.

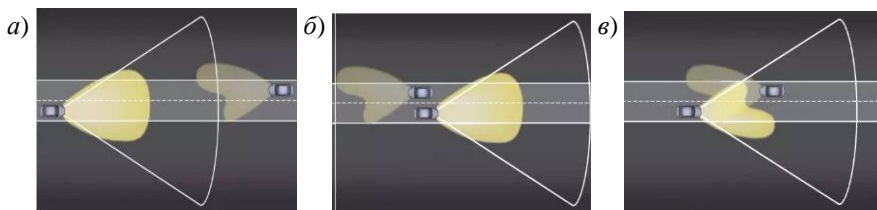


Рисунок 2.51 – Принцип работы автоматической системы отключения дальнего света фар в случае движущегося навстречу автомобиля:
а, б – дальний свет включен; *в* – дальний свет выключен

Более совершенной является *автоматическая коррекция дальности света* фар. Такая система плавно переключает ближний и дальний свет фар в зависимости от фактических условий окружающей среды и дорожной обстановки. Специальная видеокамера в БУ распознает встречный и обгоняющий транспорт. В своей работе функция автоматической коррекции дальности света фар учитывает также данные навигации, получая от нее информацию о расположенных перед автомобилем участках маршрута.

Если система распознает движущийся во встречном направлении автомобиль, то дальность света фар уменьшается, пока они полностью не переключатся в режим ближнего света (рисунок 2.52). Таким образом, исключается

ослепление водителей встречного транспорта. После того как встречный автомобиль проедет, если только дорожная обстановка это допускает, дальность света фар снова увеличивается до режима дальнего света.

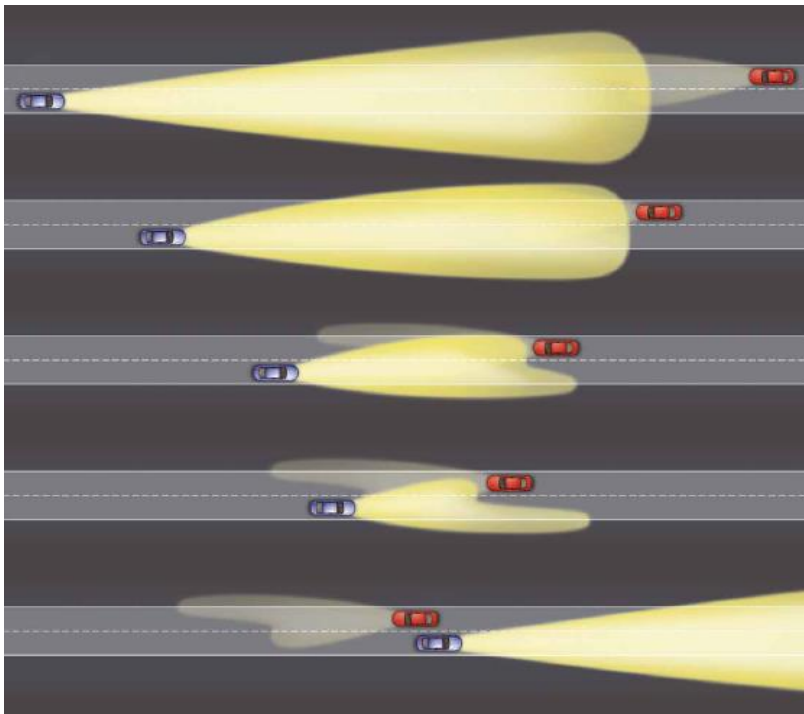


Рисунок 2.52 – Освещение дороги при наличии встречного автомобиля: при автоматической коррекции дальности света фар

От навигационной системы поступают также данные о приближении к перекресткам. В таком случае включается *дополнительная подсветка* перекрестков (рисунок 2.53).



Рисунок 2.53 – Освещение дороги при наличии перекрестка без дополнительной подсветки (а) и с дополнительной подсветкой (б)

Одной из современных систем освещения является *активный свет*, применяемый, например, у автомобилей Touareg. Главная его особенность заключается в том, что он не ослепляет водителей встречных автомобилей. Ксеноновые прожекторные фары позволяют ездить с постоянно включенным дальним светом. На ближний свет фары переключаются автоматически, как только камера, установленная под лобовым стеклом (она же следит за разметкой), заметит встречный или попутный транспорт. В фарах есть специальная шторка с электроприводом, которая позволяет перекрыть световой пучок и сформировать нужную светотеневую границу (рисунок 2.54)

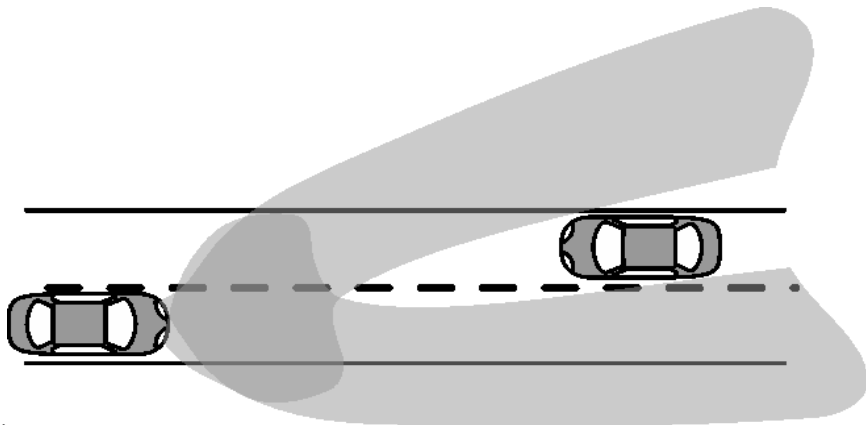


Рисунок 2.54 – Освещение дороги автомобилем с активным светом

Электронная система сама следит за дорогой и передвигает шторку таким образом, чтобы встречная машина всегда находилась в тени. Система автоматически следит сразу за несколькими автомобилями, поэтому водитель может спокойно ехать по загородной трассе с включенным дальним светом, что повышает безопасность движения. Время бысродействия системы – 350 мс.

Системы освещения с адаптивной световой границей. Суть такой системы заключается в том, что за встречным (а заодно и попутным) потоком следит видеочамера, установленная под потолком салона. Вторая часть системы расположена в фаре автомобиля. Подвижные отражатели, которыми управляет быстроредействующий шаговый двигатель, за миллисекунды изменяют ширину и направленность светового потока. При этом изменяются углы наклона и ширина светового пучка в зависимости от реальной дорожной обстановки. Луч света фар попадет лишь на асфальт, но не в глаза встречному водителю и не на зеркало едущему в попутном направлении (рисунок 2.55). Видеочамера, обнаружив потенциальное препятствие, дает команду о его подсветке.

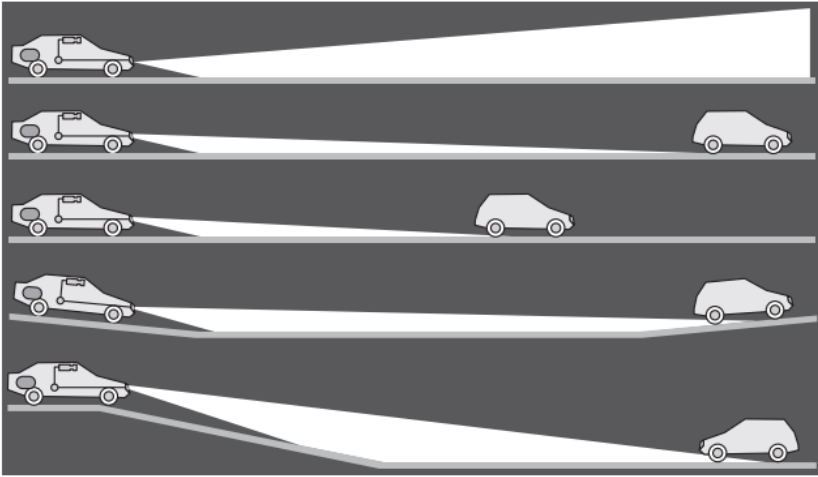


Рисунок 2.55 – Направление луча света фар системы освещения с адаптивной световой границей

Система ночного видения. Система ночного видения предназначена для предоставления водителю информации об условиях движения в темное время суток. Система позволяет распознавать все возможные препятствия, участников дорожного движения, пешеходов на неосвещенной дороге, а также дальнейшую траекторию трассы.

Система помогает снять нагрузку с водителя в условиях плохой видимости и тем самым обеспечивает повышение безопасности движения. В настоящее время система ночного видения устанавливается в качестве опции на легковые автомобили премиум-класса. Принцип действия системы основан на фиксации инфракрасного (теплого) излучения объектов специальной камерой и его проецировании на дисплей в виде серого масштабного образа.

Различают два типа систем ночного видения: *пассивные* и *активные*.

Пассивные системы ночного видения захватывают тепловое излучение, исходящее от объектов, используя тепловую камеру (тепловизор). Любые объекты (живые и неживые) обладают определенной температурой и излучают тепло. В зависимости от температуры интенсивность излучения бывает разной. Благодаря наличию тепловизионных приборов излучение преобразуется в видимое нашему глазу изображение. Тепловая камера фиксирует инфракрасное излучение объектов на расстоянии до 300 м. Они имеют высокий уровень контрастности и низкое разрешение изображения.

Активные системы ночного ведения (рисунок 2.56) используют дополнительный источник инфракрасного света, устанавливаемый на автомобиль. Они характеризуются высоким разрешением изображения и дальностью охвата порядка 150–250 м.

В качестве фильтра применяется специальное стекло, состоящее из тончайших слоев таких материалов, как MgF_2 , Na_3AlF_6 , ZnS , TiO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 . Проходя через множество слоев, световые волны разной длины изменяют фазу и на выходе складываются таким образом, что либо гасят, либо усиливают интенсивность.

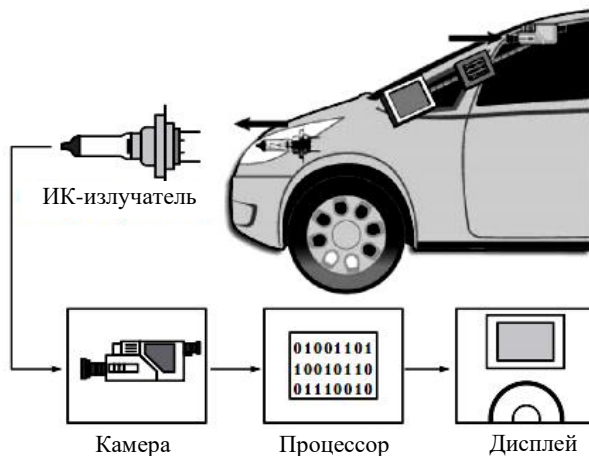


Рисунок 2.56 – Компоновка системы освещения с инфракрасным излучателем

В итоге фильтр пропускает свет строго с длины волны 780 нм. Фара с таким стеклом выглядит выключенной, но только для глаза. Встречные водители будут видеть только ближний свет, в то время как ИК-излучение воспринимает «третий глаз» – видекамера, установленная за зеркалом в салоне. Полученная картинка проходит цифровую обработку, которая повышает четкость изображения. Затем ее выводят на отдельный монитор или непосредственно на лобовое стекло.

Система способна не только отображать объекты на дисплее приборного щитка, но и вести селекцию. Например, когда электроника определяет, что перед машиной человек и он находится вне траектории движения автомобиля, его силуэт отмечается желтой рамкой (рисунок 2.57). Как только система поймет, что человек на пути автомобиля, его фигура станет очерчиваться красной рамкой, при этом раздастся предупреждающий звуковой сигнал.

Инфракрасный прожектор освещает дорогу на 300 м. Адаптивное и инфракрасное освещение (рисунок 2.58) применяется в автомобилях Audi A8, BMW 5-й серии и др. Фары таких автомобилей, оборудованные ксеноновыми лампами, для улучшения освещения и исключения ослепления встречных водителей приспособляются к самым разным условиям движения и помогают водителю лучше видеть дорогу.



Рисунок 2.57 – Селекция отображаемых объектов

На скорости автомобиля до 50 км/ч при автоматическом режиме включается «городской режим», при этом луч света освещает пространство перед автомобилем относительно недалеко (2), высвечивая большое пространство вблизи и в левую сторону. С ростом скорости увеличивается и дальность «ближнего света». Начиная со скорости 110 км/ч работает «дальний свет» (кавычки не случайны – в новой системе традиционное разделение этих понятий теряет смысл).

Для определения начала поворота установлен чувствительный гироскопический датчик, по срабатыванию которого луч слегка поворачивается в сторону поворота. Если же водитель на небольшой скорости (до 70 км/ч) включил сигнал поворота или система зафиксировала резкий маневр рулем, то включается боковой луч, позволяющий увидеть, что происходит слева или справа.

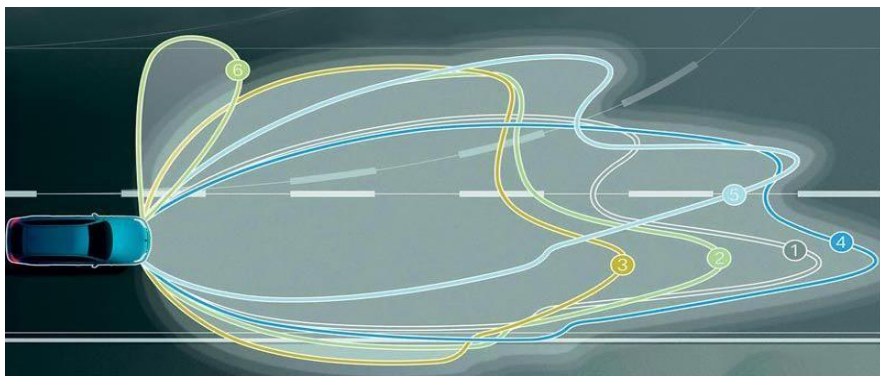


Рисунок 2.58 – Освещение дороги с адаптивной и инфракрасной системами: 1 – базовый свет; 2 – городской свет («ближний»); 3 – противотуманное освещение; 4 – автоматический свет; 5 – освещение кривых на магистрали; 6 – освещение поворотов

При движении автомобиля в тумане автоматически включаются противотуманное освещение (3). Для того чтобы исключить ослепление встречных водителей, предусмотрено автомагистральное освещение (4) с инфракрасным излучателем.

Сканирующие системы освещения. Датчики, сканирующие пространство перед автомобилем (распознавание образов), уже используются в серийных автомобилях. Примером системы распознавания образов является новый тип сенсорной системы, различающей объекты перед автомобилем (разработана компанией Audi). Новая высокочувствительная система способна формировать трехмерное изображение препятствия перед ТС (рисунок 2.59).

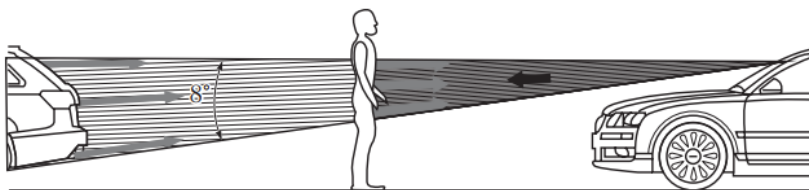


Рисунок 2.59 – Сканирующая система освещения

В основе технологии – источник модулированного инфракрасного излучения и датчик (он размещен позади лобового стекла на уровне зеркала заднего вида), который сделан из новых фоточувствительных полупроводниковых элементов, известных как фотонные смешивающие устройства (Photonic Mixer Devices, PMD). Эти устройства способны обрабатывать сигналы, возвращенные от множества точек предмета одновременно. По строению похожи на обычные приборы с зарядовой связью (так называемые ПЗС-матрицы), применяющиеся в видео- и фотокамерах. Они используют различие во времени, которое требуется лучам, чтобы вернуться от различных объектов сцены к каждому из чувствительных элементов матрицы PMD. Для вычисления объемного изображения система сравнивает сигнал от каждого пикселя матрицы с опорным модулированным сигналом, поставляемым схемой излучателя, при этом посторонняя инфракрасная засветка (например, от солнца) отделяется от собственного сигнала.

Система внешней световой сигнализации автомобиля. Система внешней световой сигнализации автомобиля включает в себя ряд светосигнальных приборов, предназначенных для информирования участников движения о режиме работы и виде транспортного средства, его габаритных размерах, совершаемом маневре и принадлежности в виде освещаемого номерного знака.

Передаваемая светосигнальными приборами информация должна отвечать следующим требованиям: надежно восприниматься в любое время суток и при любых метеорологических условиях; быть понятной для всех участников движения, включая пешеходов; полностью исключать двойственное толкование.

Число, расположение, цвет и видимость сигналов регламентируются Правилами ЕЭК ООН № 48.

Видимость светосигнальных приборов характеризуется углами геометрического светораспределения в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Автомобильные светосигнальные приборы имеют, как правило, асимметричное светораспределение: горизонтальные углы их геометрической видимости значительно больше вертикальных. В вертикальной плоскости углы геометрической видимости обычно составляют $\pm 15^\circ$ относительно оптической оси, а в горизонтальной плоскости – $+80^\circ$ и -45° для габаритных огней и указателей поворота, $\pm 45^\circ$ для сигналов торможения.

К настоящему времени установлен минимальный комплект обязательных для каждого транспортного средства светосигнальных приборов: сигналы торможения, габаритные огни, указатели поворотов и аварийной световой сигнализации, фонарь освещения номерного знака, огонь преимущественного права проезда транспортного средства.

Сигнал торможения служит для предупреждения других участников движения о замедлении хода или остановке автомобиля в светлое и темное время суток. Автомобиль должен иметь два сигнала торможения красного цвета, которые устанавливаются в задней части автомобиля. Их устанавливают на одинаковой высоте 350–1500 мм, на равном расстоянии от его плоскости симметрии и не далее 400 мм края габаритной ширины. Расстояние между парными сигналами торможения должно быть не менее 600 мм, а для автомобилей шириной менее 1300 мм – 400 мм.

Габаритные огни предназначены для светового обозначения наличия и приблизительной ширины транспортного средства в темное время суток или в условиях пониженной видимости. Автомобиль должен иметь два передних габаритных огня белого цвета и два задних красного цвета.

Прицепы и полуприцепы оборудуют двумя задними габаритными огнями красного цвета. Передние габаритные огни белого цвета устанавливают на прицепы и полуприцепы шириной более 1,6 м. Автобусы с числом пассажирских мест более 10 должны дополнительно иметь спереди и сзади по два верхних габаритных огня.

Габаритные огни должны быть установлены на равном расстоянии от плоскости симметрии, на одинаковой высоте и в одной плоскости, перпендикулярной продольной оси автомобиля. Расстояние между огнями по ширине должно быть не менее 600 мм. Высота установки габаритных огней должна быть в пределах 400–1300 мм. Верхние габаритные огни автобусов располагают на расстоянии не более 400 мм от плоскости верхнего габарита. Расстояние до плоскости бокового габарита для всех габаритных огней также не должно превышать 400 мм, а для прицепов – не более 150 мм.

Для указания наличия и габаритов транспортного средства длиной более 6 м при наблюдении сбоку устанавливают боковые габаритные огни oran-

жевого цвета, нормы на размещение и светораспределение которых такие же, как и для боковых световозвращателей. Требования к сигналам торможения и габаритным огням установлены Правилами ЕЭК ООН № 7.

Указатели поворотов работают в мигающем режиме в любое время суток и служат для предупреждения других участников движения о намерении водителя автомобиля изменить направление движения. При повороте включаются фонари с той стороны, в какую поворачивает транспортное средство. Автомобиль должен иметь два задних и два передних указателя поворотов оранжевого цвета. Частота миганий сигналов указателей поворота находится в пределах 60–120 в минуту. При частоте менее 60 миганий в минуту нельзя гарантировать различие сигнала в пределах времени, отводимого участникам движения на оценку дорожной ситуации. Мигание с частотой свыше 120 в минуту воспринимается органами зрения слитно.

Указатели поворота устанавливаются на одинаковой высоте 350–1500 мм, на равном расстоянии от его плоскости симметрии и не далее 400 мм края габаритной ширины. Расстояние между парными указателями поворота должно быть не менее 600 мм, а для автомобилей шириной менее 1300 мм – 400 мм.

Боковые повторители указателей поворотов обязательны для транспортных средств длиной более 6 м, однако допускается их установка на транспортные средства меньшей длины. Они работают синхронно с указателями поворотов в любое время суток и предупреждают водителей автомобилей, совершающих обгон, о намерении водителя обгоняемого автомобиля изменить направление движения. Рассеиватель бокового повторителя поворотов должен быть оранжевого цвета. Требования к указателям поворотов установлены Правилами ЕЭК ООН № 6.

Фонарь освещения номерного знака освещает задний номерной знак в темное время суток и в условиях ограниченной видимости. Он должен загораться одновременно с габаритными огнями и равномерно освещать всюлицевую поверхность заднего номерного знака обеспечивая равномерное освещение от одного или двух фонарей белого цвета и не попадая своими прямыми лучами в поле зрения водителей других транспортных средств. Фонарь должен иметь бесцветный рассеиватель. Фонарь освещения номерного знака должен соответствовать предписаниям Правил ЕЭК ООН № 4.

Огонь преимущественного права проезда транспортного средства обязательен для установки на специальных автомобилях оперативных служб: скорой помощи, пожарных, милицейских и некоторых других. Такой фонарь имеет синий цвет и круговой мигающий сигнал. Он устанавливается на крыше автомобиля. Водители автомобилей с включенным таким сигналом имеют право отступать от выполнения требований Правил дорожного движения. Транспортные средства Государственной автомобильной инспекции оборудуются огнями синего и красного цветов. Включение маячков синего и красного цветов на таком движущемся транспортном средстве информирует во-

дителей попутных транспортных средств, а при отсутствии разделительной полосы и встречных автомобилей требует обязательной остановки. Обязательной остановки также требует включенный красный сигнал на стоящем транспортном средстве оперативного назначения.

Кроме перечисленных обязательных сигналов, без которых запрещена эксплуатация транспортных средств, существуют дополнительные световые сигналы и фонари: фонари заднего хода, стояночные огни, световой указатель автопоезда, сигнал аварийного состояния автомобиля, сигналы увеличения габаритов, задние противотуманные фонари. Большинство указанных светосигнальных приборов входит в штатную комплектацию современных автомобилей.

Фонари (фары) заднего хода обязательно устанавливаются на задней части автомобилей и прицепов (один или два) и загораются только при включении передачи заднего хода. Они имеют бесцветный рассеиватель и служат для предупреждения участников движения о перемещении автомобиля назад. Кроме того, эти фонари должны освещать водителю некоторое пространство позади автомобиля (не менее 5 м), поэтому правильное их называть фарами заднего хода. Они устанавливаются на высоте не менее 250 мм и не более 1200 мм над поверхностью дороги. Характеристики фар заднего хода должны соответствовать требованиям Правил ЕЭК ООН № 23.

Стояночные огни служат для указания наличия автомобиля, находящегося на стоянке, все остальные огни которого выключены. Они отличаются от габаритных огней меньшим расходом электроэнергии. При использовании двух белых стояночных огней спереди и двух красных сзади их размещение и углы геометрической видимости должны быть такими же, как и у габаритных огней.

Могут устанавливаться два комбинированных стояночных огня (часто на задних стойках кузова автомобиля), передающие вперед белый и назад красный сигналы (рисунок 2.60).

Обычно стояночные огни группируются или совмещаются с габаритными огнями. Разрешается применять стояночные огни, расположенные только с одной стороны автомобиля, наиболее удаленной от соответствующего края проезжей части дороги. На многих автомобилях стояночные огни включаются с помощью переключателя поворотов при выключенном зажигании. В какую сторону включен переключатель поворотов – с той стороны и зажигаются габаритные огни.

Световой указатель автопоезда выполняют в виде трех рядом размещенных фонарей оранжевого цвета, располагаемых на крыше кабины автомобиля-тягача как опознавательный сигнал наличия у него прицепа или полуприцепа и включается при движении автомобиля в любое время суток, а также во время остановки и стоянки. В зависимости от размеров кабины, расстояние между рядом стоящими фонарями должно быть равно 150–300 мм.

Углы геометрической видимости составляют $\pm 5^\circ$ по вертикали и $\pm 80^\circ$ по горизонтали.

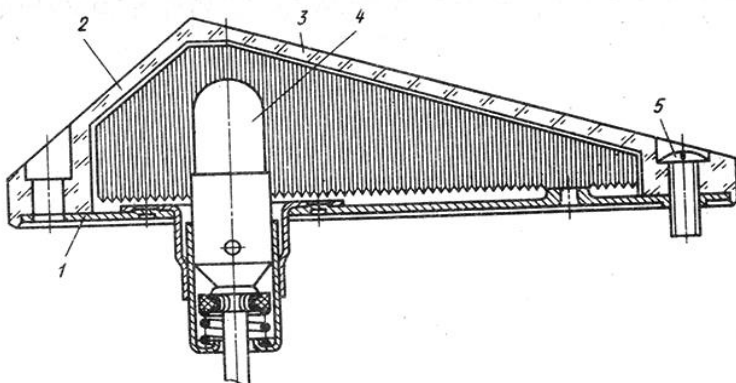


Рисунок 2.60 – Стояночный фонарь:
1 – основание; 2 – рассеиватель белого цвета; 3 – рассеиватель красного цвета;
4 – лампа; 5 – винт крепления

Сигнал опасного состояния автомобиля (аварийная сигнализация) включается, когда автомобиль из-за технической неисправности или других причин представляет собой опасность для других участников движения. Этот сигнал предусматривает одновременную работу в мигающем режиме всех указателей поворота.

Указатели увеличения габаритов представляют собой фонари красного цвета, устанавливаемые на торцах дверей кузова и включающиеся при их открывании. В некоторых автомобилях вместо фонарей устанавливаются световозвращатели красного цвета.

Задние противотуманные фонари – один или два красных огня повышенной силы света, улучшающие видимость автомобиля сзади в тумане. Два фонаря устанавливаются симметрично продольной плоскости автомобиля. Один противотуманный фонарь устанавливается со стороны, противоположной стороне движения, т. е. при правостороннем движении противотуманный фонарь устанавливается слева, а при левостороннем – справа. Согласно Правилам ЕЭК ООН № 48 задние противотуманные фонари устанавливаются не выше 1000 мм и не ниже 250 мм от поверхности дороги. Требования к характеристикам задних противотуманных фонарей установлены Правилами ЕЭК ООН № 38.

Дневные ходовые огни устанавливаются на транспортные средства в связи с введением в дорожные законодательства большинства государств требования движения с включенным ближним светом фар независимо от условий освещенности (рисунок 2.61). Появление мощных светодиодов с достаточно высокой светоотдачей и незначительным потреблением энергии позволило создать ходовые огни, выдающие рассеянный световой поток, хорошо видимый даже при ярком солнечном свете.



Рисунок 2.61 – Дневные ходовые огни автомобиля Audi A4

Дневные ходовые огни должны загораться при включении зажигания. При включении фар ближнего или дальнего света дневные ходовые огни должны отключаться, чтобы не создавать дополнительное слепящее действие для встречных водителей.

Совершенствование системы внешней световой сигнализации. Основными направлениями совершенствования приборов внешней световой сигнализации автомобилей являются:

- установление рационального состава сигнальных фонарей;
- выбор рациональных конструкций и мест расположения сигнальных фонарей исходя из необходимости получения полной и однозначной информации;
- совершенствование фонарей с точки зрения их восприятия в различное время суток и в различных дорожно-метеорологических условиях.

Считается, что обязательный комплект сигнальных фонарей автомобиля и перечисленный выше комплект дополнительных фонарей в основном исчерпывает потребность в устройствах передачи информации, а дальнейшее их увеличение приведет к усложнению и путанице в восприятии и расшифровке передаваемых сигналов. Однако введение некоторых дополнительных сигналов может существенно повысить безопасность движения. К числу таких сигналов относят сигналы, информирующие всех участников движения о скорости и режиме движения автомобиля (разгон, равномерное движение, торможение двигателем, служебное и экстренное торможение). Такая информация позволит водителю лучше ориентироваться в условиях плотных, многорядных транспортных потоков, в режимах следования за лидером и в режиме обгона при наличии встречных автомобилей на полосе обгона.

Существует много предложений дифференциации сигнала торможения в зависимости от степени замедления автомобиля. Среди них выделяются три основных принципа дифференциации: изменение величины силы света; частоты мигания фонарей и включение дополнительных камер фонарей.

Регулировать силу света сигнала торможения предлагается при помощи электрической схемы, преобразовывающей данные давления в тормозной системе или замедления автомобиля в изменение напряжения, регулирующего силу света фонарей.

Предлагаются устройства для получения прерывистого светового сигнала при достижении определенного замедления или в начале торможения, для этого в электрическую цепь сигнала торможения включают колебательный контур с частотой импульсов напряжения, определяемых электроакселерометром. Сигнализатор включается при отпускании педали подачи топлива (торможение двигателем) и работает с минимальной частотой мигания сигнала торможения, при нажатии на педаль тормоза частота увеличивается по мере увеличения интенсивности торможения.

Простым решением задачи дифференциации сигнала торможения можно считать предложение включать дополнительные лампы в камере сигнала торможения при достижении определенного давления в тормозной системе или определенного замедления.

Низкое расположение приборов внешней световой сигнализации большинства автомобилей при движении в плотных и интенсивных транспортных потоках препятствует получению информации водителем о маневре или торможении удаленных от него транспортных средств, загороженных соседними автомобилями, что уменьшает запас времени для принятия правильного решения об изменении режима движения. Поэтому следует устанавливать дополнительные (дублирующие) сигналы торможения в салоне непосредственно за задним стеклом или в верхней задней части кузова автомобиля. Использование этих сигналов позволяет восполнить недостаток информации о периферийных транспортных средствах. В настоящее время установка третьего сигнала торможения является обязательной. На некоторых моделях автомобилей Ford, Volvo и многих других для лучшей видимости задние фонари устанавливаются на задних стойках кузова (рисунки 2.62).



Рисунок 2.62 – Задние фонари автомобиля Volvo XC90

Для наилучшего восприятия каждый из сигналов должен отличаться от других по крайней мере двумя признаками из следующих трех: расположение фонарей на расстоянии не менее 100 мм; различие цветов и различие яркостей (для близко расположенных фонарей соотношение яркостей должно быть не менее 4:1).

Для того чтобы сигнальные приборы могли успешно выполнять свои функции, подаваемые ими сигналы должны быть хорошо видны в любое время суток. Видимость светового сигнала зависит не только от силы излучаемого света, но и от уровня яркости адаптации глаз наблюдателя. Поэтому сигнал, хорошо видимый ночью, будет плохо виден днем, а сигнал, хорошо видимый днем, в темное время будет ослеплять других участников движения. Так как эти два, очень противоречивых требования не удалось совместить в одном режиме работы сигнала, ЕЭК ООН были разработаны требования для приборов, работающих в двух режимах: днем и ночью.

К этим приборам относятся задние указатели поворотов и сигналы торможения. Остальные сигналы либо работают только ночью (габаритные огни, фонарь освещения номерного знака), либо на фоне световых пучков фар (передние указатели поворотов), и поэтому не могут повлиять на суммарное слепящее действие передних огней автомобиля.

Достигается это как с помощью дополнительных сопротивлений, так и с помощью светосигнальных приборов на основе жидких кристаллов. К жидким кристаллам относятся вещества, образующие по структуре промежуточное состояние между жидкостью и твердым телом, и их свойства можно использовать в светосигнальных приборах.

Одним из таких свойств является эффект динамического рассеивания. Он заключается в появлении аномального рассеяния света в жидкокристаллическом веществе при изменении приложенного к нему напряжения и сопровождается переходом от прозрачного состояния к непрозрачному.

Для практического использования этого эффекта применяется электрооптическая ячейка, представляющая собой две параллельные стеклянные пластинки, в зазоре между которыми помещен слой жидкого кристалла. Величина зазора – 10–100 мкм. Упомянутый эффект наблюдается при изменении напряжения от 5 до 30 В, затрачиваемая при этом мощность – 0,1 Вт.

Жидкие кристаллы, в первую очередь, целесообразно применять в сигналах поворота и торможения.

В настоящее время благодаря низкому энергопотреблению и долгому сроку службы большое распространение получили светодиодные автомобильные фонари (рисунки 2.63).



Рисунок 2.63 – Задний светодиодный фонарь

2.8.4 Внутренняя визуальная информативность автомобиля

Внутренняя визуальная информативность дает возможность водителю воспринимать информацию, необходимую для безопасного управления автомобилем. К устройствам внутренней визуальной информативности относятся панель приборов и устройства, улучшающие обзорность автомобиля. Ранее, до появления понятия информативность, эти устройства относили к элементам рабочего места водителя.

Панель приборов. В процессе движения водителю необходима информация о состоянии систем и агрегатов управляемого им автомобиля. Эта информация должна поступать к водителю в компактной закодированной форме в виде показаний указателей и индикаторов с панели приборов.

Панель приборов состоит из различных информационных индикаторов, которые должны обеспечивать водителя информацией о состоянии систем и агрегатов, о течении процессов в них, о скорости движения автомобиля в форме, пригодной для восприятия. Эти устройства необходимо конструировать так, чтобы обеспечивалось быстрое прочтение и однозначное понимание водителем визуальной информации, которая выносится на панель приборов.

Показания контрольно-измерительных приборов и сигнализаторов приборной панели несут достаточно разнообразную информацию, которую по важности содержания можно разделить:

- на сведения о состоянии систем автомобиля, обеспечивающих безопасность движения;
- информацию об эксплуатационном состоянии систем и агрегатов;
- прочие сведения.

Обычно приборы размещаются непосредственно перед водителем и, как правило, симметрично относительно оси рулевой колонки. Конструктивно приборы (стрелочные указатели и световые сигнализаторы) составляют единый комплекс – панель приборов. Монтаж приборов выполняют, как правило, тремя способами: в виде специального щитка, в едином корпусе

(комбинация приборов) и смешанным (часть приборов на щитке, а часть расположена отдельно). Состав контрольных приборов и сигнализаторов современных автомобилей достаточно стабилен. Он зависит от типа, назначения и класса автомобиля.

Современные панели приборов могут состоять из разного числа приборов – от двух (спидометр и указатель топлива) до восьми и более. В состав приборной панели, состоящей из трех приборов, входят: спидометр, указатели запаса топлива и температуры охлаждающей жидкости двигателя (или температуры масла для двигателей с воздушным охлаждением). Эти приборы можно считать обязательными для установки на автомобили малого класса (рисунок 2.64, а). Наибольшее распространение в настоящее время получила приборная панель, состоящая из четырех приборов, в которую кроме перечисленных приборов, как правило, устанавливается тахометр (рисунок 2.64, б). В случае применения 5 приборов к указанным четырем добавляется амперметр или вольтметр, а чаще указатель давления масла в двигателе (рисунок 2.64, в). В состав панели из шести приборов входят спидометр, тахометр, указатели запаса топлива и температуры охлаждающей жидкости, амперметр или вольтметр и указатель давления масла в двигателе (рисунок 2.64, г).

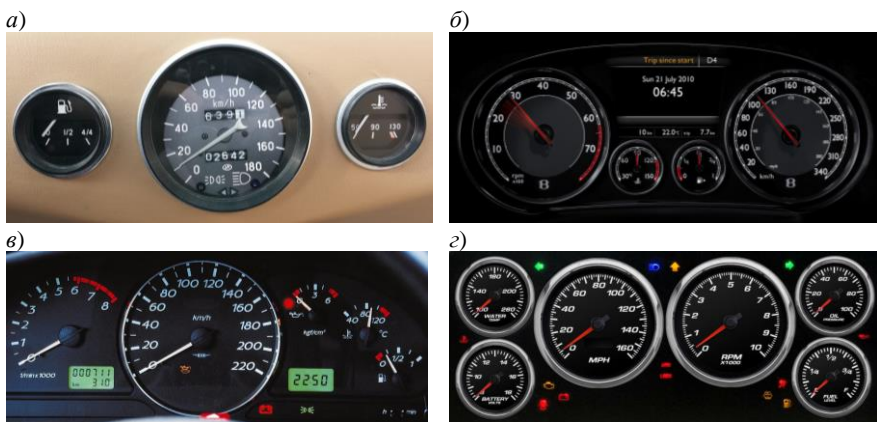


Рисунок 2.64 – Панели приборов легковых автомобилей

Классическую комбинацию приборов с ее аналоговыми устройствами постепенно заменяет интерактивная приборная панель, которая имеет ряд существенных преимуществ:

- представление большого количества информации;
- высокая наглядность представления информации;
- возможность разнообразной, в том числе индивидуальной настройки;
- интерактивное взаимодействие с водителем, то есть водитель имеет возможность изменять по своему желанию вид и количество отображаемой на ней информации.

Интерактивная приборная панель представляет собой жидкокристаллический цветной дисплей с высоким качеством изображения и скоростью отклика. Предусмотрено два режима отображения информации на дисплее: классический и прогрессивный. В классическом режиме приборная панель выглядит как обычная панель с аналоговыми приборами: спидометр, тахометр, указатели наружной температуры, текущего времени, расхода топлива, контрольные лампы. Прогрессивный режим предлагает вывод на приборную панель дополнительных функций: радио, медиа, телефон, навигация, интернет, климатическая установка, показания бортового компьютера и др.

На многих современных автомобилях для сохранения внимания водителя на дороге часть информации с приборной панели автомобиля (скорость движения, указания навигационной системы) может транслироваться непосредственно на лобовое стекло с помощью проекционного дисплея.

Приборные панели грузовых автомобилей должны включать в себя следующие контрольно-измерительные приборы: спидометр или тахограф, указатель температуры охлаждающей жидкости, указатель давления масла в двигателе, указатель запаса топлива в баке, амперметр (или вольтметр), манометр давления в пневмосистеме тормозов.

Состав световых контрольных и аварийных сигнализаторов, устанавливаемых на панели приборов, также может быть разным. Однако основной сложившийся перечень таков: контрольные лампы указателей поворота, включения дальнего света фар и стояночного тормоза, режима работы генератора, габаритных огней; аварийные сигнализаторы давления масла в двигателе, температуры охлаждающей жидкости, запаса топлива.

Требования к конструкции панели приборов. При организации потока зрительной информации необходимо учитывать характеристики пространственного видения человека. Как известно, полное поле зрения человека охватывает в вертикальной плоскости пространство в границах 70° ниже и 60° выше уровня глаз, а по горизонтали 60° в обе стороны от вертикальной оси симметрии тела.

В пределах этого пространства человек может контролировать различные объекты только за счет перемещения глаз. Именно в этом поле зрения желательно устанавливать индикаторные приборы.

Приборная панель автомобиля, как правило, располагается в зоне 20° вправо и влево и ниже уровня глаз водителя. Таким образом, все индикаторы расположены в периферической части поля зрения и во время движения водитель вынужден перемещать взгляд на приборную панель для считывания показаний приборов и индикаторов. При этом нарушается процесс слежения за дорогой, что может привести к аварийной ситуации. Это не позволяет пользоваться контрольно-измерительными приборами без ущерба для безопасности движения. Поэтому основное требование, которое предъявляется при конструировании приборной панели автомобиля – минимизация

времени считывания показаний, а требование в точности считывания отступает на второй план. Выполнение основного требования возможно при рациональной компоновке панели приборов и подборе оптимальных параметров отдельных индикаторов.

При проектировании приборной панели исходят из различных принципов, определяющих компоновку приборов. Одним из них является принцип значимости, согласно которому центральное место на панели должны занимать приборы и сигнализаторы, информирующие о безопасности. В автомобиле к таким приборам относится спидометр, который имеет большие размеры и расположен в центральной части панели, а также сигнализаторы, срабатывающие при отказе систем, обеспечивающих безопасность.

Следующий принцип, который должен соблюдаться при компоновке панели приборов – принцип частоты использования, требующий сосредоточения в центральной части панели приборов, наиболее часто используемых.

Требования к подсветке панели приборов. На удобство и скорость снятия показаний с приборов большое влияние оказывает подсветка, т. к. при понижении освещенности восприятие показаний приборов резко ухудшается. Основное требование, предъявляемое к подсветке приборов, – это обеспечение такой же видимости показаний, как и в дневных условиях наблюдения. С другой стороны, яркость освещения шкал приборов не должна повышать уровень яркостной адаптации глаз водителя и ослеплять его. К наиболее важным факторам, определяющим выполнение перечисленных требований, можно отнести: величину, равномерность освещенности приборов и цвет освещения.

Величина и равномерность освещения приборов зависит от способа освещения, размеров освещаемых поверхностей шкал приборов и яркости отдельных элементов. Однако данных по числовым характеристикам перечисленных параметров не имеется. Их отсутствие конструкторы компенсируют регулировкой яркости подсветки, величину которой водитель может выбрать самостоятельно. Кроме этого, устанавливают выключатель подсветки отдельно от выключателя габаритных огней.

В качестве цвета подсветки приборов наиболее часто применяются белый, зеленый, голубой, реже – красный.

Требования к световым сигнализаторам. К световым сигнализаторам панели приборов предъявляются те же два противоречивых требования, что и к освещению приборов. С одной стороны, сигнализаторы должны быть хорошо различимы и практически немедленно обращать на себя внимание в дневных условиях, с другой – не должны менять уровень световой адаптации и ослеплять водителя в темное время суток. Наиболее важными факторами, определяющими восприятие световых сигналов водителем, являются: яркость адаптации глаз водителя, яркость сигнализатора, размеры его светового отверстия, цвет, равномерность свечения и расположение в поле зрения.

Число сигнализаторов колеблется в широких пределах (от 4 до 13) и имеет тенденцию к росту. Световые сигнализаторы являются как самостоятельными элементами индикации для контроля за включением, работой и состоянием ряда механизмов и систем автомобиля, так и дополняют стрелочные приборы. Эти сигнализаторы информируют водителя о возникновении аварийных режимов работы агрегатов и систем автомобиля.

Их применение вызвано тем, что стимулом обращения к прибору для водителя не может служить изменение положения стрелки, т. к. приборы находятся в области периферического зрения и вероятность обнаружения изменения значения какого-либо контролируемого параметра только по положению стрелки мала.

В качестве источников света в сигнализаторах применяют различные лампы накаливания мощностью не более 3 Вт. Рост числа световых сигнализаторов требует более плотного их монтажа на панели приборов, что приводит к уменьшению светового отверстия и применению миниатюрных, в частности безцокольных, ламп.

Согласно международным стандартам по условным знакам и цветам контрольных устройств сигнализаторы приборной панели автомобилей выполняют в основном четырех цветов: красного, оранжевого, зеленого и голубого. Эти цвета могут быть использованы как огни мигающие и постоянные. Красный цвет рекомендуется для аварийной сигнализации, а также сигнализации о недостаточном уровне жидкости в тормозной системе и давлении воздуха в пневмосистеме. Зеленый цвет используется для контроля за включением прожекторов дальнего действия, указателя поворотов (мигающий), габаритных огней и кондиционирования воздуха. Оранжевый цвет применяется для сигнализации о включении стояночного тормоза и заряда аккумуляторной батареи. Голубой цвет рекомендован для контроля за включением дальнего света фар.

Совершенствование состава контрольных приборов и параметров, подлежащих контролю, можно разделить по направлениям на несколько групп. К первой группе относятся устройства, с помощью которых осуществляется комплексный контроль за состоянием систем и агрегатов автомобиля, непосредственно обеспечивающих безопасность движения. Они, как правило, включают в себя датчики, которые размещены в различных узлах автомобиля, электронную схему, обеспечивающую получение и усиление сигналов от датчиков, и индикаторы. В качестве индикаторов чаще всего применяют световые сигнализаторы и дополняют их звуковыми сигнализаторами. Принципиально новыми здесь являются индикаторы, в которых информация выводится на дисплей.

Ко второй группе относят новые конструкции спидометров и устройств, сигнализирующих о превышении допустимой скорости. В качестве источника информации об этом предлагается использовать световые и звуковые

сигнализаторы. К этой же группе следует отнести новые конструкции спидометров, выводящих скорость и пробег автомобиля на приборную панель в цифровом виде. Предлагается конструкция спидометра с блокирующим устройством, которое при резком замедлении в результате ДТП фиксирует стрелку спидометра, что позволяет определить скорость автомобиля в момент ДТП.

К третьей группе относятся устройства, с помощью которых осуществляется контроль за исправностью тормозной системы автомобиля (давление в системе гидропривода, уровень тормозной жидкости, предельная степень износа тормозных накладок).

В четвертую группу входят устройства, контролирующие исправность внешнего светового оборудования. В одних случаях меняется частота проблесков контрольных ламп (для сигналов поворота), в других при выходе их из строя контролируемой лампы или разрыве цепи, загорается световой сигнализатор на панели. Предлагаются системы, информирующие водителя о необходимости выключить наружное освещение при выходе из автомобиля, а также о необходимости его включения в нужное время.

В отдельную группу входят приборы для контроля за расходом топлива и его остатком. Результат выдается на дисплее либо в среднем расходе в литрах на 100 км пути, либо в мгновенном расходе топлива в литрах на 100 км пути, либо в расстоянии, которое может пройти автомобиль с данной скоростью на топливе, оставшемся в баке.

Существует группа устройств, сигнализирующих о безопасной дистанции до различных объектов, что помогает водителям предотвратить столкновения автомобилей и наезды на препятствия. Все устройства данной группы состоят из излучателей (УКВ, ультразвук, инфракрасные лучи и пр.), приемников и логических устройств, сравнивающих параметры движения автомобиля и расстояние до препятствия. При приближении к критическому значению этого расстояния водителю подается световой и (или) звуковой сигнал и срабатывает система аварийного торможения.

В отдельную группу собраны устройства, которые контролируют различные параметры автомобиля, традиционно не контролируемые сегодня: давление в шинах в процессе движения, состояние запоров дверей, капота и багажника и др.

Предлагается ряд приборов, контролирующих состояние и поведение водителя. Они предотвращают засыпание водителя за рулем и управление автомобилем в состоянии опьянения или сильного утомления. Предлагается несколько принципов действия таких приборов, основанных: на анализе выдыхаемого водителем воздуха, правильной последовательности действий водителя при запуске двигателя и трогании автомобиля с места, сравнении числа поворотов рулевого колеса на единицу пути, подаче сигнала водителю, на который он должен отреагировать. Если водитель не выполняет дан-

ные условия, двигатель автомобиля отключается, и возобновление движения возможно только через определенное время. Существует группа устройств, позволяющих информировать водителя о состоянии дорожного покрытия: датчики гололеда, срабатывающие при понижении температуры воздуха и высокой влажности; устройства, информирующие о понижении коэффициента сцепления шин с дорогой по проскальзыванию колеса.

Перечень контрольных ламп и сигнализаторов в современном легковом автомобиле на примере Volkswagen Passat B6 приведен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Перечень контрольных ламп и сигнализаторов в легковом автомобиле Volkswagen Passat B6.

Символ	Контролируемый объект	Символ	Контролируемый объект
	Подушка безопасности		Лампы накаливания
	Антиблокировочная система		Крышка багажника
	Износ тормозных колодок		Открытая дверь
	Недостаток или перегрев охлаждающей жидкости		Резерв топлива
	Свечи накаливания		Электронный акселератор
	Динамический контроль давления масла		Генератор
	Сажевый фильтр		Система контроля двигателя EOBD
	Электроусилитель руля		Открыт капот
	Контроль давления в шинах		Задний противотуманный фонарь
	ESP – Electronic Stability Program (электронная система динамической стабилизации); ASR – Automatic Slip Regulation (антипробуксовочная система)		Электронный распределитель тормозных усилий Стояночный тормоз Электромеханический тормоз
	Сигнализатор электромеханического стояночного тормоза		Недостаток тормозной жидкости Уровень масла в двигателе
	Круиз-контроль		Блокировка коробки передач
	Указатель левого поворота		Ремни безопасности

Окончание таблицы 2.5

Символ	Контролируемый объект	Символ	Контролируемый объект
	Указатель правого поворота		Дневной свет
	Указатель поворота на прицепе		Открытая крышка наливной горловины
	Дальний свет		Недостаток жидкости в бачке стеклоомывателя

Проекционный дисплей автомобиля. Проекционный дисплей – это устройство индикации информации различных систем автомобиля, проецирующее эту информацию на лобовое стекло, в поле зрения водителя. Для считывания этой информации водителю практически не нужно менять направление взгляда. По-английски такие дисплеи часто называют Head-up Display («голова поднята вверх»), подчеркивая тот факт, что водителю не нужно наклонять голову [28].

Использование специального лобового стекла, соответствующая схема проекции создают у водителя впечатление, что индикация проекционного дисплея находится не на лобовом стекле, а за ним, на достаточно удобном удалении, примерно в 2–2,5 м от водителя, «висящая над капотом автомобиля» (рисунок 2.65).

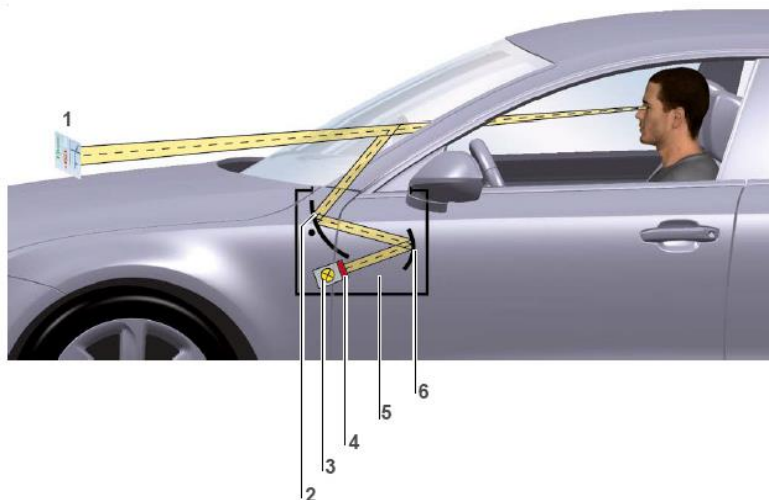


Рисунок 2.65 – Проекционный дисплей:

1 – виртуальное изображение; 2 – подвижное зеркало; 3 – источник света проекционного дисплея; 4 – дисплей высокого разрешения; 5 – блок управления проекции; 6 – неподвижное зеркало

Работа системы основана на принципе распознавания изображений. Камера, находящаяся в передней части автомобиля, воспринимает изображение дороги, которое затем анализируется специальной программой.

Источником изображения в проекционном дисплее 4 служит прозрачная TFT-матрица высокого разрешения, состоящая из тонкопленочных транзисторов. Матрица просвечивается сильным источником света 3 (15 светодиодов), аналогично тому, как это происходит в диапроекторе. Свет, прошедший через матрицу, направляется двумя зеркалами: 2 и 6 на лобовое стекло. Зеркало 6 сделано подвижным, с его помощью можно изменять высоту видимого положения дисплея. Это позволяет отрегулировать положение изображения в зависимости от положения сиденья или роста водителя. Кроме того, форма зеркал подобрана так, что они компенсируют искажения изображения, возникающие вследствие изогнутой формы лобового стекла.

Яркость свечения видимого изображения непрерывно адаптируется к яркости окружающего света. Для этого блок управления 5 получает данные о яркости окружения от датчика дождя и освещенности. Водитель также имеет возможность регулировать яркость изображения дисплея.

Лобовое стекло является важной составной частью оптической системы проекционного дисплея. Проецируемое изображение отражается и от лобового стекла, которое в этом случае играет роль третьего, полупрозрачного зеркала, что предъявляет очень высокие требования к геометрическим параметрам лобового стекла. Использование обычного лобового стекла приводило бы к раздражающему раздвоению изображения. Поэтому в автомобилях с проекционным дисплеем устанавливается специальное лобовое стекло (рисунок 2.66).

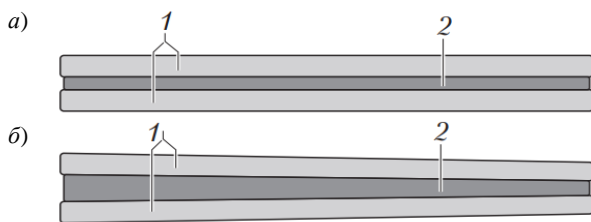


Рисунок 2.66 – Лобовое стекло для автомобилей с проекционным дисплеем:

а – обычное стекло; *б* – стекло для автомобилей с проекционным дисплеем;

1 – плоские слои стекла; *2* – полимерная пленка

Лобовое стекло для автомобилей с проекционным дисплеем отличается от обычного тем, что полимерная пленка, находящаяся между наружным и внутренним слоями стекла, имеет в нем не постоянную толщину, а выполнена слегка клинообразной. Наружная и внутренняя поверхности лобового стекла оказываются не совсем параллельными (кверху толщина стекла несколько увеличивается), и два изображения, образующихся в результате

отражения света от каждой из этих двух поверхностей, смещаются по отношению друг к другу так, что сливаются в одно.

На проекционном дисплее могут отображаться следующие индикации (рисунок 2.67):

- текущая скорость автомобиля;
- данные навигационной системы;
- включение круиз-контроля или ассистента движения по полосе;
- отображение действующих знаков ограничения скорости с дополнительными табличками;
- красные предупреждающие пиктограммы (например, о необходимости доливки масла);
- предупреждение ассистента ночного видения и др.

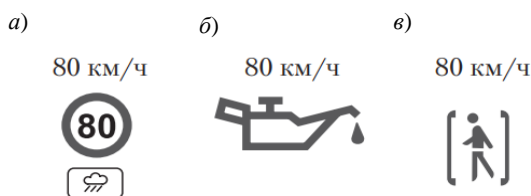


Рисунок 2.67 – Примеры отображения индикации на проекционном дисплее:

а – текущая скорость и отображение действующих знаков ограничения скорости с дополнительными табличками; *б* – текущая скорость и необходимость доливки масла; *в* – текущая скорость и предупреждение ассистента ночного видения о наличии пешехода

2.8.5 Обзорность автомобиля

Одной из важнейших эксплуатационных характеристик автомобиля с точки зрения безопасности движения является обзорность с рабочего места водителя, т. к. в современном автомобиле практически единственным сенсорным информатором водителя об окружающей его обстановке является зрение.

Ровная поверхность дорожного покрытия, усовершенствование подвески и систем управления автомобилем практически уничтожили ощущение вибрации и центробежных сил, благодаря которым водитель мог определять скорость и направление движения. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха позволяют двигаться с закрытыми стеклами, в результате чего практически исчез источник слуховых ощущений.

Таким образом, чем более комфортабельные условия создаются для водителя автомобиля, тем больше водитель зависит от одного органа чувств – зрения – вместо большого сенсорного комплекса.

Под обзорностью автомобиля понимают его конструктивное свойство, определяющее объективную возможность и условия восприятия водителем визуальной информации, необходимой для безопасного и эффективного управления транспортным средством. Она определяется в первую очередь

следующими факторами: размеры окон, ширина и расположение стоек кузова, место размещения водителя относительно окон, размеры зон, очищаемых стеклоочистителями, конструкция омывателей лобового стекла, система обогрева и обдува стекол, а также расположение, число и размеры зеркал заднего вида.

Обзорность можно определить на основе анализа ряда параметров, характеризующих ее с качественной и количественной сторон. В зависимости от степени влияния на условия получения зрительной информации водителем во время движения параметры обзорности можно разделить на основные и дополнительные.

Основными являются те параметры обзорности, которые характеризуют условия восприятия водителем важных объектов дорожной обстановки, обычно расположенных в направлении движения автомобиля. Дополнительными называют параметры обзорности, характеризующие условия восприятия водителем объектов, расположение которых не совпадает с направлением движения автомобиля и которые являются добавочными источниками информации об окружающей среде движения. К дополнительным, также относятся параметры, характеризующие условия видимости областей окружающего пространства с помощью специальных оптических приспособлений, например, зеркала заднего вида, камеры заднего вида и др.

Рекомендуемые параметры обзорности автомобиля определяют исходя из анализа расположения различных объектов дорожной обстановки, которые необходимо видеть водителю для безопасного управления автомобилем.

При определении оптимального угла обзорности вверх учитывается, что он должен обеспечивать водителю видимость светофоров, знаков и других дорожных сигналов, установленных над проезжей частью дороги.

Минимально необходимый угол обзорности вверх должен быть таким, чтобы водитель мог увидеть сигнал светофора на расстоянии до места остановки, которое позволяло бы водителю принять решение и достаточно плавно остановить автомобиль.

Максимальная высота верхней кромки переднего стекла, ограничивающая верхний предел обзорности, обуславливается двумя требованиями. Во-первых, водитель должен видеть светофор, подвешенный на высоте 5 м над серединой проезжей части, когда автомобиль стоит на стоп-линии на расстоянии 12 м от светофора. Во-вторых, переднее окно не должно быть слишком высоким, т. к. водитель будет в этом случае страдать от избытка яркого света и тепловых лучей, что наблюдается при верхнем угле обзорности свыше 30°.

Обзорность непосредственно перед автомобилем, т. е. нижний угол обзорности, определяется длиной и высотой капота, а также нижней кромкой переднего окна. Кроме того, она зависит от расположения глаз водителя над дорогой. При движении автомобиля с высокой скоростью по автомагистра-

ли с хорошим покрытием обзорность непосредственно перед автомобилем не играет существенной роли. Однако эта обзорность необходима в следующих ситуациях: при трогании автомобиля с места, чтобы избежать наезда на препятствие, случайно появившееся перед автомобилем; при маневрировании в стесненных условиях (на стоянках, в пунктах погрузочно-разгрузочных работ и т. д.); при движении по дороге с покрытием, находящимся в неудовлетворительном состоянии, когда водитель должен следить за поверхностью дороги непосредственно перед автомобилем; при движении в плотном транспортном потоке, когда водителю необходимо постоянно следить за сигнальными фонарями впереди идущих автомобилей.

Оптимальные углы обзорности в горизонтальной плоскости должны быть такими, чтобы водитель мог видеть объекты при выполнении маневров в плане (при движении автомобиля по криволинейным участкам дорог, при проезде перекрестков и пересечений), а также светофоры, дорожные знаки, указатели и другие объекты, расположенные по сторонам дороги. Обзорность в плане определяется, прежде всего, шириной переднего окна, шириной и расположением передних боковых стоек кабины или кузова.

Поле обзора водителя транспортных средств категорий М₁ и N₁ спереди регламентировано Правилами ЕЭК ООН № 125.

Стеклоочистители. Большое значение для обеспечения хорошей обзорности независимо от метеорологического состояния окружающей среды имеют стеклоочистители, а также система обдува и обогрева стекол. Стеклоочистители предназначены для очистки ветрового стекла от попадающих на него во время движения автомобиля воды, грязи, снега и т. п. Они состоят из электрического двигателя, воздействующего через систему тяг и рычагов на приводные валики с установленными на них поводками, к которым прикрепляются уже сами щетки. Система тяг и рычагов обеспечивает не круговое движение приводных валиков, они лишь поворачиваются вокруг своей оси на 90–110°, а затем возвращаются в исходное положение. Та же система тяг и рычагов сделана так, что оба приводных валика совершают повороты синхронно и поводки вместе со щетками тоже перемещаются синхронно, что предотвращает их соприкосновение.

Основное требование, предъявляемое к стеклоочистителям – это очистка как можно большей части площади лобового стекла и хорошее качество очистки за каждый ход щеток. Современные стеклоочистители отличаются по конструкции щеток, площади очищаемой поверхности ветрового стекла и по типу привода.

В настоящее время используются три типа конструкции щеток: с каркасным держателем, бескаркасным и гибридным.

Конструкция каркасного держателя состоит из слегка изогнутых коромысел – каркаса (рисунок 2.68).



Рисунок 2.68 – Щетка стеклоочистителя с каркасным держателем

У такой конструкции имеется основное коромысло, на котором установлен адаптер для соединения его с поводком. Это коромысло шарнирно соединено с рабочими коромыслами, которые имеют опоры они же зажимы, удерживающие резиновую очистную ленту. Бывают 4-, 6- и 8-опорные конструкции щеток с каркасным держателем.

У бескаркасных держателей очистная лента с установленными в нее пластинами монтируется и фиксируется в зажимах плоской металлической пружины, имеющей дугообразную форму (рисунок 2.69). Эта пружина и прижимает очистную ленту к стеклу. Для установки на поводок на металлической пружине имеется адаптер.



Рисунок 2.69 – Щетка стеклоочистителя с бескаркасным держателем

Гибридными называются щетки имеющие каркас, который спрятан в пластиковом корпусе.

Исходное расположение щеток в выключенном состоянии выбирается из условия создания щетками и рычагами минимальных помех в поле зрения водителя. Обычно они располагаются у нижней кромки лобового стекла. Размер зоны очистки лобового стекла зависит от типа привода (рисунок 2.70).

При работе по схеме, представленной на рисунке 2.70, а, две щетки движутся в противоположных направлениях, и посередине лобового стекла остается неочищенный участок. Для устранения этого недостатка делают так, чтобы в средней части стекла зоны очистки перекрывали друг друга (см. рисунок 2.70, б). Однако и в этом случае верхняя часть лобового стекла остается неочищенной. При параллельном движении щеток (см. рисунок 2.70, в) они движутся в одном направлении. В этом случае очищается значительная часть лобового стекла без явно выраженного неочищенного участка в средней части. При больших поверхностях лобового стекла на грузовых автомобилях и автобусах (МАЗ, Volvo, DAF, Mercedes, Scania и др.) устанавливаются три или более щетки. На некоторых моделях легковых автомобилей

Mercedes стекла очищаются при помощи одной, так называемой, плавающей щетки, которая выдвигается при приближении к правой или левой кромке лобового стекла (см. рисунок 2.70, з).

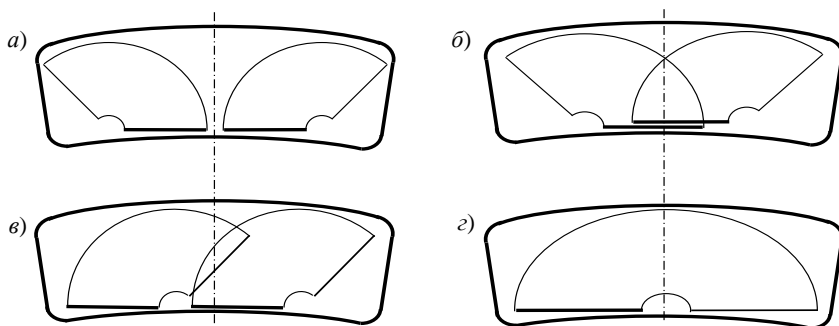


Рисунок 2.70 – Схемы зон очистки лобового стекла в зависимости от типа привода щеток

Система обдува и обогрева стекол должна устранять запотевание и обмерзание лобового стекла при низкой температуре наружного воздуха.

Зеркала заднего вида. В процессе движения водителю часто приходится оценивать обстановку позади автомобиля, особенно при смене полос движения и совершении обгонов. Для этой цели служат зеркала заднего вида, обзорность через которые зависит от формы отражающей поверхности (выпуклая или плоская), размеров зеркал и мест их размещения относительно глаз водителя. Требования к зеркалам заднего вида регламентированы Правилами ЕЭК ООН № 46, в соответствии с которыми для автомобилей установлены параметры обзорности через зеркала заднего вида.

У грузовых автомобилей (рисунок 2.71, а) поле обзора через левое наружное зеркало должно быть таким, чтобы водитель мог видеть, по крайней мере, часть ровной и горизонтальной дороги шириной 2,5 м, ограниченную справа плоскостью, параллельной вертикальной продольной средней плоскости автомобиля и проходящей через крайнюю левую габаритную точку общей ширины и охватывающую пространство, начиная с 10 м позади окулярных точек водителя до горизонта.

Поле обзора через правое наружное зеркало должно быть таким, чтобы водитель мог видеть часть ровной горизонтальной дороги, по крайней мере, шириной 3,5 м, ограниченную слева плоскостью, параллельной вертикальной продольной средней плоскости автомобиля и проходящей через крайнюю точку габаритной ширины, с расстояния не менее 30 м позади окулярных точек водителя и до горизонта. Кроме того, водитель должен иметь возможность видеть дорогу по ширине 0,75 м, начиная с 4 м позади вертикальной плоскости, проходящей через окулярные точки.

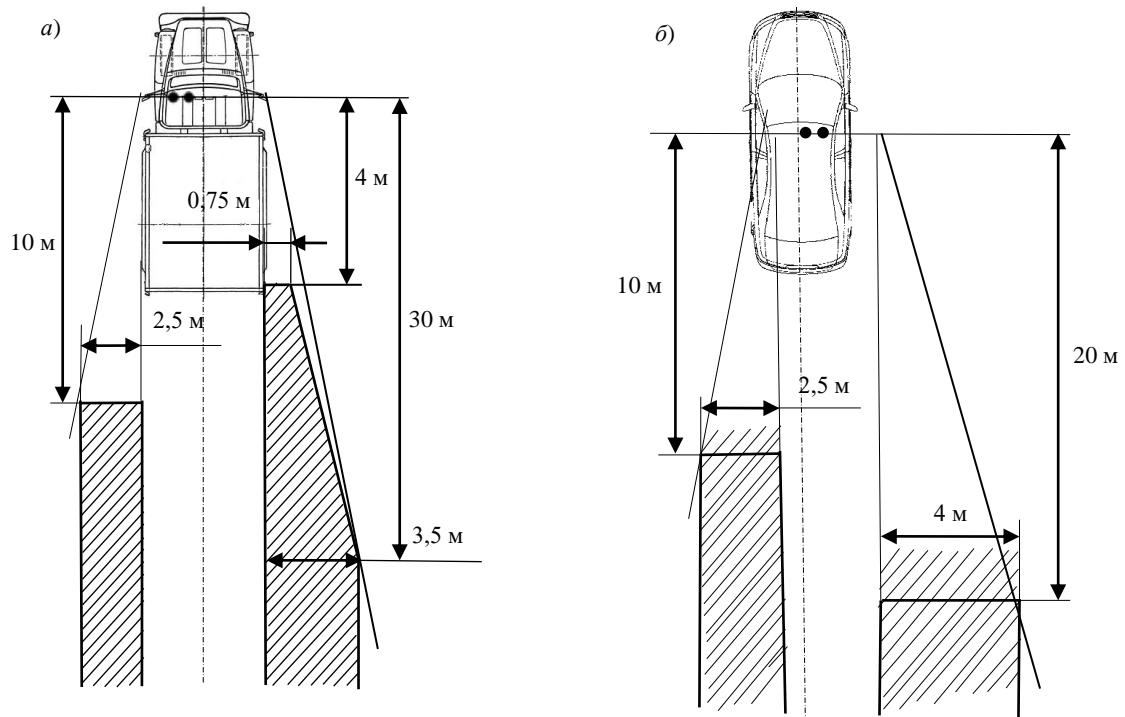


Рисунок 2.71 – Поле обзора через наружные зеркала заднего вида:
a – грузовые автомобили; *б* – легковые автомобили

У легковых автомобилей (см. рисунок 2.71, б) поле обзора через левое наружное зеркало должно обеспечивать видимость части горизонтальной дороги шириной минимум 2,5 м, ограниченной справа вертикальной плоскостью, проходящей через левый край габаритной ширины, и заключенной между линией, расположенной на расстоянии 10 м позади глаз водителя и горизонтом. Поле обзора через правое наружное зеркало должно быть таким, чтобы водитель видел часть горизонтальной дороги шириной минимум 4 м, ограниченную слева вертикальной плоскостью, проходящую через правый край габаритной ширины и заключенную между линией, которая расположена на расстоянии 20 м позади глаз водителя, и линией горизонта.

Поле обзора через внутреннее зеркало заднего вида легкового автомобиля (рисунок 2.72) должно быть таким, чтобы водитель мог видеть, по крайней мере, часть ровной и горизонтальной дороги, центром которой является вертикальная продольная плоскость, проходящая через середину транспортного средства, от горизонта до расстояния 60 м позади окулярных точек и шириной 20 м.

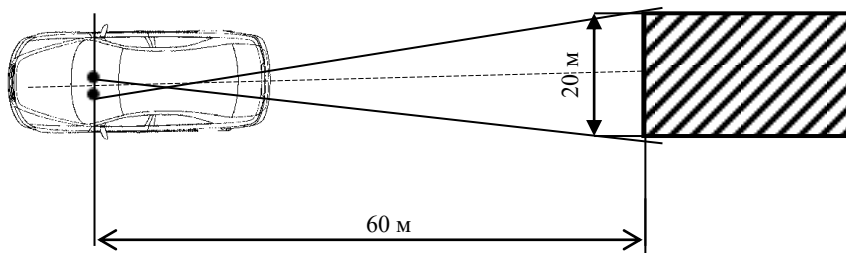


Рисунок 2.72 – Поле обзора через внутреннее зеркало заднего вида легкового автомобиля

2.8.6 Звуковая, тактильная и кинестатическая информативность автомобиля

При движении автомобиля на орган слуха водителя воздействуют разнообразные звуки, которые можно разделить на две группы: случайные звуки, отвлекающие водителя от управления автомобилем (шумы), и звуки необходимые водителю, несущие информацию об окружающей обстановке, состоянии агрегатов и механизмов автомобиля и т. п.

Основными источниками шума, отвлекающими водителя и отрицательно влияющими на его организм, являются двигатель, трансмиссия, ходовая часть, шины, подвеска и кузов. Шум проникает внутрь автомобиля через окна, стенки, пол кабины, а также распространяется по его металлическим конструкциям. Под влиянием такого шума снижается устойчивость ясного видения, ослабляется сумеречное зрение, нарушается деятельность вестибулярного аппарата и наступает преждевременная усталость. Кроме того, суммарный уровень шума, относящийся к первой группе и ухудшающий

состояние водителя, уменьшает информативность внутренней звуковой сигнализации. Ее сигналы становятся плохо различимыми на общем фоне, т. к. интенсивность их звука должна быть минимум на 10 дБ выше уровня шума в кабине для того, чтобы быть услышанной водителем. Таким образом, снижение звукового фона занимает важное место в общей проблеме повышения звуковой информативности автомобиля.

Борьба с проникновением шума в кабину ведется как с помощью конструктивных усовершенствований двигателя и трансмиссии, так и путем применения современных звукопоглощающих материалов.

Однако нельзя полностью изолировать водителя от звуков, возникающих вне кабины, т. к. он должен воспринимать работу двигателя и систем своего автомобиля, а также другие внешние сигналы, необходимые для ориентировки и наиболее полной оценки дорожной обстановки.

В настоящее время отсутствуют международные документы, унифицирующие состав и характеристики (силу звука, прерывистость, тембр) звуковых сигнализаторов, и они применяются не на всех современных автомобилях. Однако звуковые сигналы должны использоваться как для передачи водителю простейшей информации, так и в качестве предупредительных сигналов в том случае, если необходимо принудительное привлечение внимания водителя. В особо опасных случаях должно быть предусмотрено дублирование аварийного светового сигнала прерывистым звуковым. К таким сигналам можно отнести сигналы о недостаточном уровне жидкости в тормозной системе, давлении воздуха в шинах, о не пристегнутых ремнях безопасности, о не плотно закрытых дверях, капоте, крышке багажника, о превышении допустимой скорости движения, о необходимости выключить освещение, о не выключенном стояночном тормозе при начале движения, о снижении уровня топлива ниже резервного, о превышении допустимой температуры жидкости в системе охлаждения и др.

Применение звуковых сигнализаторов позволяет разгрузить зрительный анализатор водителя, что приобретает особое значение по мере увеличения числа приборов внутренней визуальной информативности автомобиля и роста интенсивности, плотности и рядности движения.

Увеличение количества звуковой информации позволит снизить уровень визуальной нагрузки, улучшить условия работы водителей и в конечном итоге повысить уровень безопасности движения.

Тактильные ощущения – один из видов кожных ощущений. Они разделяются на ощущения прикосновения, давления и вибрации. Кинестатические ощущения – мышечные ощущения, т. е. реакция органов управления на действия водителя.

Информация, поступающая к водителю с помощью тактильных и кинестатических ощущений, в основном реализуется через сигналы обратной связи органов управления. Особенно важны сигналы обратной связи орга-

нов управления, непосредственно влияющих на безопасность движения: рулевого колеса, педали тормоза, рычага переключения передач и т. д.

Информация о моменте сопротивления на рулевом колесе существенно снижает время реакции водителя на боковое возмущающее воздействие, передающееся от дороги через колеса автомобиля на обод рулевого колеса. Именно момент сопротивления в этом случае является главным различительным признаком. Например, недостаточный или чрезмерный поворот автомобиля, наблюдавшийся при первых испытаниях рулевого управления с гидроусилителем, был отрегулирован изменением момента сопротивления рулевого колеса при его повороте в ту или иную сторону в виде сигнала обратной связи. Исследования показали, что отсутствие такого сигнала на рулевом колесе приводит к увеличению времени реакции водителя примерно на 0,15 с. Сопротивление на ободе рулевого колеса должно возрастать с увеличением угла его поворота. Ощущение момента сопротивления происходит в пределах 7–40 Нм.

Так как момент сопротивления передается водителю через рулевое колесо, то информативность его обода также играет немаловажную роль. Поскольку наибольшее давление на обод рулевого колеса оказывают крайние фаланги пальцев, на внутренней поверхности обода необходимо устраивать волнообразные углубления.

При выборе направления движения рычагов и рукояток необходимо иметь в виду, что человеку легче производить движения от себя и к себе, чем в стороны; легче выполнять движения в горизонтальной плоскости, чем в вертикальной. Кроме того, эргономический подход требует, чтобы сохранялось единообразие в пространственном расположении органов управления одних и тех же видов транспортных средств для исключения ошибок водителей при переходе их на другие марки автомобилей. В первую очередь следует обращать внимание на наиболее часто используемые водителем и важные с точки зрения обеспечения безопасности органы управления: рычаг переключения передач, педаль тормоза, рычажок включения указателя поворотов.

Помимо этого, должно быть обеспечено правильное взаимное расположение педалей. Неоптимальное размещение площадки педали тормоза по отношению к педали подачи топлива приводит к увеличению времени переноса ноги с одной педали на другую примерно на 20 %. Также необходимым условием эффективного торможения является информативность педали тормоза, т. е. обратная связь в виде повышающегося усилия нажатия на педаль по мере увеличения интенсивности торможения.

2.8.7 Электронные системы информативности

Система кругового обзора автомобиля. Система кругового обзора является вспомогательной системой активной безопасности и предназначена для оказания помощи водителю при выполнении маневрирования в стеснен-

ных условиях (при параллельной парковке, перпендикулярной парковке, при движении между рядами, выезде на «слепой» перекресток). Система кругового обзора является подсистемой мультимедийной системы автомобиля. Работа системы основана на съемке обстановки вокруг автомобиля и выведении соответствующей информации на информационный дисплей [29].

Система кругового обзора является дальнейшим развитием оптической парковочной системы, использующей камеру заднего вида. Впервые система кругового обзора применена на автомобилях компании Nissan в 2007 г. В настоящее время такую систему имеют в своем арсенале многие ведущие автопроизводители: Mercedes-Benz, BMW, Volkswagen, Land Rover, Nissan, Toyota. Ряд систем кругового обзора имеют собственные названия:

- Around View Monitor (AVM) – на автомобилях Nissan;
- Surround Camera System – на автомобилях Land Rover;
- Area View – на автомобилях Volkswagen.

Система кругового обзора окружающего пространства с несколькими камерами Area View – это вспомогательная система для водителя, которая представляет собой реализованную с помощью камер систему обзора окружающего пространства и является дальнейшим развитием камеры заднего вида. В то время как камера заднего вида отображает только область позади автомобиля, система Area View позволяет водителю контролировать всё пространство вокруг автомобиля.

Она дает водителю множество вариантов отображения и настроек, которые он может выбирать в зависимости от дорожной обстановки и необходимости в информации. Воспроизведение кругового обзора окружающей обстановки вокруг автомобиля реализуется с помощью четырех камер, которые скрыто установлены на автомобиле (рисунок 2.73).

Передняя камера находится в решетке радиатора, задняя – в ручке двери багажного отсека, а боковые камеры размещены в нижней части наружных зеркал заднего вида. Широкоугольные камеры фиксируют всё пространство вокруг автомобиля, просматривая «мертвые зоны».

Камеры подключены к БУ камер наружного наблюдения по высокоскоростным линиям передачи данных. По этим линиям обеспечивается питание камер и управление ими, а также передача видеосигнала в цифровом формате с помощью LVDS (англ. Lowvoltage Differential Signaling – передача дифференциальными сигналами малых напряжений).

При включении передачи заднего хода или нажатии клавиши системы парковки на дисплее радионавигационной системы с сенсорным экраном появляется соответствующее миниатюрное изображение автомобиля «с перспективы птичьего полета» и при желании водителя детальное отображение для правой, левой, передней или задней стороны соответствующей зоны.



Рисунок 2.73 – Зона контроля окружающего пространства с помощью четырех видеокамер

В зависимости от выбранного режима (вида) отображения показываются статические и динамические вспомогательные линии, позволяющие более точно определить дистанцию (прямоугольные линии красного или зеленого цвета) и отобразить возможную траекторию движения в зависимости от угла поворота рулевого колеса (изогнутые линии желтого цвета) (рисунок 2.74).

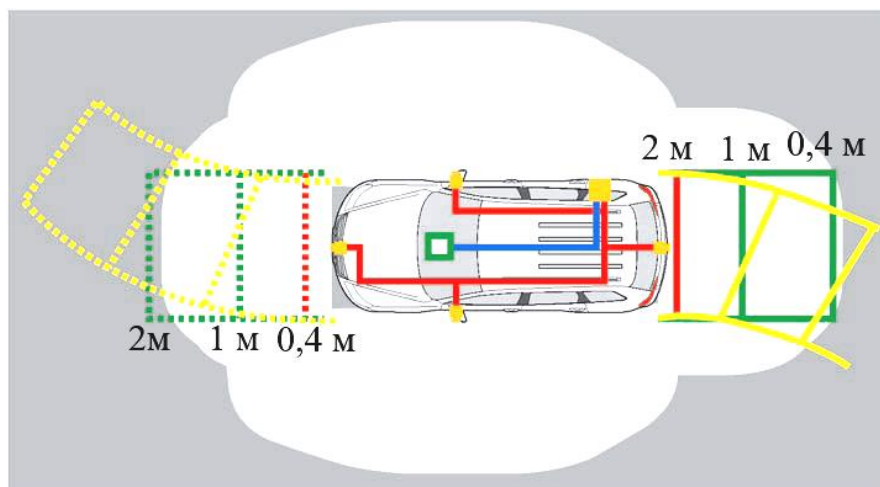


Рисунок 2.74 – Отображение на дисплее дистанции и возможной траектории движения

Система сканирования пространства перед автомобилем. Система сканирования пространства перед автомобилем Front Assist представляет собой систему поддержки водителя с предупредительной функцией, служащую для предотвращения наезда на следующий впереди автомобиль (рисунок 2.75).

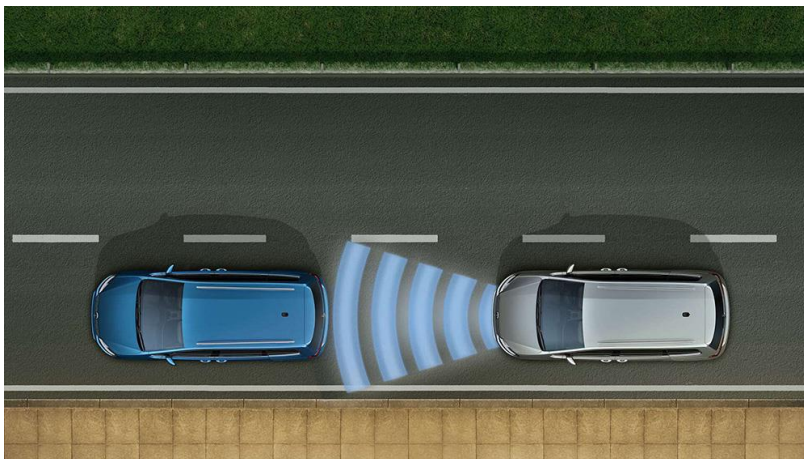


Рисунок 2.75 – Система сканирования пространства перед автомобилем

Системы сокращения остановочного пути AWW1 и AWW2 (от нем. Anhaltewegverkürzung – сокращение остановочного пути) являются составными частями системы Front Assist. При опасном сокращении дистанции до движущегося впереди автомобиля система Front Assist реагирует в два этапа: так называемые предварительное и главное предупреждения [30].

Предварительное предупреждение. При предварительном предупреждении сначала в комбинации приборов отображается предупреждающий символ (дополнительно может раздаваться акустический сигнал). Одновременно с этим в тормозной системе предварительно повышается давление (функция Prefill), а гидравлический тормозной ассистент (Hydraulic Brake Assist, НВА) переключается в режим «повышенной чувствительности».

Главное предупреждение. Если водитель не реагирует, то система предупреждает его коротким толчком. Одновременно тормозной ассистент переключается в режим «максимальной чувствительности».

Для того чтобы в экстренной ситуации можно было как можно быстрее добиться максимальной интенсивности торможения, чувствительность НВА повышается, причем это происходит в два этапа. Тормозной ассистент распознает намерение водителя выполнить экстренное торможение, анализируя характер нажатия педали тормоза. В ситуации опасного сокращения дистанции порог срабатывания тормозного ассистента понижается, что позво-

ляет уменьшить остановочный путь автомобиля. Переключение в режим «повышенной чувствительности» осуществляется одновременно с подачей визуального/звукового предупреждения. Переключение в режим «максимальной чувствительности» происходит одновременно с создаваемым тормозной системой предупредительным толчком. Режим повышенной чувствительности остается включенным не более 5 с. Функция сокращения остановочного пути AWW2 непосредственно предупреждает водителя о грозящей опасности наезда на движущийся впереди автомобиль. Блок управления динамического круиз-контроля постоянно следит за скоростью следующего впереди автомобиля и расстоянием до него. При опасном сближении и отсутствии в течение определенного времени реакции водителя на изменившуюся ситуацию система предупреждает его в два этапа:

- визуальное/звуковое предупреждение;
- короткий толчок (создаваемый с помощью тормозной системы).

В качестве первого (предварительного) предупреждения одновременно подаются визуальный и звуковой сигналы. Визуальный сигнал заключается в отображении в комбинации приборов предупреждающего символа. В качестве звукового сигнала раздается зуммер (дополнительно). Если водитель не реагирует и не устраняет сокращения дистанции, следует второе предупреждение. Система кратковременно создает определенное давление в контурах тормозов. Блок управления ABS/ESP по шине CAN получает от блока управления адаптивного круиз-контроля запрос на задействование тормозов и выполняет его с помощью либо активного усилителя тормозов, либо насоса обратной подачи в гидравлическом блоке. Тормоза включаются на очень короткое время. Такой «тормозной толчок» обращает внимание водителя на опасность столкновения. Сам по себе, однако, такой толчок практически не уменьшает скорость автомобиля.

Функция сокращения остановочного пути не включается при скоростях меньше 30 км/ч.

Система распознавания дорожных знаков. Одной из основных причин ДТП с тяжелыми последствиями является превышение скорости. Система распознавания дорожных знаков (Traffic Sign Recognition, TSR) призвана предупреждать водителей о необходимости соблюдения скоростного режима. В большинстве случаев эти системы распознают лишь знаки ограничения скорости, но существуют и такие, которые подают сигнал о запрете обгона и одностороннем движении. Устройство распознавания дорожных знаков постоянно совершенствуется и обновляется, и постепенно встроенная база данных становится более обширной. Для правильной работы в сложных погодных условиях камера оснащается инфракрасным прожектором [31].

Систему распознавания дорожных знаков имеют в своем активе многие известные автопроизводители: Audi, BMW, Ford, Mercedes-Benz, Opel, Volkswagen. Система распознавания дорожных знаков на автомобилях Opel

входит в состав системы Opel Eye (вместе с системой Lane Departure Warning). Система Opel Eye отмечена в числе лучших разработок в области автомобильной безопасности 2010 г. Компания Mercedes-Benz назвала свою систему Speed Limit Assist – система контроля ограничения скорости.

Применяемые на автомобилях системы распознавания дорожных знаков имеют типовую конструкцию, которая включает видеоканеру, блок управления и экран.

Видеоканера располагается на лобовом стекле за зеркалом заднего вида. Канера снимает пространство перед автомобилем в зоне расположения дорожных знаков (справа и сверху по ходу движения) и передает изображение в электронный блок управления. Видеоканера используется и другими системами активной безопасности: системой обнаружения пешеходов, системой помощи движению по полосе.

Электронный блок управления реализует следующий алгоритм работы:

- распознавание формы дорожного знака (круглая форма);
- распознавание цвета знака (красный цвет на белом);
- распознавание надписи (величина скорости);
- распознавание информационной таблички (вид транспорта, время действия, зона действия);
- анализ фактической скорости автомобиля;
- сравнение скорости автомобиля с максимально допустимой скоростью;
- визуальное и звуковое предупреждение водителя при отклонении.

Изображение в виде знака, например ограничения скорости, выводится на экран панели приборов, расположенный внутри спидометра (на некоторых моделях – на лобовое стекло (рисунок 2.76), и остается видимым, пока ограничение не закончится или будет изменено.

В ряде конструкций системы TSR электронный блок взаимодействует с навигационной системой, используя в своей работе данные о знаках ограничения скорости из навигационных карт. Даже если знак не будет определен видеоканерой, информация о нем будет выведена на панель приборов или отмечена звуковым сигналом.

Точность распознавания системы TSR зависит от скорости передвижения ТС, погодных условий, больших автомобилей, находящихся на обочине, и деревьев. Взвесив все перечисленные факторы, водитель не должен полностью доверять этой системе, так как она является лишь дополнительной опцией, которая может стать надежным помощником в некоторых ситуациях на дороге.

Наиболее продвинутые системы, установленные в автомобилях премиум класса, отображают максимальную скорость конкретного типа дороги. Если водитель едет на автомобиле со скоростью 100 км/ч за пределами населенных пунктов, то после обнаружения знака «конец ограничения скорости» система указывает на стандартное ограничение скорости.



Рисунок 2.76 – Изображение в виде знака на приборной панели

Система легко адаптируется к погодным условиям. Во время дождя происходит отображение соответствующего ограничения скорости на небольшом дисплее автомобиля, расположенном между двумя основными циферблатами. Это действительно может помочь водителю избежать некоторых штрафов за превышение скорости, ездить в безопасной обстановке и быть более осведомленным в пути.

Система TSR для транспортных средств в незнакомой местности, в местах, где автомобили передвигаются на высокой скорости, в плотном городском потоке является незаменимым помощником для водителя.

Современная установка в автомобилях может также признавать индикатор временных дорожных знаков. Камера работает очень надежно и способна распознавать знаки в трудных условиях. В случае плохой видимости, например с замороженным лобовым стеклом или в очень сильный дождь, водитель получает сигнал и предпринимает соответствующие действия. Для этой цели разработано специальное программное обеспечение для оптической диагностики. Фотокамера распознаёт более 90 % из поддерживаемых дорожных знаков. Благодаря сочетанию функций камеры в автомобиле с навигационной системой преимущества системы TSR значительно возросли. Навигационная система не может сама по себе отображать любую значимую информацию.

Кроме того, информация, хранящаяся на карте в навигационной системе, устаревает с течением времени. Например, знаки ограничения скорости

необходимо заново отрегулировать. Система обеспечивает более точную и своевременную информацию именно там, где автомобиль проходит под знаком.

Благодаря высокому уровню надежности система распознавания дорожных знаков значительно снижает нагрузку на водителя и повышает уровень безопасности для всех участников дорожного движения.

Системы обнаружения движущихся объектов на проезжей части дороги. Всё большее распространение получают системы активной безопасности, обнаруживающие опасность и предупреждающие о ней водителя. Камеры и радары, установленные на автомобиле, позволяют безопасно парковаться, перестраиваться из ряда в ряд, обнаруживать на своем пути другие автомобили, пешеходов и даже диких животных [32].

Система обнаружения пешеходов. Система обнаружения пешеходов предназначена для предотвращения столкновения с пешеходами. Она распознает людей возле автомобиля, автоматически замедляет его, снижает силу удара и даже избегает столкновения. Применение системы позволяет на 20 % сократить смертность пешеходов при ДТП и на 30 % снизить риск тяжелых травм.

Впервые система обнаружения пешеходов была использована на автомобилях Volvo в 2010 г. В настоящее время система имеет ряд модификаций:

- Pedestrian Detection System от Volvo;
- Advanced Pedestrian Detection System от TRW;
- EyeSight от Subaru.

В системе обнаружения пешеходов реализованы следующие взаимосвязанные функции:

- обнаружение пешеходов;
- предупреждение об опасности столкновения;
- автоматическое торможение.

Для обнаружения пешеходов используются одна или две видеокамеры и радар, которые эффективно работают на расстоянии до 40 м. Если пешеход обнаружен видеокамерой и результат подтвержден радаром, система отслеживает движение пешехода, прогнозирует его дальнейшее перемещение и оценивает вероятность столкновения с автомобилем. Результаты обнаружения выводятся на экран мультимедийной системы (рисунок 2.77). Система также реагирует на автомобили, которые стоят на месте или движутся в попутном направлении.

Если система установила, что при текущем характере движения автомобиля столкновение с пешеходом неизбежно, посылается звуковое предупреждение водителю. Далее система оценивает реакцию водителя на предупреждение – изменение характера движения автомобиля (торможение, изменение направления движения). Если реакция отсутствует, система обнаружения пешеходов автоматически доводит автомобиль до остановки.

В этом качестве система обнаружения пешеходов является производной системы автоматического экстренного торможения.

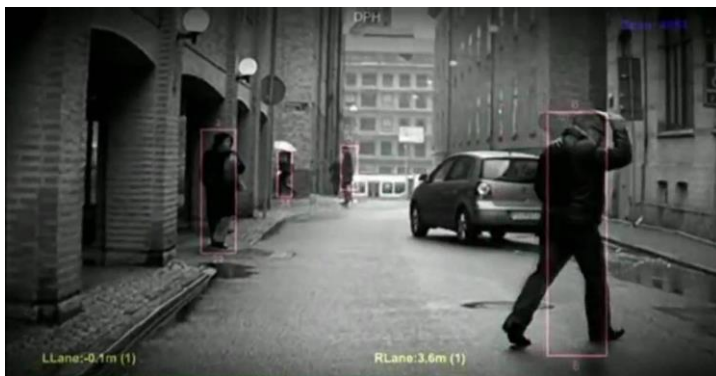


Рисунок 2.77 – Экран мультимедийной системы

Система обнаружения пешеходов позволяет полностью избежать столкновения на скорости до 35 км/ч. При большей скорости система не может полностью предотвратить ДТП, но тяжесть последствий для пешехода может быть уменьшена за счет замедления автомобиля перед столкновением. Статистические данные свидетельствуют, что вероятность смертельного исхода от столкновения пешехода с автомобилем на скорости 65 км/ч составляет 85 %, 50 км/ч – 45 %, 30 км/ч – 5 %.

Система обнаружения пешеходов показала свою эффективность в сложных условиях городского движения. Она позволяет одновременно отслеживать несколько пешеходов, движущихся различными курсами, различает движение пешеходов с зонтиками во время дождя и пр. Система неработоспособна ночью и в плохую погоду.

Система предупреждения о велосипедистах. Компания Jaguar Land Rover предложила инновационную систему предупреждения о велосипедистах (рисунок 2.78). Система Bike Sense при потенциальной опасности столкновения с велосипедистом задействует зрение, слух и тактильные ощущения водителя. При этом воздействие на водителя производится на инстинктивном уровне, что позволяет быстрее перейти к действию.

Система предупреждения о велосипедистах, являясь электронной, включает входные устройства, блок управления и исполнительные устройства. В качестве входных устройств выступают радары с широким радиусом действия и видеокамеры, установленные спереди и сзади автомобиля. Критерием распознавания велосипедиста является скорость его движения (до 15 км/ч) и типовое очертание. Входные устройства определяют велосипедиста на расстоянии 10 м.



Рисунок 2.78 – Система предупреждения о велосипедистах

Сигналы от входных устройств обрабатываются ЭБУ. В зависимости от конкретной дорожной ситуации активизируются определенные исполнительные устройства, но не ближе чем за 5 м до велосипедиста.

Исполнительными устройствами системы Bike Sense являются:

- звуковой сигнал тревоги;
- надувные валики в спинке водительского сиденья;
- вибратор на педали акселератора;
- вибратор на внутренней ручке двери;
- светодиодная подсветка на внутренних элементах салона.

Для предупреждения об опасности используется звуковой сигнал велосипедного звонка, ассоциирующийся с велосипедистами. В зависимости от положения велосипедиста относительно автомобиля сигнал транслируется из левых или правых динамиков акустической системы.

В спинке водительского сиденья оборудованы специальные надувные валики. В зависимости от положения велосипедиста относительно автомобиля активизируется левый или правый валик, нажимая, соответственно на левое или правое плечо водителя.

Вибратор на педали акселератора срабатывает для предупреждения нежелательного трогания автомобиля с места. Вибратор на внутренней ручке двери активизируется, чтобы предупредить опасное открывание двери, которой можно травмировать движущегося велосипедиста.

На передних стойках кузова, верхней части приборной панели, внутренней обивке дверей установлена комбинированная светодиодная подсветка зеленого, желтого и красного цветов. Светодиоды определенного цвета задействуются в зависимости от степени опасности столкновения с велосипедистом (зеленый – безопасно, желтый – возможная опасность, красный – опасно).

В алгоритме работы системы предупреждения о велосипедистах предусмотрены три типичные ситуации, на которые предлагается определенный набор действий.

1 Приближение велосипедиста сзади движущегося автомобиля:

- сигнал тревоги со стороны опасности;
- надувной валик со стороны опасности;
- светодиодная подсветка со стороны опасности.

2 Приближение велосипедиста (пешехода) в поперечном направлении впереди стоящего автомобиля перед пешеходным переходом:

- сигнал тревоги со стороны опасности;
- вибрация педали акселератора.

3 Приближение велосипедиста сзади стоящего автомобиля и намерение водителя или пассажиров выйти из автомобиля (открыть дверь):

- вибрация дверной ручки со стороны опасности;
- светодиодная подсветка со стороны опасности.

Несмотря на оригинальность и значимость данной системы, она не будет иметь решающего значения для повышения безопасности велосипедистов. Для защиты велосипедистов требуется изменение законодательства в части дорожного движения и развития велосипедной инфраструктуры.

Система обнаружения крупных животных. Столкновение с крупными дикими животными является серьезной проблемой дорожного движения. Особенно остро данный вопрос стоит в северных европейских странах: Швеции, Норвегии, Финляндии, а также в США и Канаде. Как показывает статистика, 6 % всех столкновений составляют ДТП с участием крупных диких животных. Можно представить последствия столкновения со взрослым лосем для пассажиров и автомобиля. И чем выше скорость движения, тем серьезнее последствия ДТП. Даже если водителю удалось уйти от столкновения с животным, удержать автомобиль на дороге и избежать ДТП не всегда удается.

Шведская компания Volvo, первая из автопроизводителей, разработала систему обнаружения крупных животных (рисунок 2.79) и устанавливает ее на свои серийные автомобили. Система обнаружения крупных животных является дальнейшим развитием системы обнаружения пешеходов. Она использует те же аппаратные средства (видеокамеру, радар), что и Pedestrian Detection System, и отличается только программным обеспечением, которое позволяет распознавать форму диких животных, характер их перемещения.

Система определяет крупных диких животных (лося, оленя), а также домашних животных (лошадь, корову), животных меньшего размера (косулю, кабана) система не определяет. Для обнаружения диких животных используется видеокамера и радар, которые дополняют друг друга. При обнаружении животного система предупреждает водителя сигналом. При необходи-

мости производится автоматическое экстренное торможение автомобиля. Если столкновения с животным избежать не удастся, снижение скорости существенно уменьшает последствия ДТП.

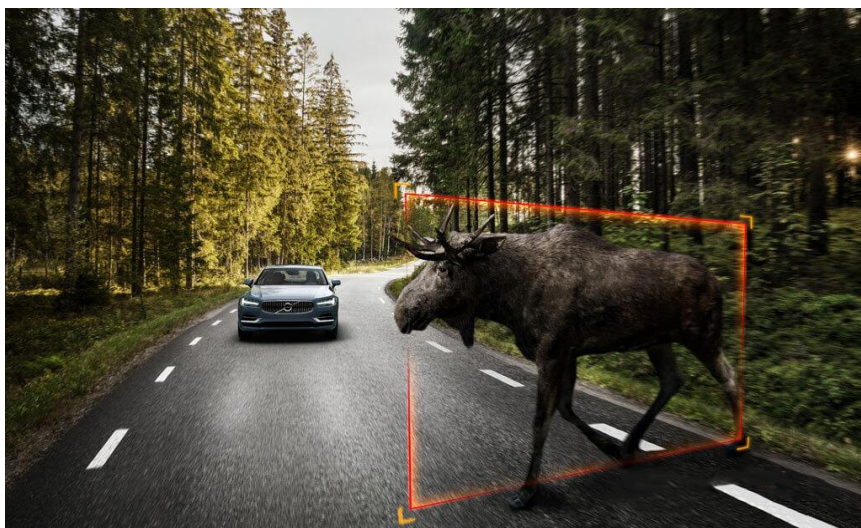


Рисунок 2.79 – Система обнаружения крупных животных

По-своему к решению проблемы безопасности подошли в Канаде, предложив придорожную систему обнаружения крупных животных. Пилотный проект Large Animal Detection System, LADS, отслеживает движение крупных диких животных и предупреждает водителя об их приближении к дороге.

Для обнаружения животных система использует датчики, которые располагаются на столбах вдоль дороги. Ранее в качестве таких датчиков использовался лидар, но по причине частых ложных срабатываний (из-за мелких животных, осадков, растительности) был заменен на радар.

Радар посылает сигнал во всех направлениях в радиусе 700 м. По отраженному сигналу система судит о наличии и направлении движения животных. Когда животное приближается к дороге, срабатывают сигнальные огни желтого цвета. Мигание огней происходит в течение 3 мин, хотя животное за это время может уйти далеко от дороги и не представлять опасности. Питание системы производится от солнечных батарей и резервных аккумуляторов.

Как заявляет производитель, система LADS снижает опасность столкновения с крупными животными до 80 %.

2.9 Рабочее место водителя

Рациональная организация рабочего места имеет большое значение для безопасности движения, повышения производительности труда и сохранения здоровья водителя.

Рабочее место водителя автомобиля характеризуется размерами кабины, удобством доступа к органам управления, положением сиденья, расположением по отношению к нему органов управления и эргономическими параметрами среды в кабине (шум, вибрация, микроклимат, загрязненность воздуха токсическими веществами).

Эксплуатационное свойство, характеризующее рабочее место водителя, называют обитаемостью, или комфортностью автомобиля. Под обитаемостью понимают приспособленность рабочего места водителя к психофизиологическим и антропометрическим особенностям человека. Обитаемость относится к одному из свойств, характеризующих активную безопасность автомобиля.

Обитаемость автомобиля оценивается параметрами, которые могут быть сгруппированы следующим образом: параметры, характеризующие сиденье; параметры, характеризующие органы управления; параметры, характеризующие физико-химические условия на рабочем месте.

2.9.1 Сиденье

Сиденье состоит из остова, подушки, спинки и амортизирующего устройства. Эти основные узлы могут быть изготовлены как отдельно, так и совместно. Требования к автомобильным сиденьям регламентированы Правилами ЕЭК ООН № 17 и № 80.

Остов сиденья представляет собой жесткий каркас, прикрепленный к полу кабины, на котором устанавливаются подушка и спинка. На остове расположены различные регулировочные и стопорные устройства, обеспечивающие удобную посадку водителя и регулирование положения сиденья относительно органов управления (рисунок 2.80).

Конструкция сиденья. Подушка и спинка сиденья состоят из каркаса, упругого элемента, набивки и обивки. Конструкция спинки обычно проще, чем конструкция подушки, т. к. на нее действуют меньшие нагрузки. Толщину спинки стремятся сделать как можно меньше, чтобы не сокращать полезный объем кабины. Спинки сидений легковых автомобилей обычно выполняются откидными.

Посадка водителя считается удобной, если части его тела образуют углы, исключая излишнее мышечное напряжение, благоприятствующие выполнению движений и обеспечивающие возможность управлять автомобилем с минимальной затратой физической энергии.



Рисунок 2.80 – Сиденье автомобиля

При этом части тела человека должны находиться под оптимальными углами одна к другой, что определяется конструкцией и взаиморасположением элементов сиденья. Оптимальные углы между звеньями манекена, имитирующего водителя следующие: 1 – 15–25°; 2 – 85–100°; 3 – 95–120°; 4 – 65–95°; 5 – 15–35°; 6 – 80–110°; 7 – 170–190° (рисунок 2.81).

Для уменьшения утомления посадка водителя должна быть такой, чтобы спина была выпрямлена, а не откинута назад или согнута вперед. Это достигается при положении спинки сиденья с небольшим отклонением назад. При такой посадке центр тяжести тела водителя и точка вращения тазобедренного сустава располагаются на одной вертикали, вследствие чего водитель не тратит мышечных усилий для сохранения равновесия. Правильная посадка водителя зависит также от расположения органов управления по отношению к сиденью.

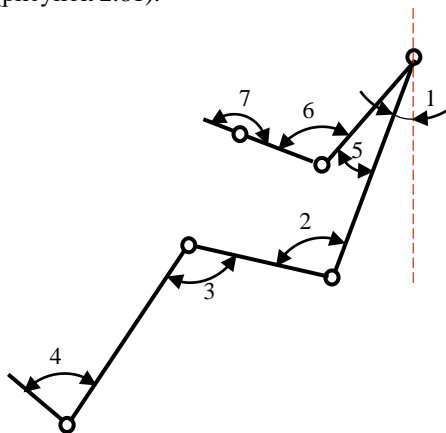


Рисунок 2.81 – Схема манекена, имитирующего водителя автомобиля

Ноги водителя должны быть слегка согнуты в коленях и легко доставать до педалей, а руки, лежащие на рулевом колесе, быть согнутыми в локтях, что позволяет ему сидеть естественно, не испытывая утомления при длительных поездках и затрачивать минимальные усилия при воздействии на рулевое колесо, педали и рычаги управления.

Если сиденье водителя расположено далеко от педалей, то он должен подтягиваться к ним, что вызывает напряжение мышц спины. Если сиденье слишком выдвинуто вперед, водителю приходится сгибать ноги, что затрудняет управление, как педалями, так и рулевым колесом. При очень высоком сиденье водитель горбится и наклоняет голову, что вызывает быстрое утомление мышц плечевого пояса, сжатие органов брюшной полости и легких, затруднение дыхания и утомление глаз. При низкой посадке водитель, чтобы следить за дорогой, вынужден поднимать подбородок, напрягать мышцы шеи и спины.

Конфигурация спинки сиденья должна учитывать особенности анатомического строения спины человека – естественный S-образный изгиб позвоночника, сохраняющийся в положении стоя и изменяющийся в положении сидя и особенно при прямой посадке. Оптимальное положение поясничного изгиба обеспечивается при некотором увеличении наклона спины назад и наличия опоры в области поясницы.



Рисунок 2.82 – Анатомическое сиденье

Центральная точка опоры туловища в положении сидя должна приходиться на область между вторым и четвертым позвонками.

Давление на сиденье зависит от площади и жесткости опорной поверхности, от углов наклона подушки и спинки. Упругие подушка и спинка сиденья позволяют снизить удельную нагрузку на тело водителя от его собственного веса. Для снижения давления опорную поверхность сиденья выполняют рельефной, соответствующей форме тела водителя – так называемое анатомическое сиденье (рисунок 2.82).

Удобство посадки и управления автомобилем. Удобство посадки и управления автомобилем определяются планировочными размерами кабины, габаритными и посадочными размерами сиденья, а также физико-механическими характеристиками его элементов. К планировочным, габаритным и посадочным размерам относятся: размеры, определяющие пространственное положение сиденья относительно органов управления; ширина и глубина подушки; высота спинки и угол ее наклона; высота и наклон подушки по отношению к полу кабины. От ширины подушки зависит некоторая свобода смены положения частей тела водителя; от ее глубины – свобода движения коленного сустава; от высоты подушки над уровнем пола – положение глаз относительно окон и зеркал заднего вида, а также свобода входа в кабину и выхода из нее; от наклона подушки – уверенная посадка

водителя, исключая сползание его с сиденья; от высоты спинки – достаточная опора туловища и свобода движения плечевого сустава; от опоры для головы – предохранение шейных позвонков от травм; от наклона спинки – расположение на одной вертикали центра тяжести тела и точки вращения тазобедренного сустава, что снижает утомляемость мышц водителя.

Колебания и вибрации. Водитель воспринимает колебания и вибрации кабины, передающиеся от дороги через эластичные шины, подвеску, сиденье. Колебания возбуждают нервную систему водителя, вызывают головную боль, снижают остроту зрения, повышают утомляемость, ухудшают психофизиологическую и рефлекторную деятельность. Организм человека весьма восприимчив к толчкам и вибрациям, когда он сидит, т. к. в этом случае не используется естественная амортизация ног.

Колебания и вибрация кабины автомобиля гасятся в сиденье с помощью упругих элементов различных конструкций. В качестве упругих металлических элементов применяются витые, плетеные, змейковые и другие пружины (рисунок 2.83).

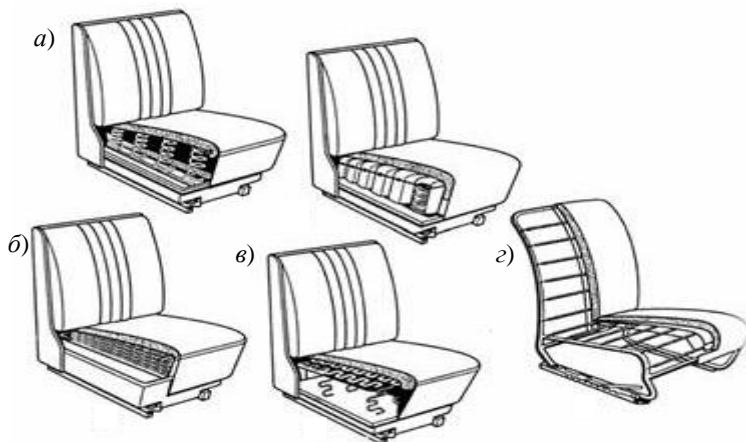


Рисунок 2.83 – Сиденья с металлическими упругими элементами:

a – витые пружины сжатия; *б* – пружины непрерывного плетения;
в – змейковые пружины; *г* – горизонтальные пружины растяжения

Колебания сидений с металлическими упругими элементами дополнительно можно гасить с помощью специальных амортизаторов (гидравлических или пневматических) двойного действия.

Сиденья легковых автомобилей, имеющих мягкую подвеску, которая в значительной степени поглощает действующие на них со стороны дороги возмущения, целесообразно делать без пружинных элементов.

В качестве упругих элементов таких сидений часто используются различные вспененные синтетические материалы, обладающие хорошими демпфирующими свойствами. В процессе формования в блоках делают пустоты, за-

нимающие до 50 % объема. Воздух, находящийся в пустотах, при нагрузке на сиденье сжимается и служит амортизатором, хорошо гасящим колебания (рисунок 2.84, *а*). Сиденье с резиновыми (чаще с резиноканевыми) лентами в качестве основного упругого элемента (рисунок 2.84, *б*) имеет примерно те же свойства, что и сиденье со стальными пружинами растяжения, но расположенную над ними прослойку можно делать более тонкой и мягкой, потому что ленты шире пружин и не продавливают ее. Жесткое формованное основание под подушкой из вспененного материала (рисунок 2.84, *в*), которое часто выполняется штамповкой из стального листа, обеспечивает нужную форму подушки, но защита от вибраций ограничена. Такие сиденья часто используются в городских автобусах, иногда наряду с ними применяются жесткие сиденья, часто отформованные заодно со спинкой (рисунок 2.84, *г*).

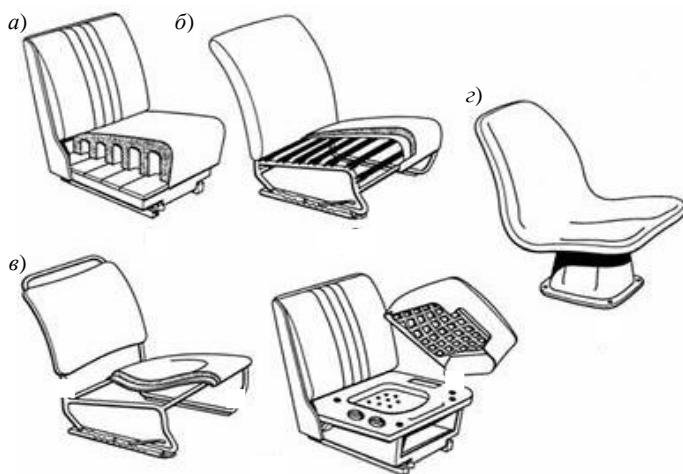


Рисунок 2.84 – Сиденья с неметаллическими упругими элементами:
а – с подушкой из вспененной резины или полиуретана; *б* – с резиновыми лентами;
в – с подушкой на жестком основании; *г* – жесткое сиденье

Наилучшую защиту от низкочастотных колебаний обеспечивает поддресоренное сиденье (рисунок 2.85). Подушка и спинка такого сиденья обычно выполняются из вспененного материала на штампованных из стального листа основаниях.

Основное устройство сиденья – система поддресоривания. Она включает в себя направляющее устройство, упругий элемент и демпфирующее устройство. Упругий элемент может быть разных типов и конструкций: стальная пружина или торсион, пневматический баллон. Упругий элемент имеет устройство для регулирования в зависимости от массы человека, пользующегося сиденьем.

Такие сиденья, как правило, применяются для водителей тяжелых грузовых автомобилей и тракторов. Демпфирующее устройство (чаще всего – гидравлический амортизатор) обеспечивает нужную степень затухания колебаний, иногда имеет регулировки. Для подгонки положения сиденья под размеры конкретного человека оно снабжается системой регулировок.

Амортизационные качества сиденья определяются статической и динамической характеристиками.

Для получения статической характеристики сиденье нагружают с помощью пуансона, повторяющего форму тела человека, а затем строят зависимость «нагрузка – осадка сиденья». Нагрузка ограничивается 850–1000 Н для подушки сиденья и 300–600 Н для спинки. Статическая характеристика определяет жесткость сидений и имеет различный характер для металлических (линейная зависимость) и неметаллических (нелинейная зависимость) упругих элементов.

Динамическая характеристика сиденья определяется следующими параметрами: временем затухания импульса нагрузки, частотой колебаний сиденья. Динамические характеристики регистрируются записывающей аппаратурой при приложении к подушке или спинке сиденья, установленного на испытательном стенде, определенного импульса силы. Желаемые характеристики сидений достигаются путем подбора упругих элементов необходимой жесткости, применением пружин, диафрагм и т. п., а также включением в конструкцию амортизирующих устройств.

Обивка сиденья. Обивка сиденья также в значительной степени определяет удобство посадки водителя. Обивка должна быть плотной и шероховатой, обладать достаточной прочностью, придавать сиденью соответствующий эстетическим требованиям внешний вид. Обивка сиденья должна сохранять эластичность при температуре от -50 до $+70$ °С. Материалом для обивки служат плотные шерстяные и полушерстяные ткани, кожа и искусственные материалы.

Для сидений дорогих автомобилей применяются ткани из натуральных волокон в комбинации с синтетическими, чаще всего имеющие короткий мягкий ворс. Полностью синтетические ткани используются на автомобилях малых и средних классов. Натуральная кожа обладает большинством желательных свойств, однако из-за высокой стоимости она используется на дорогих автомобилях. Очень часто используются различные синтетические



Рисунок 2.85 – Поддрессоренное сиденье

материалы. Для обеспечения необходимой воздухопроницаемости они делаются перфорированными. На дорогах автомобилях иногда применяются специальные вентиляционные устройства, расположенные внутри сидений, которые позволяют создавать наиболее комфортные условия для человека. Необходимо, чтобы обивка сиденья имела определенные фрикционные свойства, шероховатость. Это препятствует нежелательному перемещению человека при горизонтальных ускорениях. В то же время поверхность материала обивки не должна быть излишне грубой, потому что это будет способствовать изнашиванию одежды. Для повышения комфортабельности транспортного средства, особенно в холодное время года, на многих автомобилях устанавливается система подогрева сидений.

Подголовники сидений. Подголовники – защитное средство, встроенное в верхнюю часть спинки сиденья, являющееся предохранительным упором для затылочной части головы водителя или пассажира автомобиля. Они конструируются или как часть удлиненных спинок сидений (рисунок 2.86, а), или представляют собой регулируемые подушечки (рисунок 2.86, б).

Подголовники устанавливаются с целью ослабить эффект неконтролируемого движения головы назад, в результате ДТП из-за наезда другого транспортного средства сзади. Требования к подголовникам оговариваются Правилами ЕЭК ООН № 25. Минимальная высота подголовника над точкой Н(R) (точка Н(R), или «контрольная точка места для сидения», означает условную точку, указываемую заводом-изготовителем для каждого места для сидения относительно трехмерной системы координат) при измерении под углом 25° должна составлять 700 мм. Ширина подголовника не должна превышать 170 мм, и он не должен смещаться назад под действием статической нагрузки 890 Н более чем на 102 мм. Кроме того, к подголовнику предъявляются определенные требования по энергопоглощающим свойствам.



Рисунок 2.86 – Сиденье автомобиля с подголовником

В последнее время всё большее применение находят так называемые активные подголовники (рисунок 2.87).

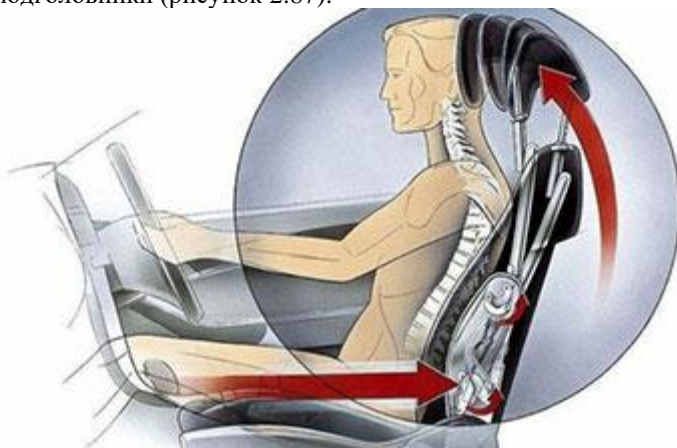


Рисунок 2.87 – Сиденье с активным подголовником

Такие подголовники оборудованы специальным подвижным рычагом, спрятанным в спинке кресла. При ударе автомобиля сзади спина водителя по инерции от толчка вдавливается в кресло и нажимает на нижний конец рычага. Срабатывающий механизм приближает подголовник к голове водителя еще до ее опрокидывания, за счет чего уменьшает силу удара. После столкновения подголовники возвращаются в исходное положение.

2.9.2 Органы управления

Органы управления автомобиля по своему функциональному назначению делятся на две группы. К первой группе относятся органы, с помощью которых изменяются направление и скорость движения автомобиля: рулевое колесо, рычаг переключения передач, педаль сцепления, педаль управления подачей топлива, тормозная педаль и рукоятка стояночного тормоза. Вторая группа включает органы управления вспомогательными устройствами.

На автомобилях высокой проходимости, кроме того, имеются рычаги управления раздаточной коробкой и включения переднего моста. Специальные автомобили оборудуются органами для управления дополнительными специальными механизмами.

В зависимости от частоты пользования органы управления можно разделить на постоянные и эпизодические. Рулевое колесо, педаль управления подачей топлива относятся к постоянным органам управления, а все остальные – к эпизодическим.

Удобство управления автомобилем во многом зависит от формы рычагов и рукояток органов управления, их размещения относительно тела водителя,

удаленности друг от друга, направления перемещения, усилий которые нужно прикладывать для их перемещения. Учитывая наличие различных по степени удобства зон в пределах моторных полей водителя, органы постоянного использования следует размещать в оптимальной рабочей зоне, а органы эпизодического использования – в нормальных и максимальных зонах. На рулевой колонке располагают рычаги переключения указателей поворота, рукоятки управления стеклоочистителем и омывателем стекол, кнопку звукового сигнала. На передней панели находятся кнопка запуска двигателя, включатели фар, габаритных огней, режимов отопления, вентиляции, кондиционирования и т. п.

Место расположения рычага переключения передач зависит от усилия, необходимого для его перемещения. Вследствие этого рычаг следует располагать в оптимальной зоне рабочих движений водителя. Рукоятку стояночного тормоза размещают в этой же зоне.

Органы управления могут быть ручными или ножными.

К конструкции органов управления предъявляются следующие требования:

- высокий уровень автоматизации управления автомобилем;
- малые время и усилия, необходимые для выполнения рабочих движений;
- удобная траектория движения рук и органов управления;
- травмобезопасная конструкция;
- обеспечение информативности и удобная форма рукояток;
- соответствие эстетическим требованиям.

Выполнение указанных требований достигается путем автоматизации переключения передач, совмещением нескольких операций в одном органе управления, применение гидравлических, электрических и пневматических приводов, размещение органов управления в оптимальных зонах рабочих движений водителя.

Рулевое колесо. Рулевое колесо служит для изменения направления движения автомобиля через рулевой вал, рулевой механизм и рулевой привод. Тороидный обод рулевого колеса смещен относительно оси рулевого вала, вследствие чего снижается усилие, необходимое для его вращения, так как оно действует на некотором плече. Кроме обода рулевое колесо имеет спицы и ступицу. Размеры и расположение спиц могут быть разнообразными.

К рулевому колесу предъявляются два основных эргономических требования: прилагаемое при его вращении усилие не должно превышать 30–50 Н для одной руки и 100–110 Н для двух; его угловая скорость должна обеспечивать надежное управление автомобилем при любой скорости движения.

Легкость вращения рулевого колеса зависит от передаточного числа рулевого механизма и диаметра обода. У большинства современных автомобилей передаточное число рулевых механизмов находится в пределах 14–40, а диаметр обода рулевого колеса составляет 350–420 мм, однако на спортивных автомобилях он может быть и 280 мм, а на тяжелых грузовиках и автобусах может достигать до 600 мм. С увеличением диаметра, естественно, увеличи-

вается крутящий момент, который водитель может приложить к нему при одинаковом усилии на ободе, но одновременно уменьшается достижимая скорость вращения рулевого колеса. Именно поэтому на спортивных автомобилях применяют рулевое колесо малого размера, а на тяжелых машинах – большого, это увеличивает безопасность в случае отказа усилителя рулевого управления. Диаметр обода рулевого колеса обычно около 20–30 мм. Любая точка рулевого колеса должна находиться на расстоянии не менее 80 мм от других деталей автомобиля, за исключением переключателей, которыми пользуется водитель, не снимая рук с него.

На усилие, которое водитель может приложить к ободу рулевого колеса, существенно влияет угол его наклона. Если принять за 100 % достижимое усилие при почти вертикальном положении плоскости рулевого колеса (10° относительно вертикали), то при почти горизонтальном положении (80°) усилие увеличивается примерно на 25 %. Это объясняется анатомическими особенностями человека.

На большинстве автомобилей устанавливается гидравлический, электрогидравлический или электрический усилитель рулевого управления, служащий для уменьшения усилия, прилагаемого водителем к рулевому колесу, что позволяет точнее управлять автомобилем и быстрее реагировать на дорожные ситуации, а также уменьшает утомляемость водителя и повышает безопасность движения. При возникновении значительных возмущающих внешних сил, которые действуют на колеса автомобиля, водитель при наличии усилителя небольшим усилием может удержать управляемые колеса в нужном положении, что особенно важно при выходе из строя шины одного из передних колес. Кроме того, применение усилителя, благодаря которому уменьшается усилие, прилагаемое к рулевому колесу, дает возможность уменьшить диаметр его обода, что позволяет улучшить обзорность.

Некоторые производители оборудуют свои автомобили системой управления усилием на руле (PPS – progressive power steering). В ней с помощью компьютера усилие на руле изменяется в зависимости от угла поворота рулевого колеса и скорости движения автомобиля. В результате этого при парковке и низких скоростях движения рулевое колесо поворачивается очень легко, а при движении по трассе с высокими скоростями это усилие значительно возрастает.

На большинстве современных автомобилей применяется многофункциональное рулевое колесо, которое обеспечивает управление непосредственно с него различными системами автомобиля (рисунок 2.88).

При использовании многофункционального рулевого колеса водитель не снимает рук с руля и не отрывает глаз от дороги, чем достигается комфорт и безопасность движения. На многофункциональное рулевое колесо может выноситься управление аудиосистемой, навигационной системой, телефоном, бортовым компьютером (информационной системой), системой голосового управления, круиз-контролем и т. д.



Рисунок 2.88 – Многофункциональное рулевое колесо автомобиля Mercedes

Педали управления. Удобство управления автомобилем и безопасность движения во многом определяются расположением педалей управления.

Конструкция тормозных механизмов и механизма сцепления такова, что для воздействия на них требуется приложить достаточно большие усилия к педалям привода. Так, среднее усилие на тормозной педали грузового автомобиля, обеспечивающее замедление $0,5g$, составляет 300–380 Н, а максимальное усилие на педали сцепления достигает 300 Н. Величина усилия прилагаемого к педали, зависит от расположения площадки педали по отношению к сиденью. Максимальное усилие достигается при отклонении упора педали от вертикального положения на 70° .

Опорная площадка любой педали должна быть расположена так, чтобы при положении ноги с опорой на пятку углы голеностопного, коленного и тазобедренного суставов имели оптимальные значения и составляли соответственно $90\text{--}100$, $95\text{--}135$ и $90\text{--}120^\circ$.

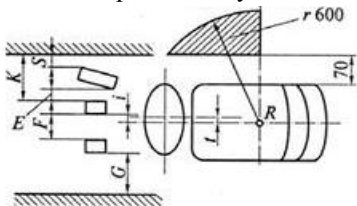


Рисунок 2.89 – Расположение педалей управления грузовым автомобилем

Параметры, характеризующие расположение педалей управления грузовым автомобилем, приведены на рисунке 2.89.

Численные значения параметров, характеризующих расположение педалей управления грузовым автомобилем, приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Численные значения параметров, характеризующих расположение педалей управления грузовыми автомобилями

В миллиметрах

Параметр	Обозначение	Значение
Смещение центра рулевого колеса от продольной плоскости симметрии сиденья водителя, не более	t	± 30
Расстояние между краями педалей тормоза и сцепления, не менее	F^*	100
Расстояние между краями педалей тормоза и акселератора, не менее	E^*	50
Расстояние от левого края педали сцепления до левой боковой стенки кабины, не менее	G^*	120
Расстояние от правого края педали тормоза до правой боковой стенки кабины, не менее	K^*	150
Расстояние от правого края педали акселератора до правой боковой стенки кабины, не менее	S^*	25
Осевое смещение левого края педали тормоза от продольной плоскости симметрии сиденья водителя, не более	i	75
<i>Примечание</i> – Размеры, отмеченные знаком «*», должны замеряться на расстоянии 2/3 длины стопы манекена от точки пятки.		

Рукоятка рычага управления коробкой передач должна располагаться в заштрихованной зоне.

Требования в отношении размещения педалей управления для пассажирских автомобилей независимо от расположения рулевого управления регламентируются Правилами ЕЭК ООН № 35.

Параметры, характеризующие размещение педалей управления, зависят от типа установленной на автомобиле коробки передач (рисунок 2.90): механическая (3 педали); автоматическая (2 педали).

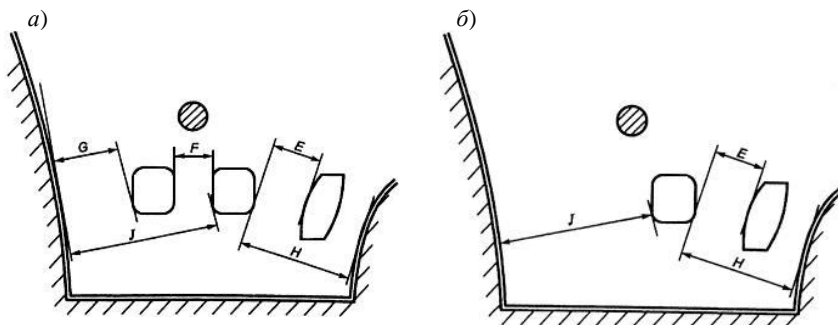


Рисунок 2.90 – Размещение педалей управления легковым автомобилем: а – с механической коробкой передач; б – с автоматической коробкой передач

Численные значения параметров, характеризующих расположение педалей управления легковыми автомобилями, приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Численные значения параметров, характеризующих расположение педалей управления легковыми автомобилями.

В миллиметрах

Обозначение	Коробка передач			
	механическая		автоматическая	
	max	min	max	min
E	100	50	100	50
F	–	50	–	–
G	–	50	–	–
H	–	130	–	130
J	–	160	–	120

Рабочее место водителя, оборудованное регулируемым сиденьем, дает возможность создавать оптимальные условия пользования педалями для водителей различного роста.

2.9.3 Физико-химические условия на рабочем месте водителя

Степень утомления водителя, а следовательно, безопасность движения в значительной степени зависят от физико-химических условий на его рабочем месте.

К физическим характеристикам рабочего места водителя относятся шум, вибрация, микроклимат, к химическим – состав воздуха и наличие в нем вредных примесей.

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и силы. Шум передается в кабину автомобиля через окна, пол и стенки. При этом водитель подвергается воздействию шумов, несущих полезную информацию, и вредных шумов. И те, и другие шумы воздействуют на орган слуха и кору головного мозга водителя и пассажиров. Влияние шума на человека оценивается уровнем звукового давления (в децибелах). Шум может быть постоянным и прерывистым. Постоянным считается шум, уровень которого меняется в течение определенного времени не более, чем на 5 дБ. Прерывистый (или непостоянный) шум – это шум, уровень которого меняется со временем.

Под действием шума увеличивается скрытый период двигательной реакции, затрудняется восприятие информационных звуковых сигналов своего автомобиля и других участников движения, ослабевает сумеречное зрение, нарушается координация движений и функции вестибулярного аппарата, наступает преждевременное утомление, снижается внимание. Вредное воздействие шума возрастает при увеличении его громкости. Так, обычный

разговор и разговор на расстоянии имеют уровень звука 50–60 дБ и относятся к нормальной громкости. Крики, шум автомобиля, шум интенсивного транспортного потока имеют уровень звука 70–80 дБ – большая громкость. Уровень звука 90 дБ является нижним болевым порогом слышимости и относится к очень большой громкости, а 135 дБ – верхним болевым порогом слышимости и относится к предельно большой громкости.

Источники шума внутри автомобиля подразделяются на первичные и вторичные. К первой группе относятся двигатель, трансмиссия, шины и аэродинамический шум. Ко второй – металлические панели кузова (пол, крылья, крыша, двери, арки), пластиковые детали интерьера (панель приборов, накладки дверей и стоек и т. п.), мелкие металлические конструкции (тяги привода замков, стеклоподъемников и пр.).

По происхождению шумы делятся на воздушные, распространяемые в воздухе, и структурные, распространяемые в твердом теле. Воздушные шумы проникают в салон автомобиля через остекление и имеющиеся неплотности кузова (технологические отверстия, дверные проемы и т. д.). При этом уровень шума зависит от конструктивных особенностей источников шума и звукоизоляционных свойств стекол и панелей кузова (чем они толще, тем лучше они удерживают звук). Структурные шумы передаются в салон автомобиля через элементы подвески, трансмиссии, ходовой части, системы выпуска отработавших газов. Вибрации от перечисленных элементов передаются на пол автомобиля и все панели кузова, которые начинают излучать структурный шум и отраженный звук, еще больше повышающий уровень шума.

Для снижения шума в кабине или салоне используется целый комплекс мер, включающих шумоизоляцию и шумопоглощение. Шумоизоляция это преграда на пути распространения звука. Шумопоглощение – гашение звуковых волн. Для реализации этих мер используют специальные материалы, которые часто называют акустическими.

Шумоизоляционные материалы обычно имеют, по крайней мере, два слоя, один из которых (рыхлый) прилегает к поверхности, излучающей звук, а другой (плотный и тяжелый) накрывает рыхлый слой снаружи. Рыхлый слой может выполняться из какого-либо волокнистого или вспененного материала толщиной от 10 мм и более. Это может быть, например, синтетический войлок или пенополиуретан. Наружный слой имеет толщину 2–3 мм и представляет собой лист битумной композиции или тяжелой мягкой пластмассы, который соединен с рыхлым слоем (приклеен или сварен). Механизм действия такого двухслойного материала в упрощенном виде заключается в том, что звуковые волны, преодолевшие металлический лист кузовной панели, с потерями проходят через рыхлый слой, но «раскачать» тяжелый плотный и вязкий наружный слой не могут, отражаются от него и «вязнут» в рыхлом слое.

Шумопоглощающие материалы – это чаще всего достаточно толстые (от 10 мм и больше) легкие листы, прессованные из рыхлого волокнистого материала со связующим. При прессовании материалу придается нужная форма, и полученная готовая деталь устанавливается, например, на внутренней поверхности крыши кузова. Закрепляется она клеем, пластмассовыми кнопками или металлическими «язычками». Звуковые волны не могут всерьез отразиться от внешней поверхности такой детали, потому что она рыхлая, проходят, теряя энергию, до металла, отражаются от него и пытаются выйти наружу, но вторично теряют энергию. Этим и достигается эффект шумопоглощения.

Такими акустическими материалами покрывают внутреннюю поверхность капота (поглощают шум двигателя); внутренние поверхности кузова, дверей и крыльев (хорошо глушат дорожный шум).

Уровень внутреннего шума в автомобиле регламентирован ГОСТ 33555–2015 «Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний».

Вибрации. Одним из основных неблагоприятных факторов, действующих на водителя автомобиля, являются вибрации. Наиболее опасными являются вибрации в диапазоне 1–5 Гц, вызывающие резонанс колебаний частей тела человека. Колебания, передающиеся к голове, вызывают изменение ритма и частоты дыхания, увеличение артериального давления, снижают остроту зрения, ухудшают деятельность нервной системы.

При более высоких частотах вибрации тоже сказываются на водителе отрицательно, но это воздействие менее ощутимо. В этом случае большое значение имеет амплитуда колебаний. Так, при амплитуде 0,01 мм вибрация почти не ощущается; при амплитуде 0,02 мм действует раздражающе, а при амплитуде 0,03 мм постоянно отвлекает водителя от основной деятельности. При вибрации с амплитудой более 0,03 мм длительная работа невозможна.

Источником вибраций в автомобиле являются:

- вращающиеся неуравновешенные части и детали автомобиля;
- неровности дорожного покрытия.

Для снижения вибраций применяется следующий комплекс мер:

- уменьшение динамических нагрузок, возникающих при работе двигателя и карданной передачи;
- виброизоляция двигателя и других агрегатов автомобиля;
- применение вибродемпфирующих материалов;
- снижение вибраций, передаваемых кузову от системы выпуска;
- виброизоляция кузова или кабины.

Микроклимат рабочего места водителя. Большое значение для безопасности движения имеет микроклимат рабочего места водителя, определяемый совокупностью температуры, влажности и подвижности воздуха.

Влияние микроклимата на организм водителя зависит от его возраста, степени закаленности, состояния здоровья, рабочей одежды.

Температура воздуха в кабине находится в прямой зависимости от температуры окружающего воздуха, температуры двигателя, теплоизоляции кабины, отопления и вентиляции. Наиболее благоприятная температура 18–20 °С. В случае повышения или понижения температуры в кабине возрастает степень утомления водителя. При повышении температуры уменьшается внимание и объем оперативной памяти, плохо улавливаются изменения дорожной обстановки, увеличивается время реакции, водитель быстрее устает.

При температуре 17 °С и ниже начинается охлаждение тела человека, а температура 11 °С является минимально допустимой. В условиях низкой температуры снижается работоспособность мышц, работа вызывает их быструю усталость, наблюдается скованность и неточность движений. Теплая одежда стесняет движения водителя, а теплая обувь затрудняет управление педалями – нарушается обратная связь при нажатии на них.

Кабины и кузова автомобилей, работающих в условиях жаркого климата, следует окрашивать светлой краской, для остекления кабины использовать теплопоглощающие стекла (атермальные), оборудовать кондиционерами воздуха.

Кабины автомобилей, предназначенных для работы в условиях низких температур, должны иметь термоизолированные стенки, двойное остекление кабины с электрообогревом, уплотнения для трубок, проводов, рычагов, педалей и дверей из морозостойких материалов. Отопление кабины должно осуществляться автономным отопителем повышенной мощности.

Терморегуляция организма человека в значительной степени зависит от влажности и подвижности воздуха. Влажность воздуха характеризуется содержанием в нем водяных паров. В воздухе, насыщенном водяными парами, затрудняется теплоотдача путем испарения (пот с тела человека не испаряется). Особенно неблагоприятно влияет относительная влажность более 70 % при температуре близкой к 30 °С. Для большинства людей нормальная относительная влажность находится в пределах 30–70 %. На терморегуляцию тела водителя существенно влияет подвижность воздуха. Человек ощущает воздушные потоки при скорости их движения от 0,25 м/с. Рекомендуемая скорость движения воздуха в кабине автомобиля не должна превышать 1 м/с. При определении микроклиматических условий необходимо учитывать взаимодействие температуры, влажности и подвижности воздуха.

Вредные примеси воздуха. Одним из требований активной безопасности является поддержание в кабине автомобиля необходимой чистоты воздуха. В кабину попадают пары эксплуатационных материалов, отработавшие газы и продукты испарения дорожной одежды, содержащие оксиды углерода и азота, минеральную пыль и другие вредные вещества.

При неисправности системы питания двигателя в кабину автомобиля проникают пары бензина, которые могут вызвать острое или хроническое отравление водителя. Острое отравление наступает при концентрации паров бензина в воздухе (5–10 мг/л). Хроническое отравление возникает чаще при длительном воздействии на организм малых концентраций.

Количество вредных примесей в воздухе кабины ограничивается предельно допустимой концентрацией (ПДК) – концентрацией, которая при ежедневном 6–8-часовом воздействии в течение неограниченного времени не может вызвать у работающих патологических изменений в организме или заболевания.

Установлены предельно допустимые концентрации вредных примесей в кабине автомобиля, которые приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Значения ПДК вредных примесей в кабине автомобиля

Примеси	ПДК, мг/л
Оксид углерода	0,02
Диоксид углерода	0,4
Пары бензина	0,1
Окислы серной кислоты	0,001
Минеральная пыль	0,0005

Правильная регулировка двигателя, своевременное устранение неисправностей системы питания, тщательное уплотнение кабины и, наконец, эффективное использование системы вентиляции и отопления значительно оздоравливают условия работы водителя.

2.9.4 Системы вентиляции, отопления и кондиционирования

Системы вентиляции, отопления и кондиционирования предназначены для создания комфортных условий в кабине или салоне автомобиля.

Системы вентиляции. В кабинах и салонах автомобилей объем воздуха, приходящийся на каждого человека, составляет 0,4–1,2 м³, поэтому необходим интенсивный воздухообмен в кабине. Для этого служит система вентиляции, которая обеспечивает приток свежего воздуха в салон автомобиля. В систему приточной вентиляции обычно устанавливают фильтры для очистки поступающего в салон воздуха от пыли. Фильтры салона изготавливаются на основе специальной бумаги или картона. Для увеличения рабочей поверхности они складываются в виде «гармошки», гофрируются и закрепляются в рамке из эластичной пластмассы.

Кроме того, система должна быть устроена так, чтобы при любой скорости движения автомобиля в салоне поддерживалось небольшое избыточное давление для предотвращения попадания внутрь пыли и выхлопных газов. Воздухозаборные отверстия следует располагать по возможности выше и на участках его наибольшего давления на кузов автомобиля (капот, переднее

оперение, передняя панель кабины, люки на крыше). Однако при движении автомобиля на малых и средних скоростях количество поступающего воздуха недостаточно, поэтому в систему вентиляции устанавливают электрический вентилятор. Организация потоков воздуха на рабочем месте водителя легкового автомобиля представлена на рисунке 2.91.



Рисунок 2.91 – Организация потоков воздуха на рабочем месте водителя легкового автомобиля

Места для вытяжки воздуха из салона должны быть расположены в той части кузова, где при движении образуется пониженное давление (задние стенки кузова, задние крылья и стойки).

Распределение потоков воздуха на рабочем месте водителя влияет не только на комфортность, но и непосредственно на активную безопасность автомобиля, потому что, например, запотевшее или обмерзшее ветровое стекло ухудшает параметры обзорности.

Системы отопления. В настоящее время автомобили оборудуются системами отопления с использованием тепла двигателя и независимыми.

Поскольку на большинстве современных автомобилей применяются двигатели внутреннего сгорания с жидкостной системой охлаждения, для подогрева, поступающего в кузов воздуха, используется тепло из этой системы. Такое конструктивное решение не требует дополнительного расхода топлива. Основным элементом отопителя – жидкостный теплообменник, радиатор, через который проходит часть жидкости из системы охлаждения двигателя и поступающий в кузов наружный воздух. Отопитель снабжен системой заслонок, которые позволяют регулировать режимы его работы. Как правило, отопитель имеет также систему рециркуляции, которая позволяет направлять в него воздух не снаружи автомобиля, а непосредственно из кузова, в этом случае салон прогревается значительно быстрее, что особенно важно при низкой наружной температуре и при начале движения автомобиля, когда температурный режим в двигателе еще не установился. Регулиро-

вание температуры поступающего в кузов воздуха возможно двумя способами: изменением количества проходящей через радиатор отопителя жидкости или распределением потоков нагреваемого отопителем воздуха.

Регулирование количества жидкости производится с помощью крана с изменяемым проходным сечением, который может управляться вручную или каким-либо устройством автоматики, при этом температура протекающей через радиатор отопителя жидкости поддерживается на более-менее постоянном уровне термостатом системы охлаждения двигателя. Эта система управления отопителем проста и компактна.

Схема отопителя легкового автомобиля с регулирующими заслонками показана на рисунке 2.92. Такие отопители просты и достаточно эффективны, но их недостаток состоит в том, что температура воздуха в кабине зависит от температуры двигателей.

Независимые (автономные) отопители не используют тепла двигателя внутреннего сгорания, поэтому могут работать независимо от него, например, на стоянке при неработающем двигателе. Кроме того, они используются в обитаемых кузовах грузовых автомобилей и прицепов, на автомобилях с двигателями воздушного охлаждения. Источником энергии служит жидкое топливо: бензин или дизельное, кроме того, требуется электроэнергия для привода электродвигателя вентилятора.

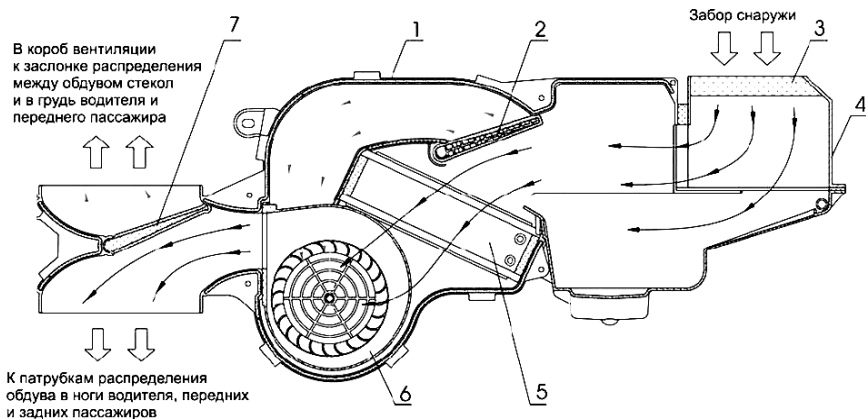


Рисунок 2.92 – Схема отопителя автомобиля:

- 1 – корпус отопителя; 2 – заслонка подмешивания; 3 – воздушный фильтр;
 4 – короб воздухозаборника; 5 – радиатор отопителя; 6 – вентилятор;
 7 – заслонка распределения

В зависимости от тепловой мощности и вида применяемого топлива конструкция автономных отопителей может быть различной, но принципы их работы схожи.

Электрический вентилятор подает воздух в два устройства: в камеру сгорания и в теплообменник. В камере сгорания распыляется жидкое топливо, горючая смесь поджигается свечой накаливания или искровой запальной свечой. После прогрева системы, когда горение становится устойчивым, свеча отключается. В результате сгорания жидкого топлива получается газ с высокой температурой, и стенки теплообменника, в котором размещается камера сгорания, нагреваются.

Снаружи теплообменник омывается потоком воздуха, который подается вентилятором. Этот воздух нагревается и направляется по выходному патрубку в салон. Отработанные газы выбрасываются через отводящий патрубок наружу. Схема автономного отопителя, работающего на жидком топливе, и основные элементы конструкции показаны на рисунке 2.93.

Обычно отопительные и вентиляционные системы объединяют в одну, и эта система служит также для обдува и обогрева стекол.

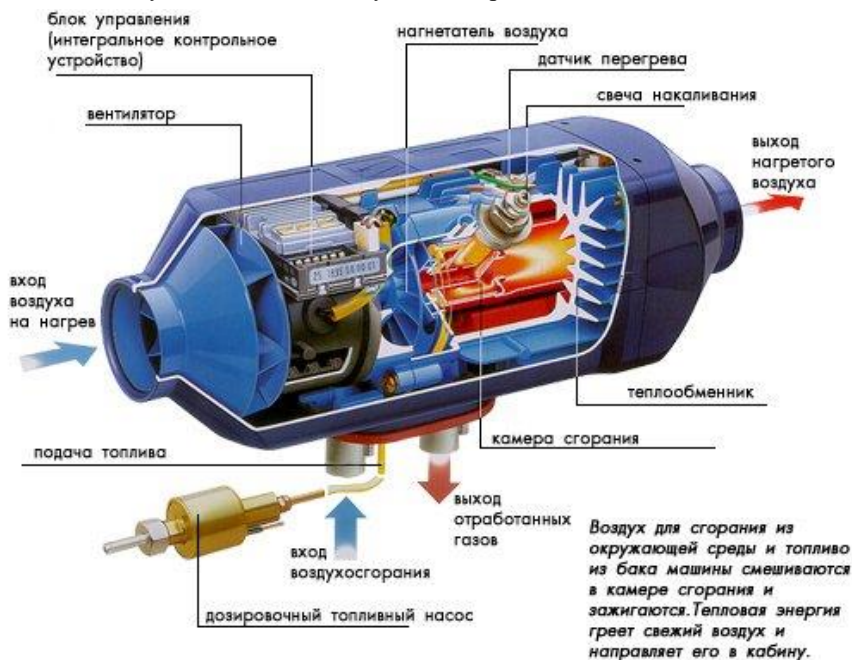


Рисунок 2.93 – Устройство автономного отопителя

Системы кондиционирования. Двигатель автомобиля, трансмиссия, система выпуска отработанных газов при работе выделяют довольно большое количество тепла, которое проникает в салон автомобиля. В летнее время температура воздуха в салоне всегда выше, чем температура наружного воздуха. Система вентиляции не способна обеспечивать необходимый температурный

режим в салоне автомобиля, а при температуре окружающего воздуха, превышающей 25 °С необходимо его охлаждение для создания комфортных условий водителю и пассажирам. Для решения этой задачи применяются системы кондиционирования. Считается, что температура воздуха в салоне во избежание опасности переохлаждения и простудных заболеваний не должна быть ниже температуры наружного воздуха более, чем на 10 °С, температура охлажденного воздуха на выходе из теплообменника кондиционера не должна быть ниже +6 °С. Еще одним положительным свойством кондиционирования воздуха является то, что одновременно с охлаждением уменьшается относительная влажность воздуха в салоне. Это происходит вследствие конденсирования влаги в теплообменнике, а более сухой воздух в салоне при высокой температуре и влажности наружного воздуха является наиболее комфортабельным. Наибольшая эффективность системы кондиционирования достигается при плотно закрытых окнах автомобиля.

Известно большое количество систем охлаждения воздуха, но в автомобилях наибольшее распространение получили парокомпрессионные охладители, в которых используется свойство газов поглощать тепло при переходе из жидкого состояния в газообразное, также как в любом бытовом холодильнике (рисунок 2.94).



Рисунок 2.94 – Схема работы парокомпрессионного воздухоохлаждителя

В замкнутой герметичной системе воздухоохлаждителя циркулирует хладагент, представляющий собой легкокипящую жидкость на основе фтористых или хлористых производных предельных углеводородов.

До недавнего времени хладагентом автомобильных кондиционеров был фреон R12, но в связи с его негативным влиянием на озоновый слой земной

атмосферы его применение прекратилось. В современных системах кондиционирования используется фреон R134a (тетрафторэтан), который считается экологически чистым.

Компрессор, к которому подходит хладагент в парообразном состоянии под низким давлением, сжимает этот газ до давления порядка 1500 кПа, при этом его температура повышается до уровня более +80 °С. Затем нагретый хладагент поступает в конденсатор, представляющий собой теплообменник (радиатор), охлаждаемый потоком воздуха. Чаще всего конденсатор устанавливается перед радиатором системы охлаждения двигателя и, таким образом, для его охлаждения используется поток встречного воздуха, но часто за конденсатором устанавливается дополнительный вентилятор.

В конденсаторе горячий газообразный хладагент охлаждается и переходит в жидкое состояние, т. е. конденсируется, и через ресивер-осушитель эта жидкость направляется к испарителю, однако на пути проходит через тепловой расширительный клапан. После этого жидкий хладагент попадает в большой объем испарителя, его давление резко уменьшается, и он кипит, переходя в парообразное состояние.

На этот переход из одного агрегатного состояния в другое требуется большое количество теплоты, и хладагент отбирает тепло от воздуха, который с помощью вентилятора продувается через испаритель, выполненный в виде теплообменника (радиатора). Охлажденный воздух направляется в салон автомобиля. Вышедший из испарителя газообразный хладагент вновь поступает в компрессор, и цикл повторяется.

Ресивер-осушитель обеспечивает очистку, осушение и накопление хладагента. Тепловой расширительный клапан – дросселирующее устройство, которое регулирует поступление хладагента в испаритель в зависимости от температуры выходящего из испарителя хладагента. Компрессор приводится в действие обычно от коленчатого вала двигателя клиновым или поликлиновым ремнем через электромагнитную фрикционную муфту. Шкив компрессора вращается ремнем постоянно, а вал компрессора – только при включенной муфте, периодичность включения которой определяется режимом работы системы.

Кондиционеры бывают с ручной регулировкой или с электронным контролем температуры воздуха в салоне (климат-контроль). Кондиционер усложняет и несколько удорожает автомобиль. Затраты мощности для привода компрессора не сильно сказываются на расходе топлива, потому что автомобиль движется с закрытыми окнами и его аэродинамическое сопротивление меньше, чем при естественной вентиляции через открытые окна.

2.9.5 Система контроля состояния водителя

Статистика аварийности показывает, что причиной значительного количества ДТП является физическое состояние водителя. Ряд крупных авто-

производителей активно работает над созданием различных систем контроля состояния водителя, призванных, как минимум, оповестить об опасном состоянии человека и, как максимум, вмешаться в управление автомобилем и предупредить происшествие. Работа ведется по нескольким направлениям, среди которых контроль усталости, оценка физического напряжения, определение болезненного состояния водителя. В настоящее время система контроля усталости водителя реализована на автомобилях Mercedes-Benz, Volvo, Lexus. Определение наступления усталости водителя осуществляется разными способами: оценкой действий водителя по управлению автомобилем, контролем характера движения автомобиля, наблюдением за лицом водителя с помощью видеокамеры. Примером системы контроля усталости водителя является система Driver Attention System (DAS), разработанная фирмой Siemens VDO. Миниатюрная инфракрасная видеокамера сканирует лицо водителя в инфракрасном диапазоне и регистрирует частоту моргания глаз водителя и направление его взгляда (рисунок 2.95). Информация поступает в компьютер, где после обработки по алгоритму делается вывод о степени усталости человека за рулем [33].

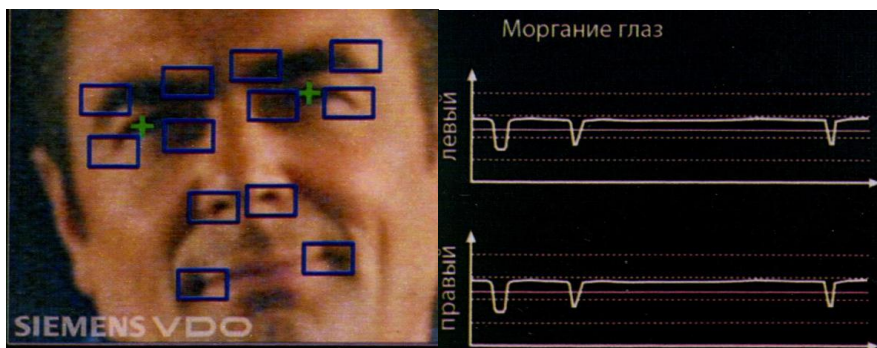


Рисунок 2.95 – Сканирование лица водителя

Компьютер выделяет из картинки глаза и вычисляет не только моргания век, но и направление взгляда, превращая их в последовательность импульсов. Если система обнаружит, что глаза водителя закрыты больше определенного времени или его лицо занимает в поле зрения видеокамеры нестандартное положение, водителя предупредит об опасности вибрация сиденья. В случае дальнейшего нестандартного поведения водителя подает сигнал звуковой зуммер.

Дальнейшие разработки направлены на плавную остановку автомобиля и включение аварийного сигнала. Однако прежде надо решить целый ряд законодательных вопросов, связанных с внезапной остановкой автомобиля, возможно, посередине полосы движения, что само по себе тоже небезопасно для остальных участников движения.

Аналогичной является система, в которой видекамера, расположенная за зеркалом заднего вида, смотрит не на водителя, а на дорогу. Состояние водителя в этом случае оценивается по характерным изменениям в манере вождения, при этом определяется влияние рассеянности или усталости на управление автомобилем, например, если водитель засыпает и автомобиль без включения сигнала поворота начинает смещаться из своей полосы движения или резко изменяется скоростной режим.

Как только система обнаруживает нестандартное поведение водителя, включается звуковой сигнал предупреждения, а также может загораться информация на приборной доске в виде чашечки дымящего кофе.

Другим направлением развития систем контроля является оснащение автомобиля биометрическими датчиками, с помощью которых можно следить за важными для здоровья показателями (пульсом, частотой дыхания и др.). Данные разработки являются перспективными и должны появиться на серийных автомобилях в скором времени. Ближе всех к решению задачи находится компания Ford, которая предлагает систему оценки нагрузки водителя, призванную уменьшить рассеянность и чрезмерное напряжение. Физическое напряжение водителя оценивается путем обработки множества параметров:

- движения ТС (скорости, продольного и поперечного ускорения, скорости рысканья);
- действий водителя (угла поворота рулевого колеса, положения педалей акселератора и тормоза);
- дорожных условий (плотности движения, характера дорожного покрытия);
- биометрических показателей (сердечного ритма, частоты дыхания, температуры кожи).

Если нагрузка на водителя достаточно высока, то система принимает меры для снижения напряжения, в том числе автоматически запускает функцию блокирования мобильного телефона от входящих звонков (функцию «не беспокоить»).

В работе системы оценки нагрузки водителя используются следующие биометрические датчики:

- пьезоэлектрический датчик в ремне безопасности для мониторинга частоты дыхания;
- проводящие накладки на ободе рулевого колеса для измерения пульса;
- инфракрасные датчики на ободе рулевого колеса для измерения температуры ладоней;
- инфракрасный датчик за рулевым колесом, контролирующий температуру лица.

Компания Ferrari запатентовала технологию, которая оценивает уровень напряжения водителя по изменению мозговых волн. Мозговая биоэлектри-

ческая активность измеряется с помощью беспроводных датчиков, встроенных в подголовник водительского сиденья. В зависимости от состояния водителя производится уменьшение подачи топлива в двигатель и автоматическая стабилизация автомобиля.

Другая область использования биометрических датчиков связана с контролем физического состояния пожилых водителей, а также водителей с хроническими заболеваниями. В этом направлении работает сразу несколько автомобильных компаний.

Например, компания Ford предлагает контролировать состояние возрастных водителей с помощью датчиков сердечного ритма, встроенных в сиденье. В основу положена технология электрокардиограммы, которая осуществляет мониторинг сердечных электрических импульсов и своевременно определяет нарушения (например, сердечный приступ), а также симптомы других заболеваний (например, повышенное давление).

Компания Toyota для контроля жизненно важных показателей использует датчики на ободе рулевого колеса: электроды для мониторинга сердечного ритма и оптические датчики для оценки проводимости ладоней. Система контроля состояния водителя связана с системой экстренного торможения, что позволяет остановить автомобиль в случае сердечного приступа, а также с навигационной системой, которая автоматически прокладывает маршрут до ближайшего лечебного заведения. Система позволяет определить наступление сердечного приступа уже на ранних стадиях и тем самым предупредить ДТП.

Компания BMW работает над технологией предупреждения водителей, больных диабетом, о повышении уровня сахара в крови. Устройство для измерения уровня сахара в крови подключено к смартфону, который соединен через Bluetooth с мультимедийной системой автомобиля. На экран системы выводится информация, предупреждающая водителя об опасности потери сознания из-за повышенного уровня сахара в крови. В перспективе измеряемые параметры могут автоматически передаваться лечащему врачу водителя.

2.9.6 Персональные алкотестеры, встроенные в автомобиль

Компанией Volvo Cars в качестве опции для новых моделей Volvo S80, V70 и XC70 уже с начала 2008 г. предлагалась система Alcotest, которая по сути является алкотестером и призывает водителя принять трезвое решение и отказаться от управления автомобилем в нетрезвом состоянии. В конструкции Alcotest используется технология топливных элементов, которая пока еще дорогая, но результат ее применения оказывается гораздо лучше традиционных химических или полупроводниковых тестеров. В отличие от полупроводниковых систем технология топливных элементов способна реагировать исключительно на этиловый спирт, а не на какие-либо другие ве-

щества. В этом устройстве молекулы этилового спирта проходят через чувствительную мембрану, в результате вырабатывается ток, который и измеряется системой. Чем больше будет этот ток, тем выше содержание алкоголя в дыхании водителя [34].

Таким образом, прежде чем запустить двигатель автомобиля, водитель должен будет подуть в переносной блок (рисунок 2.96), который представляет собой устройство размером с пульт дистанционного управления. В этом устройстве проводится анализ дыхания водителя, результат анализа по радиочастоте передается в электронную систему управления автомобилем. Если содержание алкоголя в крови превышает установленные параметры, то пуск двигателя будет заблокирован.

Информационный дисплей автомобиля выводит сообщения, помогающие водителю использовать устройство. Например, водитель может узнать, каким оказался результат проверки (положительным или отрицательным) и какое значение получилось, кроме того, система может потребовать от водителя дуть в переносное устройство дольше. Результаты хранятся в памяти в течение 30 мин после выключения двигателя, поэтому водителю не придется повторять проверку после каждой короткой остановки и не удастся обмануть систему перезагрузкой.



Рисунок 2.96 – Анализ дыхания водителя

Массовое внедрение алкозамков начнётся и в Европе: с 2022 года все транспортные средства, произведенные на территории Евросоюза, должны

быть оборудованы такими устройствами. В некоторых странах алкозамки уже устанавливаются. Например, в Литве с 2020 года можно сократить срок лишения прав, согласившись на установку устройства. А в Австралии водитель, пойманный за пьяное вождение, обязан оснастить машину прибором за собственный счёт.

2.9.7 Датчик дождя и освещенности автомобиля

Датчик дождя и освещенности устанавливается на лобовом стекле, например между обеими щетками, в наибольшем по высоте, среднем положении в зоне перекрытия стеклоочистителей (рисунок 2.97).

Датчик дождя и освещенности предназначен для того, чтобы при выявлении влаги на стекле включать стеклоочиститель в зависимости от количества осадков с нулевого положения до максимального цикла очищения или включать фары в зависимости от условий освещения. Включается датчик определенными рычагами или выключателями [35].

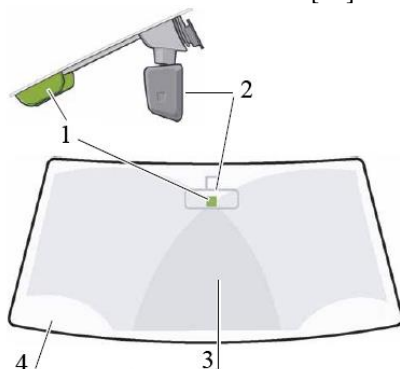


Рисунок 2.97 – Место установки датчика дождя и освещенности:

1 – датчик дождя и освещенности; 2 – зеркала заднего вида;
3 – зона перекрытия действия стеклоочистителей; 4 – лобовое стекло

Датчик дождя и освещенности состоит из комбинации светочувствительных элементов и светодиода (рисунок 2.98). Все части смонтированы на плате в корпусе датчика. Оптический элемент перекрывает корпус датчика и лобовое стекло. Задачей оптического элемента является фокусирование и выравнивание исходящего и входящего света. Датчик прикреплен к лобовому стеклу при помощи клеящей фольги. Для распознавания дождя используются светодиод δ и фотодиод δ .

Принцип работы датчика дождя состоит в том, что свет, исходящий от светодиода, частично отражается на поверхности стекла и, сфокусировавшись через оптический элемент, попадает на фотодиод. Если на улице сухо, весь свет отражается обратно и попадает на фотоприемник (так рассчитана опти-

ческая система). Поскольку луч модулирован импульсами, то на посторонний свет датчик не среагирует, как телевизор, «не видящий» чужой пульт.

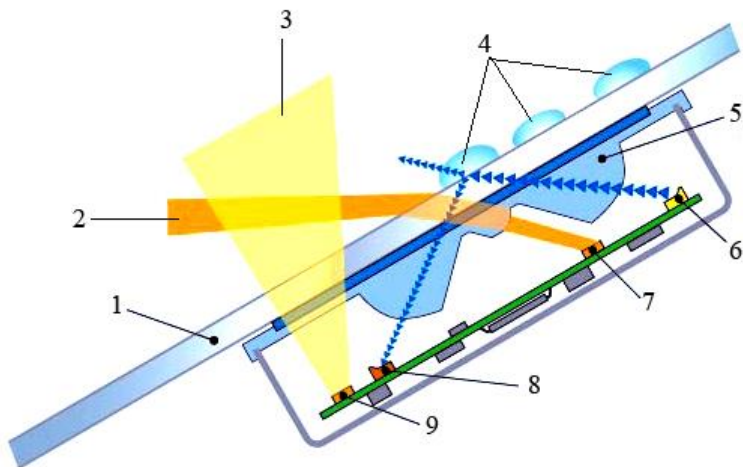


Рисунок 2.98 – Датчик дождя и освещенности:

1 – лобовое стекло; 2 – свет удаленного источника; 3 – проникающий внешний свет; 4 – капли дождя; 5 – оптический элемент; 6 – светодиод; 7 – дистанционный фотодиод-датчик; 8 – фотодиод; 9 – фотодиод (датчик внешнего освещения)

Степень отражения света от диода и, таким образом, количество света, падающего на фотодиод, изменяется, если стекло покрыто каплями воды или имеет водяную пленку. Чем сильнее увлажнение, тем меньше отражение преломленного света. На основании этого для определения количества осадков используется выходной сигнал фотодиода. Это фиксируется сенсором, и контроллер рассчитывает подходящий режим работы стеклоочистителя. Время реагирования на дождь, т. е. время между распознаванием осадков и подачей выходного сигнала на стеклоочиститель, составляет менее 20 мс.

Для распознавания света применяются дистанционный фотодиод 7 и датчик внешнего освещения 9. Датчик 9 охватывает световые условия непосредственного пространства вокруг автомобиля и служит для автоматического включения фар, а дистанционный датчик 7 – световые условия на расстоянии до трех длин автомобиля по направлению движения.

Система распознает в целом уменьшение или увеличение освещенности и включает или выключает свет фар. Из разности сигналов обоих датчиков система, например, может определить, что автомобиль въезжает в туннель (рисунок 2.99), и свет фар включается не позднее въезда в туннель.

Система действует таким образом, что свет отключается лишь тогда, когда датчик света установит достаточное значение освещенности.

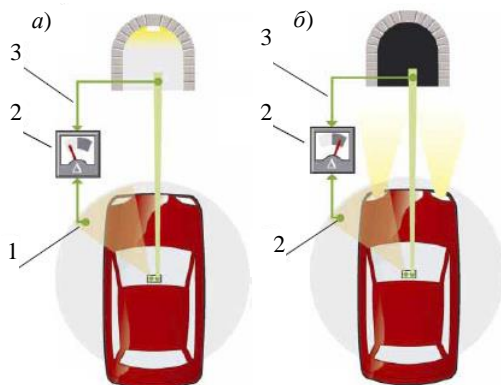


Рисунок 2.99 – Распознавание освещенности:

a – разница освещенности меньше, чем значение порога включения, свет выключен; *б* – разница освещенности больше, чем значение порога включения, свет включен;
 1 – анализ внешней освещенности; 2 – анализ разности освещенности;
 3 – анализ дистанционной освещенности

Если наряду с распознаванием света активно также распознавание дождя, то система включает фары и при сильных осадках.

2.9.8 Темнеющие зеркала заднего вида

Темнеющие зеркала заднего вида автомобиля. Исследования показывают, что при ослеплении ярким светом через зеркало заднего вида происходит кратковременная потеря зрения и увеличивается время реакции водителя. В связи с этим всё более широко применяются специальные темнеющие зеркала заднего вида, не допускающие ослепления водителя светом фар движущегося сзади автомобиля [36].

Ранние варианты зеркал (рисунок 2.100, *a*), изменяющих обратный световой поток, устроены аналогично жидкокристаллическим дисплеям калькуляторов: между двумя стеклянными пластинами заключен тонкий слой жидкости, которая меняет коэффициент поглощения света под воздействием приложенного электрического напряжения. Недостаток таких зеркал – уменьшение быстродействия при низких температурах, для устранения которого необходим подогрев, что усложняет конструкцию.

Более современные варианты используют эффект обратимого изменения светопропускания (рисунок 2.100, *б*). Его демонстрируют пленки окислов ряда металлов, в частности вольфрама, которые наносят непосредственно на стекло. Зеркало получается однослойным, не боится холода и к тому же потребляет ток лишь в моменты переключения. Такие зеркала получили название электрохромных и сегодня применяются на автомобилях многих марок.

Электрохромное зеркало состоит из стекла 1 с нанесенным на него прозрач-

ным электродом 2 из окиси индия, нанопленки 3 оксида вольфрама, слоя твердого электролита 4 и отражающего металлического покрытия-электрода 5.

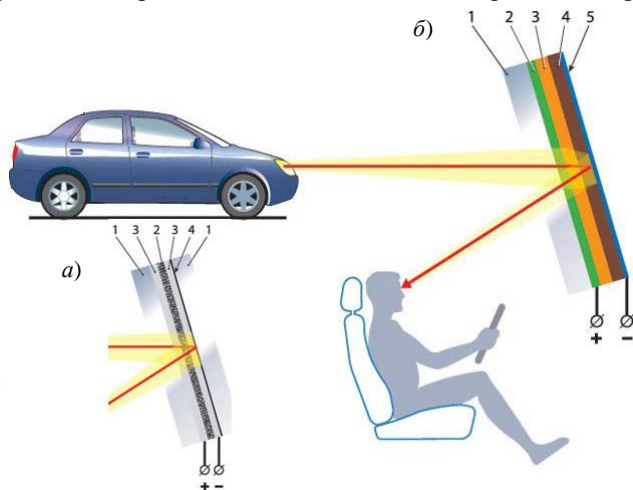


Рисунок 2.100 – Темнеющие зеркала заднего вида:

a – жидкокристаллическое темнеющее: 1 – стекло; 2 – слой жидких кристаллов; 3 – маслопрозрачные электроды; 4 – отражающий слой; *б* – электрохромное: 1 – стекло; 2 – прозрачный электрод; 3 – нанопленка оксида вольфрама; 4 – слой твердого электролита; 5 – отражающее металлическое покрытие-электрод

Под воздействием электрического напряжения почти прозрачный оксид превращается в окрашенную вольфрамовую бронзу и ослабляет дважды проходящий через него свет, а затем вновь обретает прозрачность.

В настоящее время используются автоматически темнеющие зеркала NVS (Night Vision Safety) (рисунок 2.101).

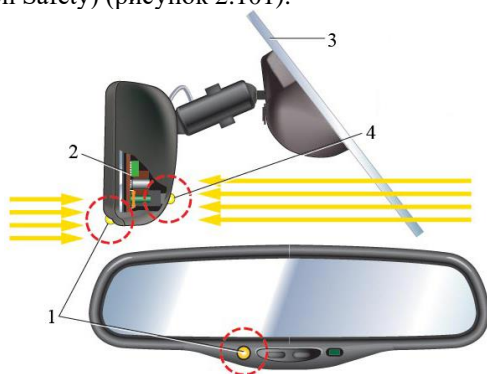


Рисунок 2.101 – Автоматически темнеющее зеркало:

1 – фотодатчик, направленный назад; 2 – электронная плата; 3 – лобовое стекло; 4 – фотодатчик, направленный вперед

Прозрачность стекла регулирует контроллер, сравнивающий сигналы от двух фотодатчиков. Первый, направленный вперед, измеряет общую освещенность; второй, направленный назад, ловит лучи фар едущих сзади автомобилей. Слишком большая разница между показаниями датчиков (спереди темно, сзади ярко) говорит об опасности ослепления. По показаниям датчиков выдается команда затемнить стёкла зеркал.

2.10 Автомобильные шины

Автомобильная шина – один из наиболее важных элементов, влияющих на безопасность движения. Шина обеспечивает контакт транспортного средства с дорогой, а также предназначена для поглощения незначительных колебаний, вызываемых несовершенством дорожного покрытия, компенсации погрешности траектории колёс, реализации и восприятия сил, действующих на колесо.

2.10.1 Маркировка автомобильных шин

Маркировка автомобильных шин осуществляется в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 30 для легковых автомобилей и Правил ЕЭК ООН № 54 для шин грузовых автомобилей.

Согласно Правилам ЕЭК ООН № 30 на пневматических шинах для легковых автомобилей радиальной конструкции на обеих боковинах должны быть нанесены:

- торговое наименование или марка;
- обозначение размера шины;
- категория скорости;
- слова «ALL SEASON» для шин с всесезонным рисунком протектора;
- буквы «M+S» или «M.S» либо «M&S» в случае зимней шины;
- индекс несущей способности;
- слово «TUBELESS», если шина предназначена для использования без камеры;
- слова «TUBE TYPE», если шина предназначена для использования с камерой;
- слово «REINFORCED» или слова «EXTRA LOAD» в случае усиленной шины;
- слово «STEEL» для шин с металлокордом в брекере;
- слова «ALL STEEL» для шин с металлокордом в брекере и в каркасе
- дата изготовления, состоящая из четырех цифр, из которых две первые указывают неделю, а две последние – год изготовления;
- слова «TEMPORARY USE ONLY», если шина используется в качестве запасной временного пользования;

– знак официального утверждения.

Обозначение размера шины включает в себя:

- номинальную ширину профиля в миллиметрах;
- номинальное отношение высоты профиля шины к его ширине в процентах;
- букву R, обозначающую радиальную конструкцию шины;
- номинальный диаметр обода в дюймах.

Категория скорости означает максимальную скорость, которую может выдержать шина и которая указывается с помощью обозначения категории скорости. Категории скорости указаны в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – **Обозначение категории скорости автомобильных шин для легковых автомобилей**

Обозначение категории скорости	Максимальная скорость, км/ч	Обозначение категории скорости	Максимальная скорость, км/ч
L	120	T	190
M	130	U	200
N	140	H	210
P	150	V	240
Q	160	W	270
R	170	Y	300
S	180		

Индекс несущей способности означает число, характеризующее контрольную массу, на которую рассчитана шина при эксплуатации в соответствии с предписаниями по использованию, установленными изготовителем.

Значения индекса несущей способности L_i приведены в таблице 2.10.

Знак официального утверждения указывает на то, что данная шина прошла необходимые проверки и испытания и отвечает предписаниям Правил ЕЭК ООН № 30. Пример знака официального утверждения представлен на рисунке 2.102.

Рисунок 2.102 – Знак официального утверждения по Правилам ЕЭК ООН № 30



Знак официального утверждения, проставленный на шине, указывает, что данный тип шины официально утвержден во Франции (E2) под номером 022439. Первые две цифры номера официального утверждения указывают, что официальное утверждение было предоставлено в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 30 с внесенными в них поправками серии 02.

Таблица 2.10 – Индексы несущей способности автомобильных шин для легковых автомобилей

Li	P, кг	Li	P, кг	Li	P, кг	Li	P, кг
0	45	31	109	61	257	91	615
1	46,2	32	112	62	265	92	630
2	47,5	33	115	63	272	93	650
3	48,7	34	118	64	280	94	670
4	50	35	121	65	290	95	690
5	51,5	36	125	66	300	96	710
6	53	37	128	67	307	97	730
7	54,5	38	132	68	315	98	750
8	56	39	136	69	325	99	775
9	58	40	140	70	335	100	800
10	60	41	145	71	345	101	825
11	61,5	42	150	72	355	102	850
12	63	43	155	73	365	103	875
13	65	44	160	74	375	104	900
14	67	45	165	75	387	105	925
15	69	46	170	76	400	106	950
16	71	47	175	77	412	107	975
17	73	48	180	78	425	108	1 000
18	75	49	185	79	437	109	1 030
19	77,5	50	190	80	450	110	1 060
20	80	51	195	81	462	111	1 090
21	82,5	52	200	82	475	112	1 120
22	85	53	206	83	487	113	1 150
23	87,5	54	212	84	500	114	1 180
24	90	55	218	85	515	115	1 215
25	92,5	56	224	86	530	116	1 250
26	95	57	230	87	545	117	1 285
27	97,5	58	236	88	560	118	1 320
28	100	59	243	89	580	119	1 360
29	103	60	250	90	600	120	1400
30	106	–	–	–	–	–	–

Примечание – Li – индекс несущей способности; P – максимальная нагрузка на шину.

Рассмотрим пример маркировки, которая наносится на шины в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 30:

MICHELIN 205/55R16 89 T TUBELESS M + S 2514

Данная маркировка определяет шину торговой марки MICHELIN, которая обозначает:

- «205» – номинальная ширина профиля 205 мм;
- «55» – номинальное отношение высоты профиля к его ширине – 55 %;
- «R» – радиальная конструкция;

- «16» – номинальный диаметр обода 16 дюймов;
- «89» – индекс несущей способности 89, соответствующий максимальной нагрузке на шину 580 кг;
- «Т» – категория скорости «Т», что соответствует максимальной скорости 190 км/ч;
- «TUBELESS» – предназначена для установки на обод без камеры (бескамерная);
- «M+S» – имеет зимний тип протектора (Mud+Snow – грязь+снег);
- «2514» – изготовлена в течение двадцать пятой недели 2014 года.

На шинах, предназначенных для скоростей движения свыше 240 км/ч, но не более 300 км/ч буква «R» может быть заменена буквами «ZR».

Пример обозначения размера пневматических шин диагональной конструкции для легковых автомобилей: 7,35–14, где 7,35 – ширина профиля в дюймах, 14 – диаметр обода в дюймах. Допускаются следующие обозначения размеров: 185–14/7,35–14, или 185–14, либо 7,35–14/185–14, где 185 – ширина профиля, мм.

Маркировка автомобильных шин для грузовых автомобилей осуществляется в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 54 и не имеет существенных различий с маркировкой шин для легковых автомобилей (таблицы 2.11, 2.12).

Поскольку скорости движения грузовых автомобилей ниже, чем легковых, а нагрузки на шины больше, таблицы обозначения категории скорости и индекса несущей способности для шин грузовых автомобилей имеют несколько другой вид.

Таблица 2.11 – Индексы несущей способности автомобильных шин для грузовых автомобилей

Li	P, кг	Li	P, кг	Li	P, кг	Li	P, кг
139	2430	155	3875	171	6150	186	9500
140	2500	156	4000	172	6300	187	9750
141	2575	157	4125	173	6500	188	10000
142	2650	158	4250	174	6700	189	10300
143	2725	159	4375	175	6900	190	10600
144	2800	160	4500	176	7100	191	10900
145	2900	161	4625	177	7300	192	11200
146	3000	162	4750	178	7500	193	11500
147	3075	163	4875	179	7750	194	11800
148	3150	164	5000	180	8000	195	12150
149	3250	165	5150	181	8250	196	12500
150	3350	166	5300	182	8500	197	12850
151	3450	167	5450	183	8750	198	13200
152	3550	168	5600	184	9000	199	13600
153	3650	169	5800	185	9250	200	14000
154	3750	170	6000	–	–	–	–

Таблица 2.12 – Обозначение категории скорости автомобильных шин для грузовых автомобилей

Обозначение категории скорости	Максимальная скорость, км/ч	Обозначение категории скорости	Максимальная скорость, км/ч
F	80	P	150
G	90	Q	160
J	100	R	170
K	110	S	180
L	120	T	190
M	130	U	200
N	140	H	210

Рассмотрим пример маркировки, которая наносится на шины в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 54:

CONTINENTAL 255/70R22.5 148/145 J TUBELESS M+S 2514

Данная маркировка определяет шину торговой марки CONTINENTAL, которая обозначает следующее:

- «255» – номинальная ширина профиля 255 мм;
- «70» – номинальное отношение высоты профиля к его ширине 70 %;
- «R» – радиальная конструкция;
- «22.5» – номинальный диаметр обода 22,5 дюйма;
- «148/145» – индексы несущей способности 148 и 145, соответствующие максимальной нагрузке 3150 кг для одиночной и 2900 кг для сдвоенной шины;
- «J» – категория скорости «J», что соответствует максимальной скорости 100 км/ч;

CONTINENTAL 255/70R22.5 148/143 L TUBELESS M+S 2517

- «145/143» – индексы несущей способности 145 и 143, соответствующие максимальной нагрузке 3000 кг для одиночной и 2725 кг для сдвоенной шины, на скорости 120 км/ч (категория скорости L);
- «TUBELESS» – предназначена для установки на обод без камеры (бескамерная);
- «M+S» – имеет зимний тип протектора (Mud+Snow – грязь+снег);
- «2517» – изготовлена в течение двадцать пятой недели 2017 года.

Для шин легких грузовых автомобилей в обозначении размеров добавляется буква «C» (Commercial), например, 225/60R15C.

Для шин грузовых автомобилей, монтируемых на ободья с углом наклона полок 5° или на плоских ободьях, обозначение размера – 12,00R20, где 12,00 – ширина профиля в дюймах; R – радиальная конструкция; 20 – диаметр обода в дюймах (на шинах диагональной конструкции вместо буквы «R» ставится дефис, например, 12,00-20).

Шины легковых и грузовых автомобилей должны, кроме того, соответствовать требованиям Правил ЕЭК ООН № 117 в отношении звука, издаваемого ими при качении, их сцепления на мокрых поверхностях и сопротив-

ления качению (требования в отношении сцепления на мокрых поверхностях для шин грузовых автомобилей не применяется).

С учетом требований Правил ЕЭК ООН № 117 знак официального утверждения имеет следующий вид (рисунок 2.103).

0212345 S2WR2 0236378

Рисунок 2.103 – Знак официального утверждения по Правилам ЕЭК ООН № 30 и № 117



Приведенный выше знак официального утверждения указывает, что соответствующая шина была официально утверждена в Нидерландах (E4) на основании Правил ЕЭК ООН № 117 (обозначена индексом S2WR2: S2 – звук, издаваемый при качении, на стадии 2, W – сцепление на мокрых поверхностях и R – сопротивление качению на стадии 2) под номером официального утверждения 0212345 и на основании Правил ЕЭК ООН № 30 под номером официального утверждения 0236378. Первые две цифры номера официального утверждения (02) указывают, что официальное утверждение было представлено в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 30 с поправками серии 02. Чем выше стадия, тем ниже должен быть уровень звука, издаваемого шиной при качении, и тем меньше должно быть сопротивление качению.

2.10.2 Влияние шин на эксплуатационные свойства автомобиля при движении по дорогам с твердым покрытием

Шины оказывают большое влияние на показатели как тяговой, так и тормозной динамики автомобиля.

На динамику разгона в первую очередь оказывает влияние сопротивление качению шин. Чем оно меньше, тем меньше сопротивление движению, тем меньше время и путь разгона, тем больше максимальная скорость автомобиля. Кроме того, определенное влияние на разгонные качества автомобиля оказывает момент инерции шин.

Влияние шин на тормозную динамику автомобиля весьма велико, а при прочих равных условиях является решающим. Тормозные качества одного и того же автомобиля на одних шинах могут быть совершенно неприемлемыми, а на других – превосходными.

Тормозные показатели автомобиля однозначно зависят от сцепных качеств шин. Замедление, путь и время торможения определяются качествами продольного сцепления. Показатели поперечного сцепления существенно сказываются на устойчивости автомобиля при торможении.

Шины также оказывают огромное влияние на устойчивость и управляемость автомобиля. Среди характеристик шин, которые оказывают влияние

на эти показатели, решающими являются сопротивление боковому уводу, стабилизирующий момент, боковая и угловая жесткость и характер их изменения в зависимости от вертикальной нагрузки, внутреннего давления воздуха и других факторов.

Вопросы устойчивости и управляемости, связанные с шинами, определяют не только безопасность движения. Ухудшение устойчивости и управляемости влечет за собой снижение скорости движения, повышение утомляемости водителя, а следовательно, и снижение производительности труда водителя и автомобиля в целом.

Кроме того, от характеристик шин зависят такие качества управляемости автомобиля, как реакция на действие боковых сил, быстрота реакции на поворот рулевого колеса, курсовая устойчивость, излишняя или недостаточная поворачиваемость.

Шины после подвески автомобиля являются основным элементом, определяющим плавность хода автомобиля, причем подвеска должна гасить воздействие больших неровностей, а шины – малых.

Влияние шин на плавность хода автомобиля обуславливается такими основными их характеристиками, как радиальная статическая и динамическая жесткость, а также демпфирующая способность.

Автомобильные шины являются весьма важным элементом в цепи шумообразования. Шум возникает главным образом на тех участках шины, которые соприкасаются с дорожным покрытием. Причинами возникновения шума от шин считаются шероховатость дороги, трение между дорогой и протектором (визг при торможении, при пробуксовке, при боковом скольжении на повороте), трение о воздух, наличие воздуха в ячейках протектора (при соприкосновении с дорогой воздух выходит из ячеек протектора с характерным свистом), вода на дорожном покрытии, дефекты шин (дисбаланс, биение, неравномерная жесткость).

Наименее шумными являются шины с дорожным рисунком протектора, а наиболее шумными – с зимним рисунком и особенно шины повышенной проходимости.

У шин повышенной проходимости и с зимним рисунком, то есть шин с поперечным расчленением протектора, совершенно иная природа шумообразования. При свободном качении шины (не нагруженной тяговыми или тормозными усилиями) элементы протектора в зоне контакта с дорогой подвергаются сдвигу и окружному сжатию. При выходе из зоны контакта кромки элементов протектора «выщелкиваются», что приводит к возникновению шума. Наличие тяговых или тормозных усилий значительно увеличивает шумообразование.

Для шин всех типов с ростом скорости автомобиля происходит интенсивное возрастание шума от шин.

2.10.3 Пути совершенствования автомобильных шин

Развитие конструкции шин непосредственно связано с усовершенствованием конструкции автомобилей, улучшением их эксплуатационных свойств и осуществляется в направлении наиболее полного соответствия характеристик шин характеристикам и условиям работы автомобилей.

В связи со значительным повышением скоростей движения легковых автомобилей остро встал вопрос о безопасности движения. Важным шагом на этом пути явилось создание бескамерных шин.

Первые образцы таких шин были созданы в США в 1942 году для армейских автомобилей. На гражданских автомобилях бескамерные шины начали внедрять с 1947–1948 гг. В настоящее время их устанавливают на легковые и грузовые автомобили, автобусы и самолеты. Во всём мире около 98 % шин легковых автомобилей выпускают в бескамерном исполнении.

В отличие от обычной бескамерная шина имеет воздухонепроницаемый слой, специальную форму и конструкцию бортов, обеспечивающих плотную посадку шины на обод колеса. Герметизирующий слой, толщиной 2–3 мм, привулканизирован вместо камеры к внутренней поверхности шины. Вентиль крепится к ободу колеса.

Бескамерные шины получили широкое распространение, потому что обладают, по сравнению с обычными, значительными преимуществами: повышают безопасность движения, так как при проколе резко не теряют давление; имеют меньшую массу; меньшее сопротивление качению; обеспечивают постоянство давления в течение продолжительного периода времени; упрощают монтаж и текущий ремонт; не накапливают статическое электричество между камерой и покрышкой; имеют меньшую среднюю температуру благодаря улучшенному теплообмену через обод колеса, что позволяет их использовать на больших скоростях движения, при этом срок службы увеличивается на 20 %.

Бескамерные шины являются более совершенными, чем камерные, но для их изготовления требуются высококачественные материалы, совершенная технология, высокая культура производства. Эффективное использование бескамерных шин требует также более высокой культуры их эксплуатации.

К недостаткам бескамерных шин относятся более высокие требования к ободьям для обеспечения герметичности и сложность монтажа шины на обод в полевых условиях.

Стремление повысить безопасность движения привело к созданию низкопрофильных шин. Отношение высоты профиля к его ширине постоянно уменьшается и современных шин достигает 40 %. Такое изменение пропорции позволяет увеличить значение коэффициента сопротивления уводу, а следовательно, уменьшить углы увода шин при воздействии боковых сил, что улучшает управляемость автомобиля.

Большим шагом в развитии конструкции автомобильных шин было создание автомобильных шин с радиальным расположением нитей корда в каркасе, так называемых радиальных шин.

Основными преимуществами шин этого типа является больший в 1,5 раза срок службы, меньшее на 10–15 % сопротивление качению, меньшая на 8–10 % масса, меньшие углы увода, лучшая стабильность движения по кривой, более высокое сцепление с мокрой и скользкой дорогой.

К недостаткам радиальных шин относятся более высокая шумность на малых скоростях движения, большая чувствительность к неровностям дороги и легкоповреждаемая боковина.

Важным этапом совершенствования автомобильных шин явилось применение корда со стальными нитями, так называемого металлокорда. Шины с металлокордом выпускают в основном двух типов: с металлокордом в брекере и нейлоновым кордом в каркасе (обозначается на шине «STEEL»); с металлокордом в брекере и в каркасе (обозначается на шине «ALL STEEL»).

Металлокорд, обладая высокой теплопроводностью и теплостойкостью, способствует уменьшению температуры в наиболее напряженных зонах и более равномерному ее распределению в теле шины. Указанные свойства улучшают условия работы резины в шине, обеспечивают сохранность ее физико-механических качеств. Ввиду малого относительного удлинения стального корда под нагрузкой каркас шины практически не разнашивается, а резина протектора не испытывает большого растяжения. Это повышает сопротивление резины истиранию и разрастанию повреждений. Срок службы шин с металлокордом больше, чем у обычных шин.

При длительной эксплуатации автомобиля на обледенелых и укатанных снежных дорогах для повышения тягово-тормозных свойств и соответственно безопасности движения применяют шины с шипами противоскольжения, особенно получивших широкое распространение в странах Скандинавии. Такие шины позволяют иметь на 40–50 % меньший тормозной путь, значительно повышают безопасность криволинейного движения, сопротивляемость заносу, а также существенно улучшают тяговую динамику автомобиля.

Однако не все шины приспособлены для монтажа шипов. Для этого нужно, чтобы блоки рисунка протектора имели достаточный для удержания шипов массив резины. Наиболее эффективно оснащать шипами шины с зимним рисунком протектора.

Конструктивно типовой шип состоит из корпуса 1 и износостойкой вставки 2 (рисунок 2.104).

Корпус служит для удержания шипа в резине протектора шины и может иметь различную форму, например, одно-, двух- и трехфланцевую. Его изготавливают из материалов, обладающих низким искрообразованием (сплав стали и свинца, алюминий, пластик). Вставка обычно изготавливается из твердого сплава. Она закрепляется в корпусе запрессовкой или пайкой.

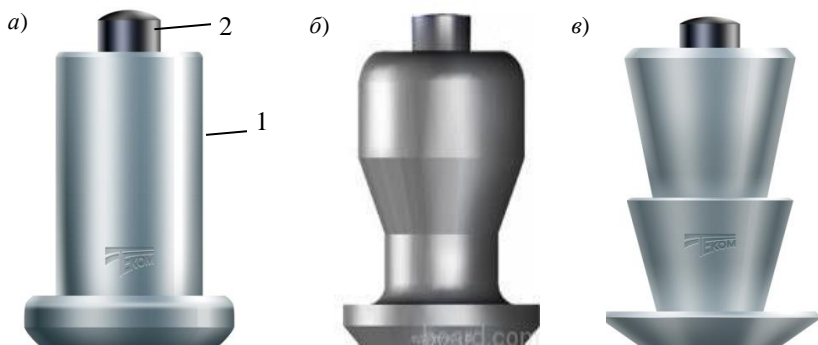


Рисунок 2.104 – Шипы противоскольжения:
 а – однофланцевый; б – двухфланцевый; в – трехфланцевый

Для шин легковых автомобилей применяют шипы диаметром 8–9 мм. По мере увеличения массы автомобиля диаметр шипа увеличивается и достигает 15 мм у шин тяжелых грузовых автомобилей.

Количество шипов в шине зависит от массы автомобиля, мощности двигателя и условий эксплуатации. В зоне контакта шины с дорогой рекомендуется иметь от 8 до 12 шипов.

Между корпусом шипа и каркасом должен быть запас резины толщиной 1–3 мм, предохраняющий каркас от повреждения. Из условия эффективной работы шипа выбирается оптимальная величина его выступа над поверхностью протектора. Для шин легковых автомобилей она не должна превышать 1–1,5 мм, а для шин грузовых автомобилей, имеющих меньшую скорость движения, – 3–5 мм. При меньшем выступе падает эффективность шипа вследствие его утапливания в резину протектора, а при большем на него действует сильный выворачивающий момент, приводящий к неправильному истиранию, образованию полости возле шипа и последующему его выпадению.

Шины с шипами должны устанавливаться на все колеса автомобиля, потому что частичное оборудование автомобиля шинами с шипами снижает безопасность движения. Однако при движении по дорогам с сухим и твердым покрытием автомобиль, оборудованный шинами с металлическими шипами, имеет больший тормозной путь, меньшую сопротивляемость боковому уводу, повышенное сопротивление качению, быстрое возникновение дисбаланса, повышенную шумность. Кроме того, такие шины повреждают дорогу. Стремление повысить безопасность движения при резкой потере давления воздуха в шине (проколе, порезе, разрыве корда) привело к появлению новых конструктивных решений шин.

При внезапной потере давления в обычной шине борта шины сходят с полок обода, он начинает касаться поверхности дороги, нарушается управляемость и устойчивость автомобиля. Под действием массы автомобиля шина полностью уничтожается за несколько километров.

Фирмой "Dunlop" разработана конструкция безопасного автомобильного колеса. Шина монтируется на разборном плоском ободе, снабженном капсулами со специальной жидкостью, которая выдавливается внутрь шины по мере потери давления и увеличения ее деформации. Эта жидкость предназначена для смазки и снижения трения между соприкасающимися внутренними поверхностями шины, с целью уменьшения их износа. Кроме того, она используется как уплотнительная масса для герметизации места прокола, также за счет ее легкой испаряемости создается давление внутри шины до 0,3 МПа, что дополнительно улучшает ездовые качества проколотой шины. Многочисленные испытания показали, что после прокола такой шины автомобиль может продолжать двигаться со скоростью до 80 км/ч на расстояние до 160 км.

Многие производители автомобильных шин используют технологию RunFlat. RunFlat в переводе с английского означает «езда на спущенной шине» (run – езда, flat – прокол), то есть шина RunFlat представляет собой колесо, устойчивое к проколам и повреждениям. При этом разные фирмы используют различные обозначения технологии RunFlat (например: Goodyear – RunOnFlat, Bridgestone – RFT, Michelin – ZP, Continental – SSR, Pirelli – RunFlat, Dunlop – RunOnFlat, Nokian – FlatRun, Yokohama – ZPS).

Суть этой технологии заключается в использовании специальных усиленных боковин, малосминаемых под нагрузкой при потере давления. При проколе обычной шины борта шины под весом автомобиля отходят от диска, она сплющивается, возникает трение между внутренними поверхностями шины и дальнейшая езда в таких условиях становится невозможной (рисунок 2.105, *а*). В случае прокола при использовании шины RunFlat (рисунок 2.105, *б*), усиленные боковины удерживают шину на диске, успешно держат вес автомобиля после прокола и полной потери давления и позволяют автомобилю двигаться, но со скоростью не выше 80 км/ч и на расстояние до 250 км.

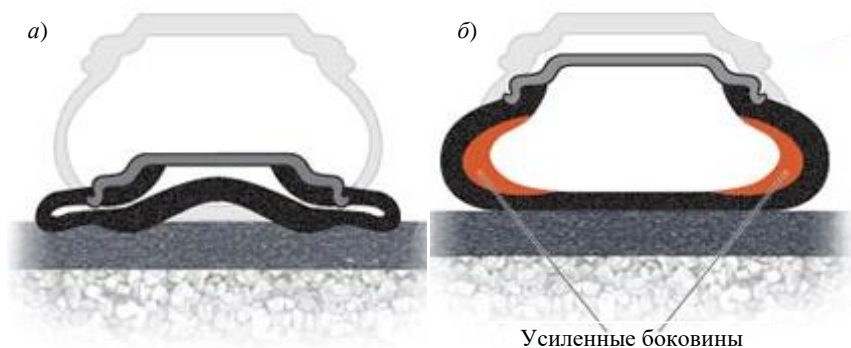


Рисунок 2.105 – Деформация шины после прокола:
а – обычная шина; *б* – шина RunFlat

При этом все динамические системы безопасности автомобиля, такие как ABS, ESP, DSC, СВС и другие, остаются активными.

Основным очевидным преимуществом шин RunFlat, безусловно, является безопасность – при проколе на большой скорости колесо не разорвется и автомобиль не потеряет связи с дорогой. Кроме того, экономится место в багажнике, так как большинство автомобилей, для которых заводом-изготовителем рекомендованы покрышки RunFlat, не оборудуются запасным колесом.

К недостаткам шин, изготовленных по технологии RunFlat, относятся следующие:

- высокая стоимость – шины с усиленной боковиной стоят на 15–25 % дороже обычных;

- при использовании шин RunFlat на автомобиле должна быть установлена система контроля давления в шинах, так называемые датчики давления, иначе водитель может вовремя не заметить прокола, что может быть очень небезопасно;

- шины RunFlat более жесткие в сравнении с обычными, а это означает увеличенную нагрузку на подвеску автомобиля и небольшое снижение уровня комфорта езды.

Другой разновидностью шин RunFlat являются шины с поддерживающим кольцом. У этой модели шин имеется кольцо поддержки, которое крепится к наружной окружности обода (рисунок 2.106).

При потере давления в шине автомобиль опирается на поддерживающее кольцо. Данные шины отличаются сложностью монтажа-демонтажа, требующего специального оборудования.

Самыми доступными для потребителей являются так называемые «самолечащиеся» шины RunFlat. У таких шин нет усиленных боковин и опорных колец, они обладают той же структурой и жесткостью, что и обычные шины (рисунок 2.107).

Данная технология подразумевает содержание внутри колеса дополнительного слоя из герметизирующего материала (полиамида), который обеспечивает герметизацию небольшого отверстия (до 5 мм) при его возникновении.



Рисунок 2.106 – Шина RunFlat с поддерживающим кольцом



Герметик в полости шины

Рисунок 2.107 – Шина RunFlat с внутренним герметизирующим слоем

2.11 Основные системы активной безопасности

2.11.1 Антиблокировочная система тормозов

Наиболее эффективным с точки зрения улучшения тормозных свойств и повышения безопасности движения является применение антиблокировочных систем (АБС, англ. ABS), автоматически предотвращающих блокировку колес при торможении.

Типичная АБС включает в себя датчики скорости вращения колес, управляющие клапаны в гидравлической тормозной магистрали и электронный блок, который получает информацию от датчиков и управляет работой клапанов. Если датчик, установленный на ступице колеса, сигнализирует о его резком замедлении или полной остановке, блок управления дает команду на кратковременное открытие клапана, чтобы уменьшить давление в рабочем тормозном цилиндре этого колеса и заставить его вращаться. Процесс опроса блоком управления датчиков на колесах и разблокировки колес может осуществляться несколько раз в секунду. Именно поэтому при срабатывании АБС педаль «вибрирует». АБС может иметь разное число датчиков и управляющих клапанов. В зависимости от их числа выделяют так называемые «четырёхканальные», «трехканальные», «двухканальные» и «одноканальные» АБС. Число «каналов» определяется числом управляющих клапанов, которые могут управлять давлением в тормозной магистрали: если их четыре (по одному индивидуальному для каждого из колес), то система четырёхканальная, если три (по одному на каждое из передних колес и один общий на заднюю ось) – трехканальная, если клапанов два (по одному на ось) – двухканальная, а если клапан один – одноканальная. Все современные АБС являются четырёхканальными.

На автомобиле без АБС при экстренном торможении управляемые колеса будут заблокированы, а это значит, что поворот рулевого колеса в любую сторону не будет оказывать никакого влияния на траекторию движения автомобиля: он будет продолжать двигаться прямо до тех пор, пока не будет вос-

становлено сцепление передних управляемых колес с поверхностью дороги. АБС же решает эту проблему – непрерывно контролируя вращение колес, и не давая им заблокироваться, обеспечивает их вращение и таким образом сохраняет необходимое сцепление с дорожным покрытием, позволяя одновременно и тормозить, и выполнять маневр.

Поэтому основным назначением АБС, входящих в штатную комплектацию большинства современных автомобилей, является регулирование тормозного момента, при котором степень проскальзывания колеса была бы близка к $\lambda_{гр}$, а коэффициент сцепления ϕ_x – к максимально возможному значению. Это обеспечивает улучшение тормозных свойств на скользких покрытиях, снижает требования к уровню водительского мастерства и, самое главное, сохраняет управляемость автомобиля даже при экстренном торможении.

АБС устанавливается на тормозную систему и вносит свои коррективы в ее работу. По самому названию можно понять, что в ее задачу входит предотвращение блокировки колес во время торможения.

Особенность колес авто заключается в том, что сила трения качения у них выше, чем трения скольжения. То есть колесо, которое катится, лучше сцепляется с поверхностью дороги, чем скользящее по полотну, что происходит в случае его полной блокировки. В результате ее тормозной путь машины увеличивается.

Также скольжение колеса далеко не всегда происходит в прямолинейном направлении, поскольку боковые силы могут преобладать над продольными, из-за чего траектория перемещения такого колеса меняется. Итогом этого является непредсказуемое и неконтролируемое движение машины.

Но если создать на тормозном механизме усилие, которое максимально будет замедлять скорость вращения, не блокируя его (удерживает на грани), то тормозной путь сократится и авто не потеряет управляемости. На рисунке 2.108 приведены схемы торможения [37].

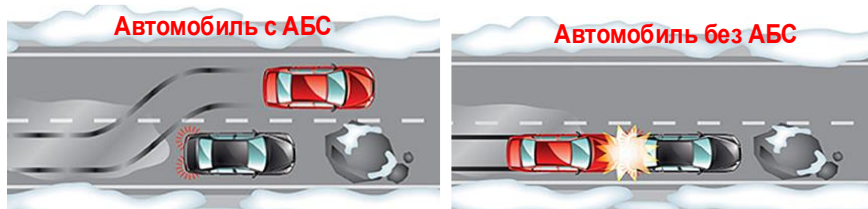


Рисунок 2.108 – Схемы торможения

Устройство антиблокировочной системы состоит из трех основных составных элементов: 1 – колесные датчики скорости; 2 – блок (модуль) управления; 3 – исполнительное устройство.

Как отмечено выше, эта система нередко задействуется в качестве базы для других. При этом составные части ряда иных систем являются лишь дополнением к АБС (рисунок 2.109).

- 1 Модуль ABS (исполнительное устройство со встроенным блоком управления)
- 2 Датчики скорости вращения колес

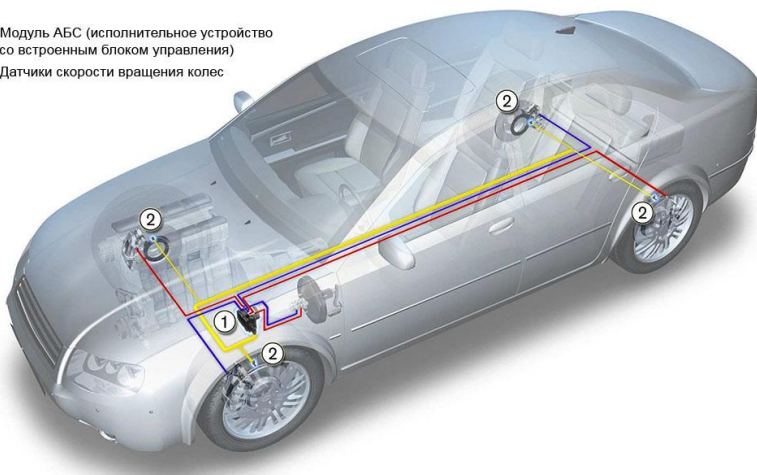


Рисунок 2.109 – Элементы ABS автомобиля

Датчики скорости – очень важные составляющие, поскольку на их показаниях основывается работа системы ABS (рисунок 2.110). По импульсам, которые они подают, модуль управления высчитывает скорость вращения каждого из колес, и на основе расчетов производится управление исполнительным механизмом.

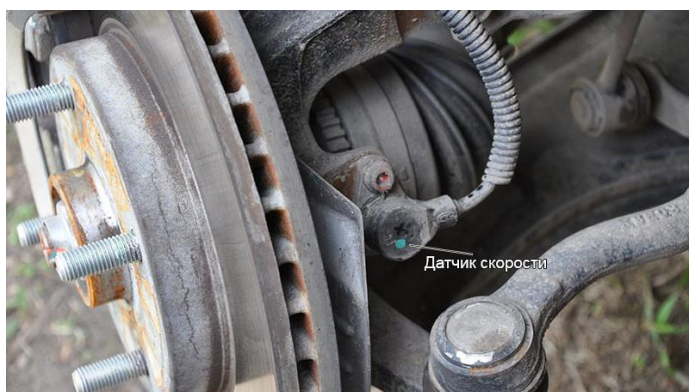


Рисунок 2.110 – Расположение датчика скорости на ступице колеса

В конструкции ABS используется два типа датчиков. Первые получили название пассивных датчиков. Это элементы индуктивного типа. Конструкция их включает сам датчик, состоящий из обмотки, сердечника и магнита, а также зубчатого венца, используемого в качестве задающего элемента. Зубчатый венец устанавливается на ступицу, поэтому он вращается вместе с колесом.

Суть функционирования пассивного элемента очень проста – обмотка генерирует магнитное поле, через которое проходит зубчатый венец. Имеющиеся зубья при проходе через поле оказывают на него влияние, что обеспечивает возбуждение напряжения в датчике. Чередование зубьев со впадинами обеспечивает создание импульсов напряжения, которые и позволяют высчитать скорость вращения колеса.

Негативным качеством пассивных датчиков является недостаточная точность измерения при движении на незначительных скоростях, что может стать причиной некорректной работы системы АБС.

Сейчас из-за имеющегося недостатка пассивные датчики в антиблокировочной системе не используются и их заменили так называемыми активными элементами.

Как и в первом варианте, активные датчики состоят из двух основных составляющих: самого датчика и задающего элемента. Но в активных элементах датчики построены либо на магниторезистивном эффекте, либо на эффекте Холла. Оба варианта для работы требуют подачи питания (пассивные элементы сами вырабатывали его).

Что касается задающего элемента, то здесь в конструкции (рисунок 2.111) используется кольцо с намагниченными секторами (мультиполюсное).

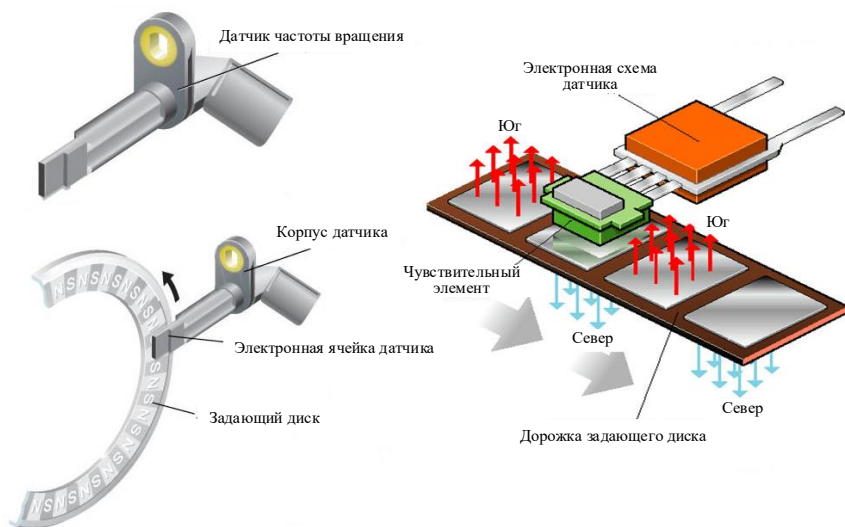


Рисунок 2.111 – Устройство и принцип работы активного датчика скорости

Суть работы активных элементов различная. В магниторезистивном варианте постоянно меняющееся поле (от задающего кольца) приводит к изменениям показаний сопротивления в датчике. В элементе Холла это поле

меняет само напряжение. В обоих случаях создается импульс, по которому можно рассчитать скорость вращения.

Элементы активного типа получили широкое распространение благодаря высокой точности замеров на любых скоростях.

Модуль управления системы АБС, как и иные ЭБУ, задействованный в системах авто, нужен для получения и обработки импульсов, передающихся от колесных датчиков. В него занесены табличные данные, на основе которых он управляет исполнительным механизмом. То есть после поступления сигнала с каждого датчика, он сравнивает его с информацией, занесенной в таблице, и по полученным результатам определит, что должен сделать.

В авто с рядом систем, построенных на основе АБС (ABS), блок управления (рисунок 2.112) имеет дополнительные модули, отвечающие за работу своих систем.



Рисунок 2.112 – Блок АБС

Исполнительный механизм (его еще называют гидроблоком или модулем АБС) – самый сложный по конструкции и состоит из ряда элементов:

- электромагнитные клапаны (впускной, выпускной);
- аккумуляторы давления;
- помпа обратной подачи;
- амортизационная камера.

В классической схеме к рабочему механизму тормозов идет только одна магистраль, по которой подается жидкость от главного цилиндра. В АБС

(рисунок 2.113) же в нее врезана магистраль обратной подачи, но она проходит только внутри модуля.

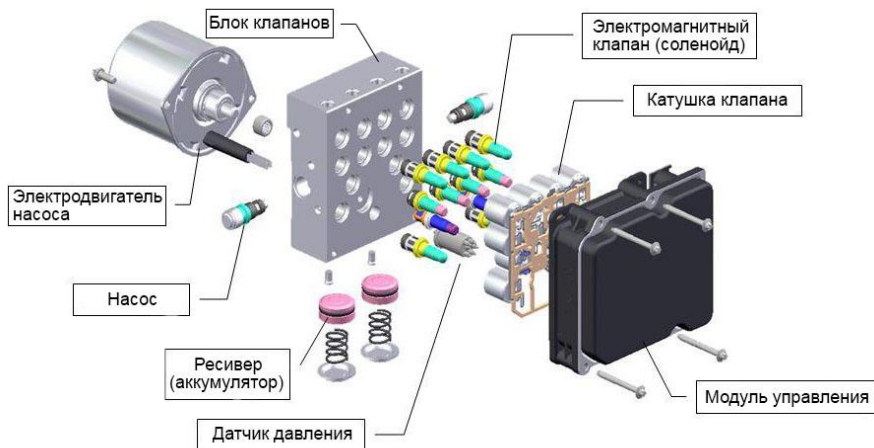


Рисунок 2.113 – Устройство блока АБС

Впускной клапан – единственный элемент, установленный на магистрали основной подачи. В его задачу входит перекрытие подачи жидкости при определенных условиях, по умолчанию он открыт.

Врезка магистрали обратной подачи осуществляется за впускным клапаном. На входе в нее установлен выпускной клапан, который в обычном положении закрыт.

Далее за клапаном в обратной магистрали располагается аккумулятор давления, в задачу которого входит сбор жидкости при сбрасывании давления в системе. Если объема аккумулятора не хватает, чтобы принять всю жидкость, в работу включается насос, который перекачивает излишки в основную магистраль. Но процесс перекачки сопровождается пульсацией, и чтобы погасить колебания жидкости, она сначала попадает в амортизационные камеры и только после этого – в магистраль.

К достоинствам этой антиблокировочной системы относятся:

- сохранение траектории движения во время торможения при входе в поворот;
- маневрирование при торможении;
- удобство для начинающих водителей.

Но АБС не идеальна. При определенных условиях эта система может некорректно функционировать и допускать ошибки. А это сказывается на эффективности торможения и может несколько дезориентировать водителя.

Таковыми условиями являются: дорога с проблемным покрытием; песок; лед; покрытие с ухабами, «гребенка».

В общем, АБС отлично работает только на ровной дороге с хорошим сцеплением колес с полотном. В иных случаях система АБС может допустить ошибки.

К примеру, на проблемной трассе с часто чередующимся покрытием (асфальт меняется со щебенкой или иным насыпным материалом) система не сможет подобрать оптимальное усилие на механизмах, из-за чего тормозной путь увеличивается.

К особенностям антиблокировочной системы можно отнести также некоторое опоздание включения в работу при движении на высоких скоростях (свыше 130 км/ч). Просто блоку управления при таких условиях нужно некоторое время, чтобы произвести расчеты и задействовать гидроблок.

На малых же скоростях (10–15 км/ч) система и вовсе отключается. Если это остановка на ровном покрытии, то отключение АБС никак не сказывается, а вот при торможении на спуске деактивация системы может оказать негативное влияние.

Отметим, что отключение АБС – условное понятие, поскольку система работает постоянно и выключить ее невозможно. Здесь деактивацию следует понимать как переход в «режим ожидания». То есть система снова активизируется и начнет выполнять свою функцию при последующем нажатии на педаль тормоза. Единственное условие, когда она не включится – это торможение при движении на малых скоростях.

2.11.2 Антипробуксовочная система

АПС – это набор полезных функций активной безопасности машины, призванный обеспечивать оптимальное сцепление колес с дорожным покрытием [38]. Она упрощает управление автомобилем при трогании с места, разгоне, торможении и вхождении в повороты. Кроме того, АПС существенно помогает водителю справиться с управлением в условиях скользкой дороги. Первая антипробуксовочная система была придумана американскими инженерами и применена в 1971 году на автомобилях марки «Бьюик». В 1987 году компания «Бош» разработала АПС для автомобилей «Мерседес-Бенц». Но это были всего лишь механические прообразы современных средств безопасности. А уже в 1990-х годах появилась антипробуксовочная система ASR (Anti-Slip Regulation). Это была уже полноценная АПС, состоящая из комплекса гидравлических механизмов, управляемых электроникой.

Факторы, необходимые для успешной работы антипробуксовочной системы:

- наличие на автомобиле таких устройств, как ABS и ESP;
- наличие так называемой «электронной педали газа», т. е. отсутствие непосредственной связи между педалью управления газом с дроссельной заслонкой.

По сути дела, это ABS наоборот, если она снимает торможение с колеса для обеспечения его сцепления с дорогой, то противобуксовочная система притормаживает слишком «шустрое» колесо с той же целью. Да и в работе они используют показания одних и тех же датчиков. Антипробуксовочная система называется у разных производителей по-разному: ASR, TRC, TCS (система контроля тяги).

В зависимости от производителя антипробуксовочная система имеет следующие торговые названия: **ASR** (Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation) на автомобилях Mercedes, Volkswagen, Audi и др.; **ASC** (Anti-Slip Control) на автомобилях BMW; **A-TRAC** (Active Traction Control) на автомобилях Toyota; **DSA** (Dynamic Safety) на автомобилях Opel; **DTC** (Dynamic Traction Control) на автомобилях BMW; **ETC** (Electronic Traction Control) на автомобилях Range Rover; **ETS** (Electronic Traction System) на автомобилях Mercedes; **STC** (System Traction Control) на автомобилях Volvo; **TCS** (Traction Control System) на автомобилях Honda; **TRC** (Traking Control) на автомобилях Toyota.

Несмотря на многообразие названий, конструкция и принцип работы данных противобуксовочных систем во многом похожи, поэтому рассмотрены на примере одной из самых распространенных систем – системы ASR. Антипробуксовочная система построена на конструктивной основе антиблокировочной системы тормозов. В системе ASR реализованы две функции: электронная блокировка дифференциала и управление крутящим моментом двигателя. Для реализации противобуксовочных функций в системе используется насос обратной подачи и дополнительные электромагнитные клапаны (переключающий и клапан высокого давления) на каждое из ведущих колес в гидравлическом блоке ABS. Управление системой ASR осуществляется за счет соответствующего программного обеспечения, включенного в блок управления ABS. В своей работе блок управления ABS/ASR взаимодействует с блоком управления системы управления двигателем. Датчики, используемые всеми этими системами (ABS, ESP, TRS, ASR), одни и те же. В самом простом виде антипробуксовочная система, например ASR, получает сигналы от датчиков, по которым определяет:

- 1) скорость колес (угловую);
- 2) положение колес (движение происходит прямо или выполняется поворот);
- 3) степень пробуксовки колес, основываясь на рассчитанной разности их угловых скоростей.

На основании полученных данных, в зависимости от скорости движения, противобуксовочная система может:

- через систему электромагнитных клапанов изменить давление в системе торможения, снизив скорость вращения колеса;
- выдать в контроллер управления двигателем сигнал на снижение крутящего момента;

- изменить величину крутящего момента, поступающего на буксующее колесо через частичную блокировку дифференциала;
- предпринять несколько отмеченных действий одновременно.

Какими возможностями обладает та или иная противобуксовочная система (TRC, TCS, ASR и другие, аналогичные по назначению), определяется прежде всего, конструкцией автомобиля, а также программным обеспечением. ASR помогает предотвратить потерю тяги в колесах транспортного средства с помощью электрогидравлической системы, которая контролирует двигатель и тормоза в неблагоприятных дорожных условиях или если водитель использует чрезмерное ускорение и колеса начинают скользить на асфальте. Система ASR помогает водителю не делать ошибок в неблагоприятных дорожных условиях и сохранить контроль над автомобилем (рисунок 2.114).

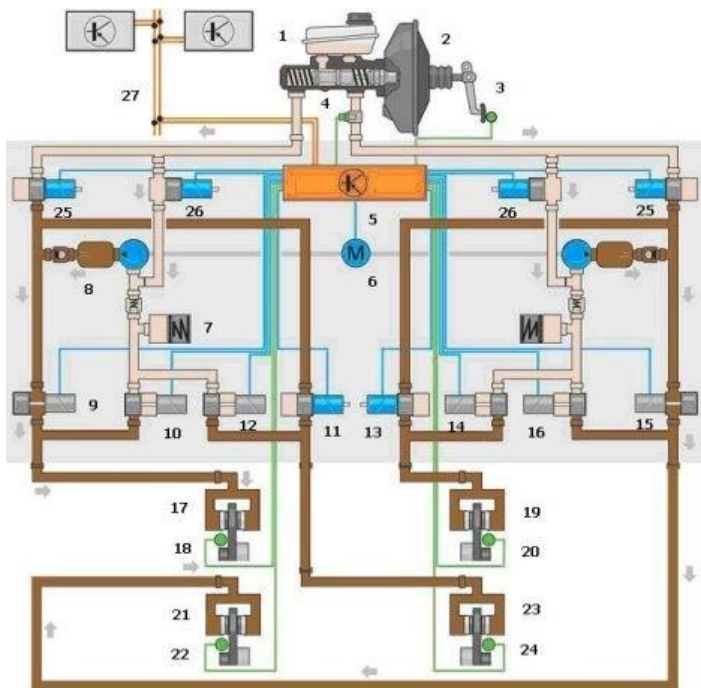


Рисунок 2.114 – Схема антипробуксовочной системы ASR

Схема антипробуксовочной системы ASR (см. рисунок 2.114):
 1 – компенсационный бачок; 2 – вакуумный усилитель тормозов – датчик положения педали тормоза; 4 – датчик давления в тормозной системе; 5 – блок управления; 6 – насос обратной подачи; 7 – аккумулятор давления; 8 – демпфирующая камера; 9 – впускной клапан переднего левого тормозного механизма; 10 – выпускной клапан привода переднего левого тормозного

механизма; 11 – впускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 12 – выпускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 13 – впускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 14 – выпускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 15 – впускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 16 – выпускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 17 – передний левый тормозной цилиндр; 18 – датчик частоты вращения переднего левого колеса; 19 – передний правый тормозной цилиндр; 20 – датчик частоты вращения переднего правого колеса; 21 – задний левый тормозной цилиндр; 22 – датчик частоты вращения заднего левого колеса; 23 – задний правый тормозной цилиндр; 24 – датчик частоты вращения заднего правого колеса; 25 – переключающий клапан; 26 – клапан высокого давления; 27 – шина обмена данными.

На рисунке 2.115 представлен принцип работы ASR при трогании и разгоне [39].



Рисунок 2.115 – Принцип работы антипробуксовочной системы

Блок управления двигателем контролирует вращение колес, и после включения зажигания транспортное средство начинает двигаться. Мониторы компьютера сравнивают ускорение и скорость вращения ведущих колес с несилевыми колесами. Компьютер активизирует ASR, когда вращение колес превышает порог скольжения. Система ASR активирует дифференциал тормозного клапана для контроля тормозного цилиндра, и крутящий момент двигателя применяется к заторможенному колесу.

Противобуксовочная технология переходит от дифференциального управления тормозом к управлению двигателем, чтобы уменьшить мощность двигателя. Система ASR предупреждает пробуксовку колес во всём диапазоне скоростей автомобиля:

- при низких скоростях движения (0–80 км/ч). система обеспечивает передачу крутящего момента за счет подтормаживания ведущих колес;
- при скорости выше 80 км/ч усилия регулируются за счет уменьшения передаваемого от двигателя крутящего момента.

2.11.3 Система распределения тормозных усилий

Система распределения тормозных усилий представляет собой программное расширение антиблокировочной системы тормозов, т. е. использует конструктивные элементы системы ABS [40].

Общепринятыми торговыми названиями системы являются: EBD – Electronic Brake Force Distribution; EBV – Elektronische Bremskraftverteilung.

EBD начала появляться на автомобилях в конце 1980-х – начале 1990-х годов. Именно тогда инженеры ведущих автомобильных компаний заметили, что антиблокировочная система торможения не может обеспечить стопроцентного эффекта разблокировки колес. Особенно это стало заметным, когда при торможении передние колеса получали большую загрузку, чем задние. При этом система ABS успешно разблокировала передние колеса, а вот задние оставались заблокированными, из-за чего автомобиль разворачивало. Проведя исследования, специалисты выяснили, что тормозное усилие, которое развивается в подобной ситуации, распределяется между всеми колесами одинаково. Но колеса при этом пребывают в разных условиях – их сцепление с дорожным покрытием различно, следовательно, и ведут они себя по-разному: например, передние разблокированы и позволяют водителю управлять авто, а задние заблокированы, из-за чего машину заносит. Чтобы решить эту проблему, была разработана система распределения тормозных усилий. Схема движения автомобиля при торможении приведена на рисунке 2.116 [41].

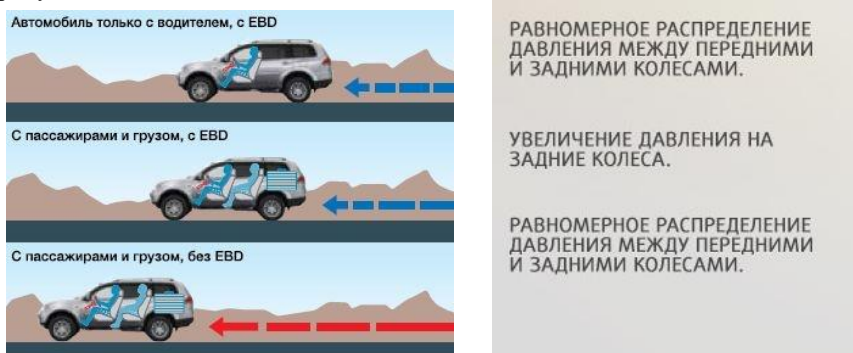


Рисунок 2.116 – Схема движения при торможении

EBD состоит из трех основных компонентов: датчиков скорости вращения колес (используются те же датчики, от которых получает информацию ABS), электронного блока управления (опять-таки, общего с ABS), и клапанов в тормозной магистрали – обратных и редуцированных. Когда автомобиль экстренно тормозит и срабатывает ABS, автоматически приводится в действие и система распределения тормозных усилий. Ее блок управления при-

нимает информацию с датчиков о том, с какой скоростью вращаются колеса. На основании этих данных, система делает вывод, какие колеса имеют лучшее сцепление с дорогой, а какие – худшее. Затем происходит сам процесс распределения тормозных усилий: блок управления дает команду клапанам, которые, регулируя давление в тормозной системе, распределяют усилие торможения – передние колеса получают его меньше, задние – больше. Таким образом, усилие на всех колесах выравнивается.

Одновременно система ABS, получив сигнал, что тормозное усилие распределено равномерно, разблокирует колеса, а это позволяет водителю обрести контроль над управляемостью и избежать столкновения с препятствием.

Основное отличие EBD от ABS в том, что эта система работает постоянно, контролируя распределение тормозных усилий вне зависимости от дорожных условий и деятельности водителя, а не только в экстремальной обстановке, как та же ABS. Тем не менее сегодня зачастую автомобили, оснащенные антиблокировочной системой торможения, обладают и системой распределения тормозных усилий – настолько эти механизмы объединены и дополняют друг друга.

У этой системы эксплуатационных недостатков не выявлено. А вот достоинств у EBD много. Ведь распределяя тормозное усилие между колесами, система помогает водителю сберечь траекторию управления автомобилем, снижает риск уйти в снос или занос. На рисунке 2.117 представлена схема распределения тормозных усилий при торможении [42].

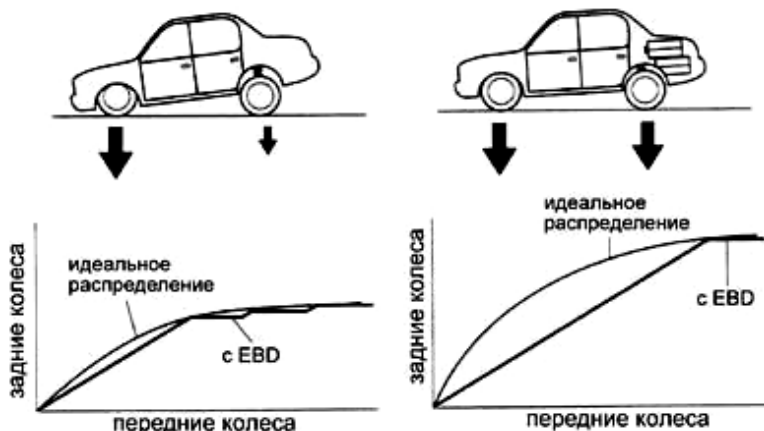


Рисунок 2.117 – Схема распределения тормозных усилий при торможении

Она одинаково эффективна как при прямолинейном торможении, так и при торможении в крутом повороте. В последнем случае система распределяет тормозное усилие не между передними и задними колесами, а между колесами, идущими по внешнему и внутреннему радиусам поворота.

2.11.4 Основная система курсовой устойчивости при движении

Второе название данной системы курсовой устойчивости (СКУ) – система динамической стабилизации, третье – электронный контроль устойчивости (ЭКУ), на английском звучит как Electronic Stability Control (ESC) [43].

Необходимо отметить, что данная технология предназначена для осуществления сохранения устойчивости во время движения автомобиля и управляемости машины благодаря благовременному определению, а также устранению критической ситуации. Начиная с 2011 года в США, Канаде и странах Евросоюза является обязательным условием оснащение новых легковых автомобилей системой курсовой устойчивости.

Курсовая устойчивость в зависимости от производителя имеет следующие названия:

- VDC (Vehicle Dynamic Control) – Subaru, Infiniti, Nissan;
- VSC (Vehicle Stability Control) – Toyota;
- VSA (Vehicle Stability Assist) – Honda, Acura;
- DTSC (Dynamic Stability Traction Control) – Volvo;
- DSC (Dynamic Stability Control) – Rover, BMW, Jaguar;
- ESC (Electronic Stability Control) – Hyundai, Honda, Kia;
- ESP (Electronic Stability Program) – у большинства автомобилей Америки, а также Европы.

Система курсовой устойчивости является системой активной безопасности более высокого уровня и включает антиблокировочную систему тормозов (ABS), систему распределения тормозных усилий (EBD), антипробуксовочную систему (ASR) [44].

Её принцип действия и устройство действия можем рассмотреть на примере одной из самых распространенных систем ESP, выпускаемой с 1995 г. Конструктивные узлы ESP (рисунок 2.118) включают основные узлы ABS.

Принципиальное отличие ESP от ABS в том, что ESP непрерывно следит за соответствием ускорений автомобиля желаниям водителя, выраженным в повороте рулевого колеса, в то время как ABS включается только при торможении.

Алгоритм работы системы зависит от режима движения ТС. Система курсовой устойчивости должна распознать начало заноса ТС и предотвратить его. Она определяет желаемое направление по углу поворота рулевого колеса, а датчики на всех колесах измеряют скорость их вращения. На основании этих данных БУ вычисляет фактическую траекторию движения, которая более 25 раз в секунду сравнивается с желаемым направлением. Управление автомобилем с системой ESP учитывает три степени свободы автомобиля на плоскости дороги (продольная и поперечная направляющие движения и поворот относительно вертикальной оси ТС). Если блок управления ESP вычисляет, что ускорение при разгоне автомобиля достигло критических значений и возникли условия для потери устойчивости ТС (зано-

са) и бокового скольжения колес передней и/или задней осей), система включает подтормаживание пробуксовывающих колес.

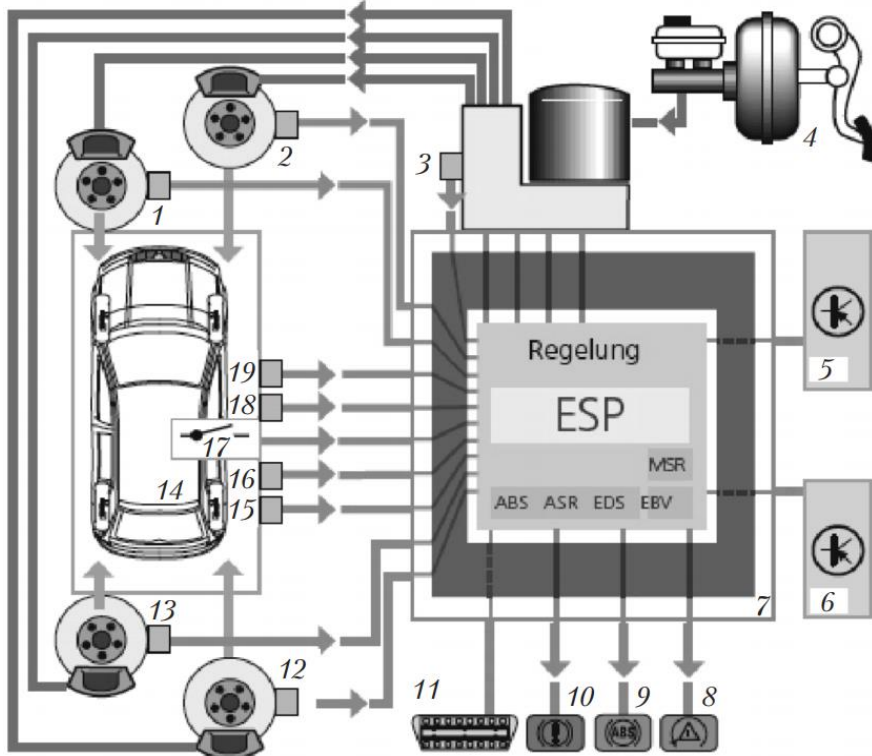


Рисунок 2.118 – Общая компоновка электронной системы курсовой устойчивости ESP (на примере Skoda Fabia):

1, 2, 12, 13 – датчики частоты вращения колес; 3 – датчик давления в тормозной системе; 4 – активный усилитель тормозной системы; 5 – ЭБУ работой двигателя; 6 – ЭБУ работой коробки передач (только на моделях с автоматической коробкой передач); 7 – гидравлический блок с блоком управления ABS EDL/TCS/ESP; 8 – контрольная лампа TCS/ESP; 9 – контрольная лампа ABS; 10 – контрольная лампа двухконтурной тормозной системы и стояночного тормоза; 11 – диагностический разъем; 14 – система динамики автомобиля и поведения водителя; 15 – выключатель стоп-сигнала; 16 – датчик угла поворота рулевого колеса; 17 – кнопочный выключатель систем TCS/ESP; 18 – датчик рысканья; 19 – датчик бокового ускорения

Входные датчики фиксируют конкретные параметры автомобиля и преобразуют их в электрические сигналы. С помощью датчиков система динамической стабилизации оценивает действия водителя и параметры движения автомобиля. Блок управления системы ESP принимает сигналы от датчиков и формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства подконтрольных систем активной безопасности. При необходи-

мости блок использует информацию из блока управления системы управления двигателем и блока управления автоматической коробкой переключения передач (АКПП).

Одновременно датчики угловой скорости измеряют перемещение ТС вокруг вертикальной оси и его боковое ускорение. Если значения расходятся, система без какого-либо вмешательства со стороны водителя немедленно реагирует на ситуацию, снижая мощность двигателя и восстанавливая стабильность автомобиля. Если этого недостаточно, ESP дополнительно подтормаживает каждое колесо. Возникающее вращательное движение колеса противодействует заносу, и автомобиль остается на безопасной траектории движения.

Оцениваются сигналы от датчика угла поворота рулевого колеса 16, датчика давления в тормозной системе 3 и от ЭБУ работой двигателя 5. Помимо скорости движения автомобиля в вычисления также входят необходимые характеристики коэффициентов сцепления между шинами и дорожным покрытием. Эти параметры оцениваются на основе сигналов, получаемых от датчиков частоты вращения колес 1, 2, 12, 13, датчика бокового ускорения 19, датчика рысканья 18 и датчика давления в тормозной системе 3. Датчик бокового ускорения сообщает БУ о боковом сносе автомобиля, в то время как датчик рысканья сигнализирует о склонности к заносу. Затем вычисляется момент относительно вертикальной оси, который необходим для приближенного приведения параметров действительного состояния к параметрам требуемого состояния.

Информация, поступающая от датчиков, анализируется модулем управления для расчета направления движения, задаваемого рулевым управлением, и распознавания поведения автомобиля. Система ESP определяет, какое колесо должно быть ускорено или подторможено и насколько резко необходимо изменить крутящий момент двигателя, а также необходимость активизации блока управления коробкой передач (на моделях с АКПП).

Цикл управления завершается при успешном результате, и система управления переходит к слежению за поведением автомобиля. Если устойчивость движения не восстановлена, то цикл управления повторяется. Активизация цикла управления сопровождается миганием контрольной лампы системы курсовой устойчивости.

Для работы системы динамической стабилизации используется гидравлический блок системы ABS.

Определение наступления аварийной ситуации осуществляется путем сравнения действий водителя и параметров движения автомобиля. В случае если действия водителя (желаемые параметры движения) отличаются от фактических параметров движения автомобиля, включается система ESP.

Притормаживание колес система осуществляет через гидромодулятор ABS, создающий давление в тормозной системе. Принцип алгоритма под-

тормаживания аналогичен описанному. Одновременно (или до этого) на БУ двигателем поступает команда на сокращение подачи топлива и, следовательно, уменьшение крутящего момента на колесах.

Система ESP использует динамическое рулевое управление при избыточной и недостаточной поворачиваемости автомобиля, а также при торможении на дорожных покрытиях с разными коэффициентами трения под правыми и левыми колесами.

ESP выбирает тормозные усилия для каждого колеса отдельно таким образом, чтобы результирующая тормозных сил противодействовала моменту, стремящемуся развернуть автомобиль вокруг вертикальной оси, и удерживала ТС на оптимальной траектории. Если автомобиль плохо входит в поворот и скользит передними колесами наружу (недостаточная поворачиваемость) (рисунки 2.119, *а*), ESP притормаживает внутреннее заднее колесо. Если автомобиль в результате заноса задней части пытается повернуть круче, чем необходимо (избыточная поворачиваемость) (рисунок 2.119, *б*), ESP исправляет ошибку притормаживанием наружного переднего колеса. Чтобы предотвратить занос заднеприводного автомобиля, ESP уменьшает частоту вращения коленчатого вала двигателя. Благодаря этому возникает стабилизирующий момент сил, возвращающий автомобиль на безопасную траекторию движения.

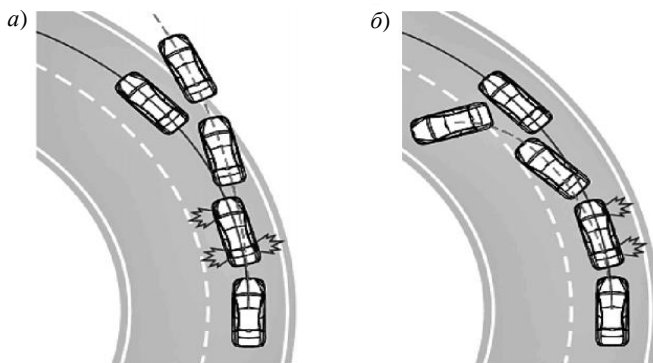


Рисунок 2.119 – Траектория движения на повороте с ESP (сплошная линия) и без ESP (прерывистая линия):

а – недостаточная поворачиваемость; *б* – избыточная поворачиваемость

При угрозе опрокидывания ТС стабилизируется за счет уменьшения поперечного ускорения, которое достигается достаточно сильным притормаживанием передних колес и одновременным снижением крутящего момента двигателя.

При избыточной поворачиваемости система ESP стабилизирует автомобиль с использованием динамического рулевого управления (рисунок 2.119). При этом система динамического рулевого управления поворачивает передние колеса в сторону развивающегося заноса задней оси, устрояя его.

Типичной ситуацией, при которой автомобиль легко оказывается в состоянии избыточной поворачиваемости, является быстрая смена полос движения. При рулении в направлении новой полосы движения задняя часть автомобиля может, особенно при высокой скорости движения, перейти в занос. Водитель в большинстве случаев делает необходимое обратное движение рулевым колесом поздно или вовсе не успевает сделать его. В этом случае система динамического рулевого управления автоматически и незаметно для водителя поворачивает управляемые колеса в сторону заноса (рисунок 2.120).

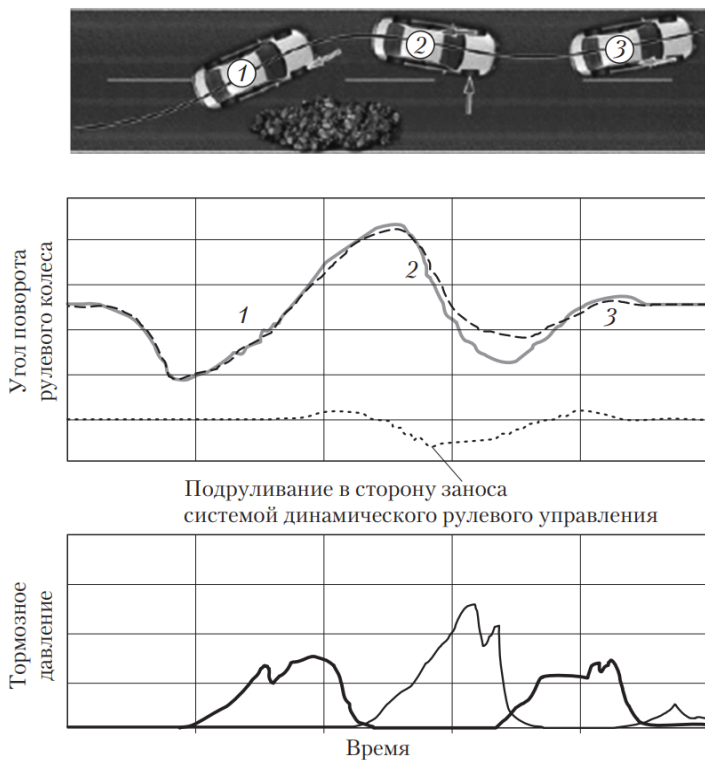


Рисунок 2.120 – Схема поведения автомобиля с динамическим рулевым управлением:
1–3 – фазы реализации стабилизации управления автомобилем

Благодаря этому водителю не требуется поворачивать рулевое колесо для стабилизации автомобиля. Он должен лишь повернуть рулевое колесо на тот же угол, что и в дорожной ситуации при отсутствии заноса.

Блок управления ESP взаимодействует также с системой управления двигателем и АКПП (через соответствующие БУ). Помимо приема сигналов от этих систем БУ формирует управляющие воздействия на элементы системы управления двигателем и АКПП.

Изменение крутящего момента двигателя в системе ESP может осуществляться:

- изменением положения дроссельной заслонки;
- пропуском впрыска топлива;
- пропуском импульсов зажигания;
- изменением угла опережения зажигания;
- отменой переключения передачи в АКПП;
- перераспределением крутящего момента между осями (при наличии полного привода).

2.11.5 Дополнительные системы курсовой устойчивости ТС

В конструкции системы курсовой устойчивости могут быть реализованы следующие дополнительные подсистемы: система стабилизации торможения при повороте, система распределения крутящего момента, система курсовой устойчивости прицепа, система предотвращения опрокидывания, система предотвращения столкновения, система повышения эффективности тормозов при нагреве, система удаления влаги с тормозных дисков и др.

Все перечисленные системы, в основном, не имеют своих конструктивных элементов, а являются программным расширением системы ESP. Рассмотрим наиболее важные и часто применяемые системы [45].

Система стабилизации торможения при повороте (Corner Brake Control, CBC). Возникающие при торможении в повороте опасные ситуации могут проявиться в избыточной или недостаточной поворачиваемости и привести к заносу автомобиля. Это объясняется тем, что при торможении в повороте скорость поворота автомобиля (рысканье) может достигать до такой величины, что будут происходить описанные выше явления. Для корректировки проявлений такого рысканья функция CBC управляет тормозными давлениями таким образом, чтобы создать корректирующий разворачивающий «противомомент». Так, CBC повышает курсовую устойчивость автомобиля при торможении в повороте.

При экстренном торможении в повороте автомобиля без системы CBC возможность передних колес воспринимать поперечные (управляющие) усилия сильно сокращается. Автомобиль смещается с заносом передней оси к внешнему краю поворота. В автомобилях с CBC при появлении недостаточной поворачиваемости система уменьшает тормозное давление для передних колес. В результате колеса вновь оказываются в состоянии воспринимать управляющие усилия и автомобиль сохраняет заданное направление движения.

Для работы CBC не требуются дополнительные узлы или компоненты, она использует уже имеющиеся устройства системы ABS, т. е. CBC является только программным расширением системы ABS. Особенность CBC заключается в том, что она способна распознавать опасные ситуации при торможении в повороте без датчиков поворота или бокового ускорения, только на основании данных об угловой скорости вращения колес. При обнаружении

проскальзывания колес, которого еще недостаточно для включения ABS, срабатывает СВС. При дальнейшем анализе этих данных блок управления ABS может распознать появление недостаточной или избыточной поворачиваемости и соответствующим образом откорректировать тормозные давления.

Системы распределения крутящего момента. Такие системы подразделяются на электронную блокировку дифференциала EDS (Elektronische Differenzialsperre) и систему активного распределения крутящего момента ATTS (Active Torque Transfer System).

При повороте ТС на его колеса действуют две главные силы: тяговая, ускоряющая автомобиль, и боковая, которая заставляет автомобиль поворачивать. Они связаны с силой трения, возникающей в зоне контакта. Сила трения, в свою очередь, ограничена лимитированными сцепными свойствами шины и покрытия. Рассмотрим распределение сил на колесах при повороте автомобиля (рисунок 2.121).

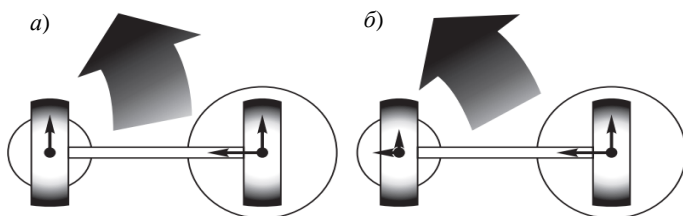


Рисунок 2.121 – Распределение сил на колесах автомобиля при повороте:
а – обычного автомобиля; б – автомобиля с системой активного распределения крутящего момента

При повороте из-за действия центробежной силы внутреннее колесо оказывается разгруженным, т. е. оно находится в худших условиях по сцеплению с дорогой. Соответственно, уменьшится и та суммарная сила, сложенная из тяговой и боковой, которую может воспринять колесо, и поэтому оно в меньшей степени будет способно ускорять и поворачивать автомобиль. Система ATTS перераспределяет крутящий момент между ведущими колесами, убирая излишек тяговой силы с внутреннего колеса и перебрасывая его на более нагруженное внешнее. В результате у малонагруженной внутренней шины, освобожденной от излишка тяги, появляется больше возможностей для реализации боковой силы, так необходимой в повороте.

Увеличение крутящего момента на наружном колесе позволяет создать дополнительный момент, который стремится «затащить» автомобиль в поворот.

Электронная блокировка дифференциала EDS предназначена для предотвращения пробуксовки ведущих колес при трогании автомобиля с места, разгоне на скользкой дороге, движении по прямой и в поворотах за счет подтормаживания ведущих колес. Система получила свое название по аналогии с соответствующей функцией дифференциала.

EDS срабатывает при проскальзывании одного из ведущих колес и подтормаживает прокручивающееся колесо, за счет чего на нем увеличивается

крутящий момент. Так как ведущие колеса соединены симметричным дифференциалом, на другом колесе (с лучшим сцеплением) крутящий момент также увеличивается.

Управление системой осуществляется с помощью соответствующего программного обеспечения в блоке управления ABS. Электронная блокировка дифференциала, как правило, является составной частью антипробуксовочной системы и работает в диапазоне скоростей от 0 до 80 км/ч.

Работа EDS носит циклический характер. Цикл работы системы включает три фазы: 1 – увеличение давления; 2 – удержание давления; 3 – сброс давления.

Пробуксовка ведущего колеса определяется на основании сравнения сигналов, поступающих от датчиков частоты вращения колес. При этом блок управления закрывает переключающий клапан и открывает клапан высокого давления. Для создания давления в контуре тормозного цилиндра ведущего колеса включается насос обратной подачи. Происходит увеличение давления тормозной жидкости в контуре и торможение ведущего колеса.

Система активного распределения крутящего момента ATTS также служит для улучшения управляемости и применяется в полноприводных ТС. В качестве примера рассмотрим системы активного распределения крутящего момента автомобилей Honda и Mitsubishi (рисунок 2.122).

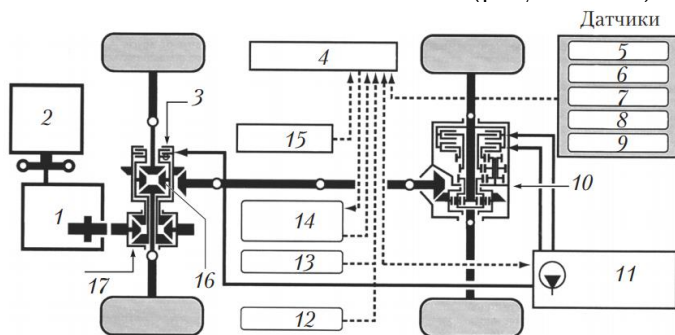


Рисунок 2.122 – Схема трансмиссии полноприводного автомобиля Mitsubishi Lancer Evolution VIII:

1 – коробка передач; 2 – двигатель; 3 – муфта блокировки межосевого дифференциала; 4 – БУ дифференциалами; 5 – датчик угла поворота рулевого колеса; 6 – датчик положения дроссельной заслонки; 7 – колесные датчики ABS; 8 – датчики продольного ускорения; 9 – датчики поперечного ускорения; 10 – задний активный дифференциал; 11 – гидронасос с гидроаккумулятором; 12 – лампа стоп-сигнала; 13 – датчик включения стояночного тормоза; 14 – индикатор переключения режимов: асфальт/гравий/снег; 15 – блок управления ABS; 16 – передний дифференциал; 17 – межосевой дифференциал (50:50)

Система электронного управления включает в себя датчики угла поворота, бокового и углового ускорения, скорости вращения колес, частоты вращения коленчатого вала двигателя и давления воздуха на впуске, передаточного отношения в трансмиссии.

Информация от всех датчиков поступает в ЭБУ, который рассчитывает оптимальное распределение крутящего момента по колесам. Далее ЭБУ передает информацию в БУ дифференциалом для распределения момента между осями и задними колесами в соответствии с условиями движения. На нужную ось он перераспределяет от 30 до 70 % момента, на одно из задних колес – от 0 до 100 %. В обычных условиях до 70 % крутящего момента передается на передние колеса. При больших ускорениях до 70 % крутящего момента поступает на заднюю ось для улучшения динамики разгона и одновременной стабилизации движения. При ускорении в повороте почти 100 % крутящего момента может передаваться на заднее внешнее колесо (рисунок 2.123). Диаметрально противоположная картина возникает при снижении скорости на изгибе дороги – крутящий момент будет передаваться на внутреннее колесо.

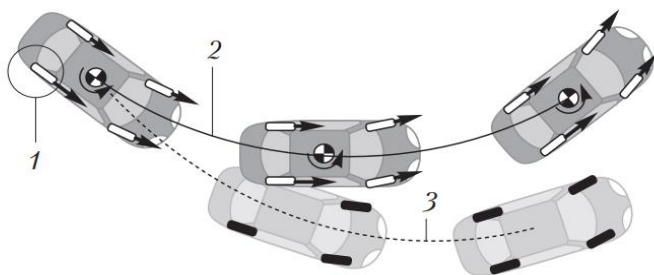


Рисунок 2.123 – Траектория движения автомобиля с электронным приводом управляемых колес:

1 – наибольший крутящий момент; 2 – траектория движения автомобиля с электронным приводом управляемых колес; 3 – траектория движения автомобиля без электронного привода управляемых колес

Существуют различия в приводе дисков сцеплений приводов колес. Компания Mitsubishi в своих конструкциях применяет электрогидравлический привод, а компания Honda – электромагнитный.

Система курсовой устойчивости прицепа. Автомобилю с прицепом проще попасть в критическую с точки зрения курсовой устойчивости ситуацию. Даже опытному водителю не всегда бывает легко вернуть контроль над автопоездом, у которого началась раскачка.

Боковой ветер, продавленные колеи, быстрые движения рулем при объезде препятствий или слишком высокая скорость могут привести прицеп автопоезда к поперечной раскачке, особенно при движении на спуске. Раскачка прицепа передается и буксирующему автомобилю (рисунок 2.124).

В зависимости от интенсивности раскачки и массы прицепа на буксирующем автомобиле могут проявляться рысканье и поперечное ускорение,

которые повлияют на движение прицепа. Взаимное раскачивание прицепа и буксирующего автомобиля может приобрести такие размеры, что весь автопоезд полностью утратит курсовую стабильность.

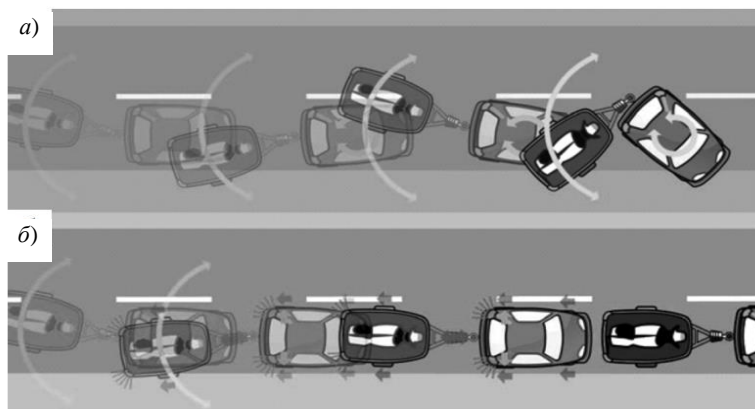


Рисунок 2.124 – Схема движения автомобиля с прицепом:
а – с раскачкой; б – без раскачки

Для стабилизации прицепа система ESP дополняется программным расширением, которое уменьшает опасность возникновения такой критической ситуации. Прежде всего, система стабилизирует автопоезд попеременным подтормаживанием колес автомобиля. Если этого оказывается недостаточно, то система для стабилизации ситуации начинает торможение всех колес автомобиля, а также, через тормоз наката, колес прицепа.

Функция стабилизации автопоезда не требует для своей реализации дополнительных датчиков и является просто программным расширением системы ESP. Она использует для своей работы только узлы и компоненты ESP.

Поперечные ускорения и рысканья буксирующего автомобиля улавливаются датчиками системы ESP, и информация о них передается в блок управления ABS/ESP. Полученные входные значения (частота вращения колес, рысканье, поперечное ускорение, угол поворота рулевого колеса, нажатие педали тормоза) сравниваются с сохраненной в БУ стандартной характеристикой.

При превышении определенных граничных значений включается функция стабилизации автопоезда. Для лучшего гашения возникающих колебаний и компенсации рысканья передние колеса автомобиля попеременно подтормаживаются. Таким образом, ESP препятствует возникновению резонанса и увеличению амплитуды колебаний или блокированию оси автомобиля либо прицепа. Если этого оказывается недостаточно, все четыре колеса подтормаживаются путем создания давления в их тормозных контурах до тех пор, пока раскачка прицепа не прекратится.

Во время выполнения коррекции с помощью тормозов загораются лампы стоп-сигналов, чтобы предупредить следующих сзади участников движения. Водителя в это время предупреждает загорающаяся контрольная лампа ESP.

2.12 Вспомогательные системы активной безопасности

2.12.1 Система экстренного торможения при движении

Для того чтобы применение тормозов в непредвиденной ситуации было эффективным, предназначена система экстренного торможения (Advanced Emergency Braking System «АЕBS» или Autonomous Emergency Braking «АЕВ»). Как показывает практика, тормозной путь автомобиля сокращается на 15–20 %, если использовать экстренное торможение. А это в свою очередь может оказаться решающим фактором для уменьшения последствий ДТП или для полного её предотвращения.

Системы экстренного торможения разделяют на два вида:

- автоматические;
- системы помощи.

Автоматическая технология функционирует без дополнительного участия водителя, она создаёт предельное или частичное тормозное давление автоматически.

Вторая, система помощи экстренного торможения, помогает при выжидании педали тормоза водителем осуществлять предельное тормозное давление. Можно сказать, что она завершает процесс торможения за водителя.

Если взять во внимание принцип создания предельного тормозного давления, то конструкции в системе помощи экстренного торможения можно поделить следующим образом:

- пневматические конструкции;
- гидравлические конструкции.

Конструкции пневматического типа помогают правильному функционированию вакуумного усилителя тормозов, они включают в себя следующие системы:

- на автомобилях марок BMW, Mercedes-Benz, Volvo, Toyota – Emergency Brake Assist, Brake Assist и Brake Assist System;
- на французских автомобилях Citroen, Peugeot, Renault – AFU.

Конструкции пневматического типа имеют одинаковое устройство и состоят из электромагнитного привода штока, электронного блока управления и датчика скорости перемещения штока вакуумного усилителя, устанавливаются обычно на те автомобили, которые оборудованы антиблокировочной системой тормозов – ABS.

Суть работы пневматической конструкции заключается в том, что по скорости нажима на педаль тормоза определяется тип торможения, экстрен-

ное оно или обычное. Датчик быстроты перемещения штока внутри вакуумного усилителя регистрирует скорость, с которой произошло нажатие педали тормоза. Если уровень сигнала превышает определенное установленное значение, то с помощью электронного блока управления происходит активация электромагнита привода штока. Таким образом, при помощи вакуумного усилителя тормозов происходит дожатие педали тормоза, а экстренное торможение совершается до начала действия ABS.

В гидравлических конструкциях используются элементы из системы курсовой устойчивости, которые обеспечивают предельное давление тормозной жидкости. К системам гидравлического типа относятся:

1) **Hydraulic Braking Assistance (HBA)**, представленная в автомобилях марки Audi, Volkswagen. Она определяет экстренность ситуации по силе и скорости, с которой происходит надавливание на педаль тормоза. Ее работа обеспечивается выключателем стоп-сигнала, датчиком давления тормозной системы и датчиками частоты вращения колёс. Сопоставляя сигналы, поступающие со всех встроенных датчиков, электронный блок управления запускает при необходимости насос обратной подачи. Насос доводит до максимума давление в системе тормозов. Программа сработает до того момента, как начнет действовать ABS;

2) **Hydraulic Brake Booster (HBB)**, представленная в автомобилях марок Audi и Volkswagen. Эта технология копирует вакуумный усилитель тормозов в некоторых режимах эксплуатации автомобиля. Её работа обеспечивается выключателем стоп-сигнала, датчиком давления внутри тормозной системы и датчиком разряжения в вакуумном усилителе. В случае недостаточного разряжения внутри камер усилителя в работу запускается насос обратной подачи, что повышает до нужного уровня давление внутри тормозной системы;

3) **Sensotronic Brake Control (SBC)** – в автомобилях марки Mercedes-Benz. Она производит анализ таких данных, как усилие нажима на педаль тормоза, быстрота перемещения ноги на педаль тормоза с педали газа, качество дорожного покрытия, направление движения и многие другие факторы. Определив условия движения автомашины, электронный блок управления образует в каждом колесе нужное тормозное усилие;

4) **Brake Assist Plus (BA Plus)** – в немецких машинах Mercedes-Benz. Такая технология (при использовании радаров DISTRONIC) может контролировать расстояние до впереди движущегося автомобиля. Если между автомобилями слишком маленькое расстояние и возникает вероятность столкновения, производится звуковое и визуальное оповещение водителя. Если система устанавливает, что торможение, производимое водителем, недостаточно эффективно, то она дотормаживает за него.

В работе автоматической системы торможения используются видеокамеры и радар (лидар), которые помогают обнаружить впереди едущий автомобиль. В случае слишком быстрого уменьшения расстояния между ав-

томобиллями, система определяет возможность ДТП и производит предельное либо частичное тормозное усилие, что замедляет или целиком останавливает транспортное средство. Даже в случае столкновения, последствия для обоих автомобилей, скорее всего, будут значительно меньше.

Конструкция данной системы торможения основана на принципах других систем активной безопасности, таких как курсовая устойчивость и адаптивный круиз-контроль.

Наиболее известными автоматическими системами экстренного торможения будут:

- PEBS (Predictive Emergency Braking System) от Bosch;
- AEB (Automatic Emergency Braking) от TRW;
- Pre-Safe Brake – в Mercedes-Benz;
- City Safety – в автомобилях Volvo;
- CMBS (Collision Mitigation Braking System) – в Honda;
- Collision Warning with Auto Brake – в машинах марки Volvo.
- Система Pre-Collision Corp. – в настоящее время является стандартной в 95 % моделей Toyota и Lexus.

Система Pre-Collision Corp. – является хорошим примером того, как работают эти системы. На рисунке 2.125 показана схема контроля ситуации системой экстренного торможения [48].

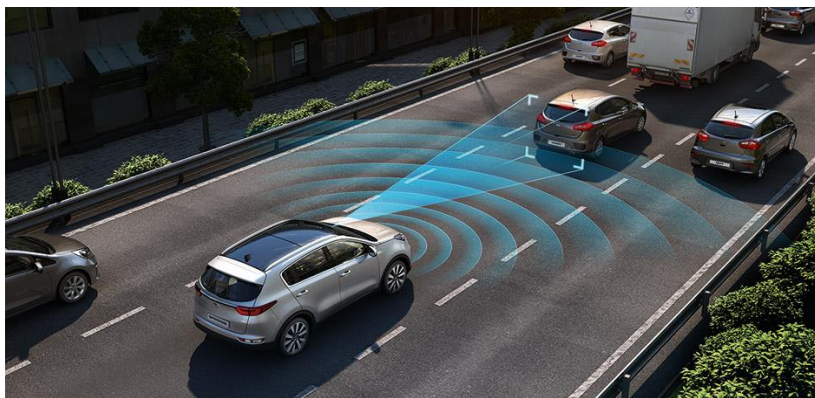


Рисунок 2.125 – Схема контроля ситуации системой экстренного торможения

PCS оснащен радаром миллиметрового диапазона, расположенным за логотипом автомобиля на передней решетке, который определяет расстояние до объектов перед ним. В это время камера, установленная на зеркале заднего вида, точно определяет, что это за объекты.

Работая вместе, два датчика способны различать автомобили и пешеходов и расстояние до них. Если скорость сближения слишком высока, то система AEB вступает в первую из трех фаз.

На первом этапе водитель получает аудио и визуальное предупреждение на своей приборной панели о вероятности столкновения. Если водитель не начинает тормозить. Фаза 2 оказывает давление на антиблокировочную тормозную систему. Таким образом, водитель быстро получает некоторую помощь, когда он нажимает на педаль тормоза.

Если водитель по-прежнему не предпринял никаких действий, система переходит в фазу 3, применяя тормоза, пытаясь полностью остановиться.

Всё это происходит в течение нескольких секунд. В случае Toyota PCS работает, когда автомобиль движется со скоростью не менее 10 км/ч и достигает максимальной скорости в случае столкновений с другими автомобилями или до 80 км/ч с пешеходами.

2.12.2 Система экстренного торможения после столкновения

Исследования немецкого автомобильного клуба ADAC показали, что примерно четверть ДТП с легковыми автомобилями имеет схожий сценарий. Первичное столкновение с другим автомобилем или наезд на препятствие часто приводят к последующему ДТП. Причиной является потеря водителем контроля над автомобилем в момент ДТП и, как следствие, неуправляемое его движение.

Корпорация Continental представила разработку под названием Post Crash Braking, которая позволяет предотвратить вторичные происшествия или свести к минимуму их последствия. Система осуществляет автоматическое торможение автомобиля после столкновения, тем самым предотвращая возможное последующее ДТП (рисунок 2.12б).

По своей сути система является разновидностью системы экстренного торможения [49].

Конструктивно система торможения после столкновения базируется на элементах двух систем безопасности: системы пассивной безопасности и системы курсовой устойчивости. На основании сигналов датчиков удара система определяет, что произошло столкновение, и передает сигнал по бортовой сети передачи данных в ЭБУ системы курсовой устойчивости.

Основная цель системы – не дать автомобилю, который уже пострадал от первого удара и, возможно, потерял управление, двигаться далее и совершать столкновения.

Система работает в связке с другими системами безопасности в машине. В качестве датчиков и передающих устройств задействованы элементы систем курсовой устойчивости и пассивной безопасности.

После удара срабатывают датчики пассивной безопасности системы. От нее информация о том, что произошло столкновение, передается в систему курсовой устойчивости. Система курсовой устойчивости формирует управляющие импульсы, которые воздействуют на клапаны тормозной системы. Траектория движения автомобиля стабилизируется, и машина останавливается. При этом система не блокирует тормоза, машину не заносит.

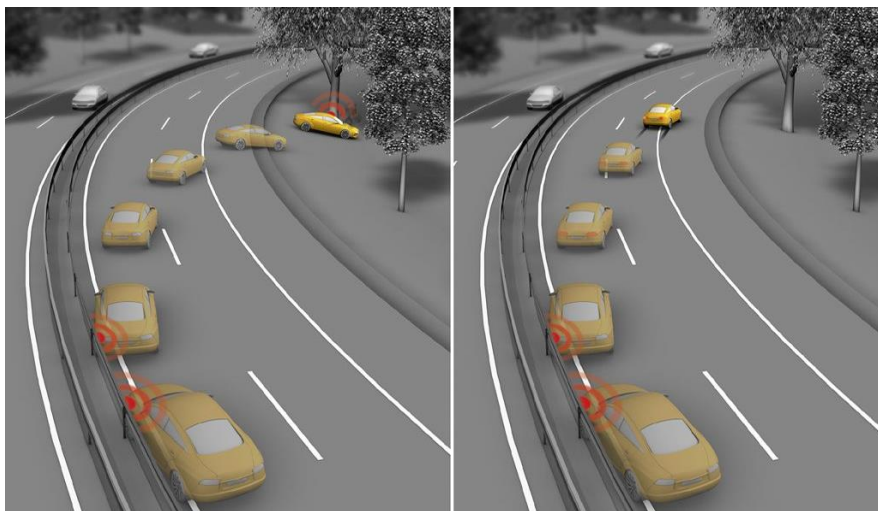


Рисунок 2.126 – Поведение автомобиля после столкновения:
a – без системы автоматического торможения автомобиля после столкновения;
б – с системой

Примечательно, что система включается только в случае бездействия водителя. Если водитель не потерял способность управлять автомобилем и нажимает на педали, система не включается. Контроль над ситуацией возвращается водителю, если он начал действовать уже после включения системы.

В настоящее время система внедрена на автомобилях концерна Volkswagen и носит названия:

- Multi Collision Brake (MCB) на автомобилях Volkswagen, SEAT, Skoda;
- Secondary Collision Brake Assist (SCB) на автомобилях Audi.

Превентивные, или предупреждающие, системы безопасности довольно активно используются в современных автомобилях. Крупные автомобильные компании устанавливают на свои модели собственные комплексные разработки.

2.12.3 Система торможения двигателем

Система торможения двигателем (Motor Schleppmoment Regelung, MSR) распознает начинающееся проскальзывание ведущих колес, вызванное моментом торможения двигателем, и отдает двигателю команду увеличить крутящий момент так, чтобы прекратить проскальзывание колес. Тем самым длительность фаз проскальзывания колес уменьшается и управляемость автомобиля восстанавливается [50].

Во время движения водитель снимает ногу с педали акселератора, чтобы переключиться на понижающую передачу. При этом передающийся на колеса момент торможения двигателем способен, при неблагоприятном сочетании дорожных условий, вызвать проскальзывание колеса, что может привести к его блокированию.

MSR предотвращает такое развитие ситуации и уменьшает тормозящее влияние двигателя, увеличивая его крутящий момент. Тем самым MSR обеспечивает устойчивость и управляемость автомобиля. Когда водитель во время движения снимает ногу с педали акселератора, развиваемый двигателем и передаваемый на ведущие колеса крутящий момент уменьшается. При этом силы трения в элементах трансмиссии и в самом двигателе приводят к тому, что на колеса действует не тяговый крутящий момент, а момент торможения двигателем. Этот эффект известен под названием «торможение двигателем».

Момент торможения двигателем, воспринимаемый колесами так же, как и тормозящий момент тормозов, противостоит тяговому крутящему моменту двигателя. Если одновременно с этим происходит переключение на понижающую передачу, то момент торможения двигателем усиливается.

На автомобилях с двигателями большой мощности момент торможения двигателем может, при неблагоприятном сочетании условий, вызвать блокирование или настолько интенсивное проскальзывание колес, что они потеряют способность воспринимать боковые усилия и автомобиль утратит управляемость.

Система MSR (рисунок 2.127) задействуется при выполнении следующих условий:

- педаль акселератора не нажата;
- колеса ведущей оси проскальзывают или блокируются;
- включена передача;
- включено сцепление.

Для установки системы MSR необходимо наличие компонентов системы ABS и интерфейса для подключения к системе управления двигателем. Программное обеспечение ABS дополняется соответствующим расширением MSR.

На основании данных от датчиков угловой скорости колес и необходимых данных от системы управления двигателем (например, частоты вращения коленчатого вала двигателя, положения дроссельной заслонки/педали акселератора) система ABS с функцией MSR устанавливает, имеет ли место проскальзывание ведущих колес вследствие снижения крутящего момента двигателя при резком уменьшении нажатия педали акселератора. Если это имеет место, то блок управления ABS/ASR передает эту информацию блоку управления двигателем, который исходя из нее рассчитывает необходимую частоту вращения коленчатого вала двигателя.

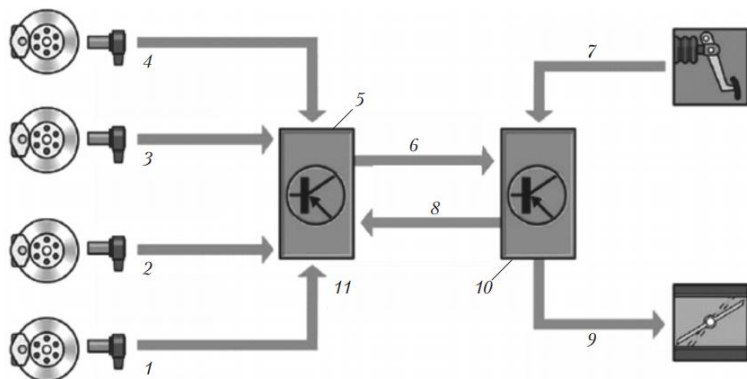


Рисунок 2.127 – Схема действия системы MSR:

1 – датчик частоты вращения задний правый; 2 – датчик частоты вращения задний левый; 3 – датчик частоты вращения передний правый; 4 – датчик частоты вращения передний левый; 5, 10 – блок управления двигателем; 6 – запрос требуемого крутящего момента; 7 – положение педали акселератора; 8 – информация о фактическом крутящем моменте; 9 – управление дроссельной заслонкой; 11 – блок управления ABS/ASR

Для увеличения частоты вращения коленчатого вала двигателя по запросу MSR блок управления двигателем кратковременно открывает дроссельную заслонку до тех пор, пока проскальзывание колес не войдет в допустимый диапазон. При этом система поддерживается в диапазоне, позволяющем оптимально использовать момент торможения двигателем и одновременно обеспечивающем достаточный запас сцепления для восприятия колесами боковых усилий. Нажатие на педаль акселератора отключает систему торможения двигателем.

При электронном приводе акселератора дроссельная заслонка перемещается при помощи электродвигателя, без традиционной механической связи между педалью акселератора и дроссельной заслонкой. Положение педали отслеживается датчиками, и соответствующие сигналы передаются в БУ, где обрабатываются и передаются на исполнительный механизм перемещения дроссельной заслонки. Благодаря такой системе БУ может посредством перемещения дроссельной заслонки влиять на величину крутящего момента двигателя даже в том случае, когда водитель не меняет положения педали акселератора. Это позволяет лучше координировать системы двигателя.

2.12.4 Система подсушивания тормозов автомобиля

В дождливую погоду на тормозных дисках может образовываться тонкая водяная пленка. Это приводит к некоторому замедлению возникновения тормозного момента, так как тормозные накладки сначала скользят на этой пленке до тех пор, пока вода в результате нагрева деталей тормоза не испарится или не будет «стерта» накладками с поверхности диска. Только после этого тормозной механизм развивает свой полный тормозной момент. При

торможении в критической ситуации каждая доля секунды имеет огромное значение. Поэтому для предотвращения такой задержки в срабатывании тормозов в сырую погоду была разработана система подсушивания тормозов, которая следит за тем, чтобы диски тормозов передних колес всегда были сухими и чистыми. Достигается это легким и кратковременным прижатием тормозных колодок к дискам. Благодаря этому полный тормозной момент достигается в случае необходимости без задержки и сокращается тормозной путь.

Обязательным условием для реализации на автомобиле системы подсушивания тормозов BSW (от нем. *Bremsscheibenwischer*; раньше иногда называлась Rain Brake Support, RBS) является наличие на нем системы ESP. Условия включения системы BSW:

- автомобиль движется со скоростью не менее 70 км/ч;
- стеклоочиститель включен.

Если эти условия выполнены, то во время работы стеклоочистителя в постоянном или интервальном режиме колодки передних тормозов через определенные промежутки времени подводятся к тормозным дискам. Тормозное давление при этом не превышает 0,2 МПа. При однократном включении стеклоочистителя колодки подводятся к дискам также один раз. Такие легкие прижатия накладок, как они осуществляются системой BSW, для водителя незаметны.

Блок управления ABS/ESP получает по шине данных CAN сообщение, что скорость автомобиля более 70 км/ч. Далее системе требуется сигнал работы электродвигателя стеклоочистителя. По нему система BSW делает вывод, что идет дождь и на дисках тормозов возможно образование водяной пленки, приводящей к замедлению срабатывания тормозов. После этого система BSW включает тормозной цикл.

На клапаны наполнения передних тормозных цилиндров подается управляющий сигнал. Насос обратной подачи включается и создает давление около 0,2 МПа, удерживая его в течение нескольких оборотов колеса (рисунок 2.128).

В течение всего этого цикла система постоянно контролирует тормозное давление. Если оно превышает определенное заложенное в памяти системы значение, система сразу же снижает давление, чтобы не допустить заметного тормозного воздействия. При нажатии водителем педали тормоза цикл прерывается и после завершения нажатия начинается сначала.

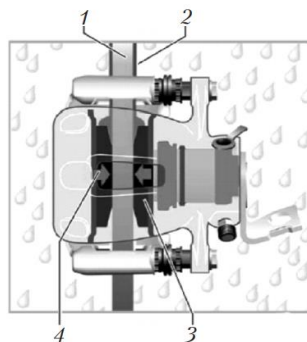


Рисунок 2.128 – Схема действия системы подсушивания тормозов:
1 – тормозной диск; 2 – пленка воды;
3 – накладки тормозных колодок;
4 – кратковременное подведение колодок к тормозному диску

2.12.5 Система помощи движению по полосе

Эта система помогает водителю придерживаться выбранной полосы движения и тем самым предотвращать аварийные ситуации. Она эффективна при движении по автомагистралям и обустроенным магистральным дорогам, т. е. там, где имеется качественная дорожная разметка. Может называться ассистентом движения по полосе, системой удержания полосы движения. Различают два вида систем помощи движению по полосе: пассивные и активные. Пассивная система предупреждает водителя об отклонении от выбранной полосы движения. Активная система, наряду с предупреждением, производит корректировку траектории движения [51].

Система помощи движению по полосе является электронной системой и включает клавишу управления, видеокамеру, блок управления и исполнительные механизмы. С помощью клавиши управления производится включение системы. Клавиша может располагаться на рычаге переключения указателей поворота, на панели приборов или центральной консоли.

Видеокамера записывает и оцифровывает изображение на определенном расстоянии от автомобиля. В системе используется монохромная камера, которая распознает линии разметки как резкое изменение градации серого. Камера объединена с блоком управления. Объединенный блок располагается на лобовом стекле за зеркалом заднего вида.

Исполнительными устройствами системы помощи движению по полосе являются контрольная лампа, звуковой сигнал, вибромотор на рулевом колесе, нагревательный элемент лобового стекла, электродвигатель электро-механического усилителя руля.

Во время работы активной системы помощи движения по полосе реализуются следующие основные функции:

- распознавание траектории полосы движения;
- визуальное информирование о работе системы;
- предупреждение водителя;
- корректировка траектории движения.

Обстановка перед автомобилем проецируется на светочувствительную матрицу камеры и преобразуется в черно-белое изображение, которое анализируется электронным блоком управления.

Алгоритм работы блока управления определяет положение линий разметки полосы, оценивает качество распознавания разметки, вычисляет ширину полосы и ее кривизну, рассчитывает положение автомобиля на полосе. На основании проведенных вычислений осуществляется управляющее воздействие на рулевое управление (тормозную систему), а если требуемый эффект удержания автомобиля на полосе не достигнут, предупреждается водитель (вибрацией рулевого колеса, звуковым и световым сигналами).

Пассивная система помощи движению по полосе, использующая видеокамеру. Слежение за разметкой, задающей границы полосы, осуществ-

ляется с помощью видеокамеры. Видеискатель камеры расположен в области лобового стекла, которая очищается щетками стеклоочистителей, что позволяет свести к минимуму ограничение видимости, вызываемое осадками в виде дождя и снега.

Если система распознает линии разметки полосы движения по обеим ее сторонам, то она находится в рабочем состоянии (активирована), о чем свидетельствует зеленая лампа подсветки.

В случае приближения автомобиля к одной из линий разметки, если он при этом может выйти за пределы полосы, система предупреждает водителя об этом вибрацией рулевого колеса.

Если при активированном ассистенте перед перестроением на другую полосу будет включен сигнал поворота, предупредительного сигнала не последует, поскольку данное перестроение система воспримет как запланированное. Предупреждение посредством вибрирующего сигнала при приближении к отслеживаемой линии разметки или при ее пересечении производится только один раз. Второй предупредительный сигнал следует лишь в том случае, если после первого сигнала автомобиль удаляется на достаточное расстояние от отслеживаемой линии разметки и после этого снова приближается к ней.

Активная система помощи движению по полосе, использующая видеокамеру. С внедрением электромеханического усилителя рулевого управления и электронной педали акселератора открылись новые возможности для непосредственного и активного влияния на ходовые качества, а также для повышения безопасности движения и обеспечения активной помощи водителю при выполнении сложных маневров.

На основании оптических данных электронная система определяет траекторию движения и активно вмешивается в рулевое управление, если существует опасность непреднамеренного выхода автомобиля за пределы полосы движения, ограниченной внутренней и внешней полосами дорожной разметки.

Система помощи движению по полосе при наличии электромеханического усилителя рулевого управления и электронной педали акселератора может выполнять следующие функции:

- распознавание траектории полосы движения при наличии линий дорожной разметки или достаточного контраста между дорожным покрытием и обочиной;
- предоставление водителю визуальной информации о режиме работы ассистента движения по полосе;
- корректирующее или вспомогательное вмешательство в работу рулевого управления;
- предупреждение водителя путем ощутимой вибрации, если вмешательства системы движения по полосе недостаточно, чтобы компенсировать уход с полосы движения;

– подача визуальных и звуковых сигналов, если водитель на определенное время отпустил рулевое колесо (распознавание отпущенного рулевого колеса);

– подавление функций системы при преднамеренной смене полосы движения, например при обгоне.

После включения система помощи движению по полосе с помощью установленной в БУ камеры начинает распознавать и оценивать обстановку на дороге перед автомобилем. При этом БУ системы пытается на основании входных оптических данных определить границы полосы движения, осевую линию разметки и положение автомобиля на полосе движения. Если системе удастся в рамках системных границ получить эти данные, то она остается в активном режиме. В противном случае система переходит в пассивный режим. Индикация текущего режима работы системы осуществляется с помощью контрольной лампы (активный режим – зеленый цвет, пассивный режим – желтый цвет).

В активном режиме работы система определяет траекторию и при опасности выхода автомобиля за пределы полосы движения создает корректирующий крутящий момент поворота рулевого колеса с помощью привода электромеханического усилителя рулевого управления. В пассивном режиме работы камера продолжает слежение за дорогой, а система анализирует поступающие данные, чтобы при распознавании однозначно идентифицируемой дорожной разметки или при наличии всех необходимых рамочных условий снова переключиться в активный режим работы. Контрольная лампа сообщает водителю о том, что система находится в пассивном режиме и корректирующее воздействие на рулевое управление и подача предупредительных сигналов не производятся. При преднамеренной смене полосы движения, например при обгоне или повороте, включение указателей поворота временно переводит систему в пассивный режим работы. Активный режим автоматически включается при выключении указателей поворота и при повторном распознавании однозначно идентифицируемой дорожной разметки.

Сила корректирующего воздействия зависит от угла, под которым автомобиль приближается к распознанной границе полосы движения. Корректирующее подруливание действует максимум в течение 100 с или прекращается, если автомобиль в пределах этого временного отрезка возвращается на траекторию полосы движения. Водитель может в любой момент без особых усилий преодолеть корректирующее воздействие активным рулением, например при преднамеренной смене полосы движения без включения указателей поворота. Если момента корректирующего подруливания недостаточно, чтобы удержать автомобиль в пределах полосы движения, то электродвигатель электромеханического усилителя рулевого колеса возбуждает вибрацию рулевого механизма, ощущаемую водителем в качестве предупредительного сигнала.

При движении автомобиля в повороте, даже при затяжных поворотах, т. е. при большом радиусе поворота, ассистент движения по полосе способен предотвращать отклонение автомобиля от расчетной полосы движения. При этом виртуальная полоса движения рассчитывается системой так, чтобы внутренняя граница виртуальной полосы совпадала с распознанной реальной дорожной разметкой полосы движения с внутренней стороны поворота. Если максимального времени корректирующего вмешательства в 100 с недостаточно для удержания автомобиля в пределах полосы движения на повороте, то включается сигнализация с помощью вибрации, раздается предупредительный звуковой сигнал, а также появляется текстовое сообщение на дисплее комбинации приборов, призывающие водителя взять рулевое управление на себя.

Наряду с контролем за движением автомобиля в пределах полосы, ассистент движения по полосе также следит, не отпустил ли водитель рулевое колесо на определенный интервал времени и тем самым оказался не готов к рулению, например вследствие усталости или из-за отвлекающих действий.

Система помощи движению по полосе предназначена для использования при движении по магистралям и шоссе. Поэтому она работает при скорости свыше 65 км/ч. В неблагоприятных условиях, например при загрязненном или заснеженном дорожном полотне, при слишком узкой полосе движения или при неоднозначной разметке полос, как это имеет место на ремонтных участках магистралей, система временно деактивируется.

2.12.6 Система помощи при перестроении

Часто причиной ДТП при перестроении в другой ряд является то, что водитель не замечает транспортные средства на соседних полосах.

Система помощи при перестроении (другие названия – система мониторинга «слепых» зон, система информирования о «мертвой» зоне, система безопасного перестроения из ряда в ряд) предупреждает водителя об опасности столкновения при смене полосы движения [52].

Известными разработчиками таких систем являются:

- Audi, Volkswagen – система Side Assist;
- BMW – система Lane Change Warning;
- Mazda – система Rear Vehicle Monitoring (RVM);
- Mercedes-Benz – система Blind Spot Assist;
- Porsche – система Spurwechselassistent (SWA);
- Ford – система Blind Spot Information System (BLISTM);
- Volvo – система Blind Spot Information System (BLIS).

Система Side Assist признана Европейским комитетом независимой экспертизы безопасности автомобилей (Euro New Assessment Programme, NCAP) одной из лучших систем безопасности 2010 г.

Система включает следующие конструктивные элементы:

- кнопку (клавишу) включения на рычаге переключателя указателя поворотов (на панели двери);
- радары в наружных зеркалах заднего вида с правой и левой сторон;
- электронные блоки управления;
- сигнальные лампы (предупреждающие индикаторы) на наружных зеркалах заднего вида с правой и левой сторон;
- вибромотор на рулевом колесе;
- контрольную лампу на панели приборов.

Электронные блоки управления (по одному на каждую сторону) анализируют отраженные излучения радаров, на основании которых:

- производится слежение за подвижными объектами;
- распознаются неподвижные объекты (припаркованные автомобили, дорожное ограждение, столбы и др.);
- при необходимости включается сигнальная лампа.

Ассистент смены полосы движения оповещает и предупреждает водителя о потенциальной опасности при перестроении в другой ряд с помощью встроенных в наружные зеркала заднего вида сигнальных ламп (рисунок 2.129).



Рисунок 2.129 – Сигнальные лампы, встроенные в зеркало заднего вида

Сигнальная лампа работает в режимах:

- информирования – горит непрерывно при нахождении объекта в «слепой» зоне;
- предупреждения – мигает при перестроении из ряда в ряд и при нахождении объекта в «слепой» зоне.

При обнаружении помехи на одной из соседних полос в зеркале соответствующей стороны загорается сигнальная лампа. Если водитель не перестраивается в другой ряд, то сигнальная лампа горит непрерывным светом, сообщая этим о наличии помехи. Когда водитель включает указатели поворота, т. е. хочет перестроиться в занятый соседний ряд, сигнальная лампа предупреждает его об опасности четырехкратным миганием.

Ниже в качестве примера описываются две типичные дорожные ситуации, в которых ассистент смены полосы движения подает предупреждающий сигнал (рисунок 2.130).

Ситуация 1. Оборудованный SWA автомобиль V1 движется по средней полосе трехполосной магистрали и опережает движущийся справа автомобиль V2 (рисунок 2.130, а). Скорость автомобиля с SWA превышает скорость обгоняемого автомобиля менее чем на 15 км/ч. Обгон с такой скоростью требует времени, так что обгоняемый автомобиль в какой-то момент попадает в мертвую зону.

В этой ситуации сигнальная лампа в правом наружном зеркале сообщает водителю, что правая полоса движения занята. Если водитель автомобиля с SWA включает правый указатель поворота, то четырехкратное мигание сигнальной лампы в правом зеркале предупреждает его об опасности.

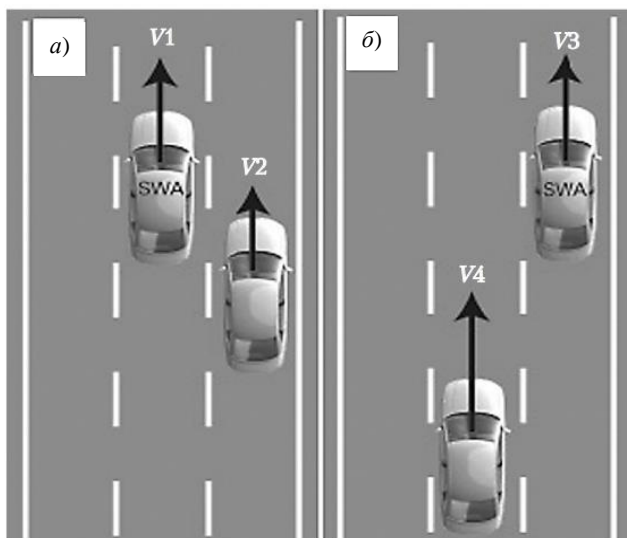


Рисунок 2.130 – Типичные дорожные ситуации применения ассистента смены полосы движения:

а – ситуация 1; б – ситуация 2; SWA – автомобиль, оборудованный ассистентом

Ситуация 2. Автомобиль V3 с SWA движется со средней скоростью по правой полосе трехполосной магистрали (см. рисунок 2.130, б).

По средней полосе его быстро нагоняет другое транспортное средство V4. Ассистент смены полосы движения обнаруживает приближающийся автомобиль и зажигает сигнальную лампу в левом наружном зеркале. Если водитель включает левые указатели поворота, то сигнальная лампа начинает мигать и этим предупреждает водителя об опасности столкновения. Максимальное расстояние между двумя автомобилями, при котором включаются сигнальные лампы, зависит от разности скоростей движения. Чем выше разность скоростей, тем это расстояние больше. Но в любом случае оно не превышает 50 м, потому что 50 м – это предел обнаружения помехи радарам.

2.12.7 Круиз-контроль автомобиля

Круиз-контроль – устройство, которое поддерживает постоянную скорость автомобиля на дорогах с гладким или переменным рельефом, автоматически прибавляя ее при снижении скорости движения и уменьшая при ее увеличении (к примеру, на спусках, без участия водителя). Удобен в дальних дорогах, когда утомительно удерживать длительное время педаль газа в одном положении. Устанавливается на автомобиле как с автоматической коробкой передач, так и с механикой.

Различают пассивный и активный круиз-контроль.

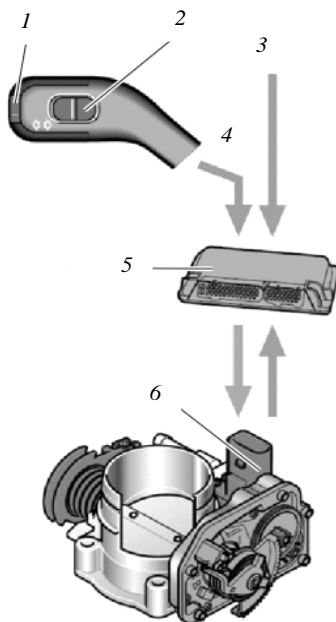
Пассивный круиз-контроль поддерживает постоянную скорость автомобиля, начиная, как правило, с движения в 30–40 км/ч. Водитель может установить любую скорость до некоторого верхнего предела, который обуславливается максимально допустимой частотой вращения коленчатого вала двигателя.

По принципу действия все системы круиз-контроля похожи. В состав системы входят электронный блок управления, исполнительный механизм, датчик скорости, выключатель и регулятор. Включение системы обычно осуществляется двумя переключателями. Один только включает или выключает круиз-контроль, с помощью второго можно регулировать и изменять скорость движения до желаемой величины (рисунок 2.131).

Датчик скорости может быть встроен в приводной механизм спидометра. Информация от него поступает в блок управления, где фактическое значение скорости сравнивается с заданным, после чего формируется сигнал исполнительному механизму.

Исполнительный механизм управляет дроссельной заслонкой, обеспечивающей необходимую частоту вращения коленчатого вала для поддержания заданной скорости. Привод механизма в более ранних конструкциях автомобилей осуществлялся за счет вакуумного привода. На современных автомобилях используются механизмы с электрическими исполнительными двигателями.

- Рисунок 2.131 – Схема пассивного круиз-контроля:
- 1 – кнопка включения;
 - 2 – переключатель скорости;
 - 3 – сигналы, поступающие в электронный блок управления: частота вращения коленчатого вала; масса воздуха, поступающего в двигатель; скорость движения автомобиля; включение тормозной педали и сцепления;
 - 4 – сигнал включения и выключения;
 - 5 – электронный блок управления;
 - 6 – блок управления дроссельной заслонкой с электроприводом



Скорость движения поддерживается независимо от аэродинамического сопротивления. При торможении скорость автомобиля уменьшается, но после выключения тормозов система восстанавливает установленную скорость. Когда система включена, заданную скорость можно также изменить с шагом 1–5 км/ч, нажимая кнопку и не трогая педаль акселератора.

Адаптивный круиз-контроль (система автоматического регулирования дистанции, САРД) похож на обычный круиз-контроль тем, что он держит автомобиль на заранее установленной скорости. Однако, в отличие от обычного, эта система может автоматически настроить скорость в целях поддержания надлежащего расстояния между транспортными средствами в той же полосе движения. Известными системами адаптивного круиз-контроля являются:

- Preview Distance Control – Mitsubishi;
- Radar Cruise Control – Toyota;
- Distronic (Distronic Plus) – Mercedes-Benz;
- Active Cruise Control – BMW;
- Adaptive Cruise Control – Volkswagen, Audi, Honda.

САРД дополняет традиционную систему регулирования скорости круиз-контроля автомобиля, которая автоматически поддерживает ее на заданном водителем уровне, повышая комфортность управления автомобилем. Кроме того, САРД обеспечивает регулирование скорости автомобиля в соответствии с замедлением движущегося впереди него ТС.

Система автоматического регулирования дистанции относится к вспомогательным устройствам, предназначенным для повышения комфортности управления автомобилем. Она способствует снижению психической нагрузки на водителя, повышая тем самым активную безопасность автомобиля. Основные компоненты системы показаны на рисунке 2.132.

Управление САРД осуществляется в основном посредством кнопок на многофункциональном рулевом колесе 5 и отчасти педалей акселератора и тормоза, как и при изменении скорости автомобиля. Кнопки на рулевом колесе соединены с блоком управления электронной системой рулевой колонки 4, который передает сигналы на комбинацию приборов через шину данных 3 CAN, который передает сигналы на комбинацию приборов через шину данных 3 CAN, обслуживающую систему «Комфорт».

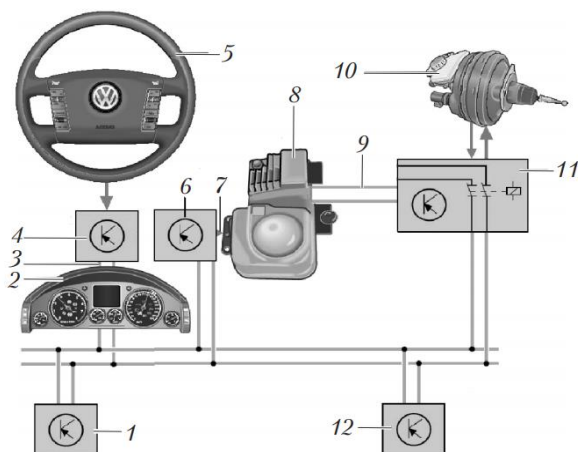


Рисунок 2.132 – Система автоматического регулирования дистанции на примере автомобиля Volkswagen Phaeton:

1 – блок управления двигателем; 2 – блок управления с индикатором в комбинации приборов; 3 – шина данных системы «Комфорт»; 4 – блок управления электронной системой рулевой колонки; 5 – многофункциональное рулевое колесо; 6 – блок управления ABS с ESP; 7 – сигналы частоты вращения колес; 8 – правый датчик САРД; 9 – шина данных в системе управления силовым агрегатом; 10 – усилитель тормозного привода с электронным управлением; 11 – блок управления усилителем тормозного привода с реле отключения шины данных; 12 – блок управления автоматической коробкой передач

В средней части щитка приборов находится дисплей, куда выводится информация о работоспособности САРД, параметры, заданные водителем, предупреждающие указания о включенной или выключенной системе, изображение автомобиля, если впереди находится транспортное средство, время преодоления дистанции до движущегося впереди транспортного средства и др. Информация может сопровождаться звуковыми сигналами.

Для измерения дистанции в САРД предусмотрен радиолокационный датчик (радар), работающий в диапазоне миллиметровых волн.

Электронный блок управления принимает сигналы от датчиков расстояния, а также входную информацию от других систем, с помощью которых определяется:

- скорость и дистанция до впереди идущего автомобиля;
- скорость управляемого автомобиля;
- угол поворота рулевого колеса;
- боковое ускорение;
- радиус кривой изгиба дороги, если таковой имеется.

При снижении скорости автомобиля до 30 км/ч и при превышении 180 км/ч САРД автоматически отключается. Она отключается также при вводе в действие тормозной системы в результате активизации системы стабилизации, противобуксовочной или антиблокировочной системы.

Движение с постоянной скоростью (рисунок 2.133, а). Если в зоне охвата датчика САРД транспортных средств нет, поддерживается данная скорость автомобиля. Если система, например, обнаруживает стоящие впереди (в хвосте пробки) автомобили, она не предпринимает экстренного торможения.

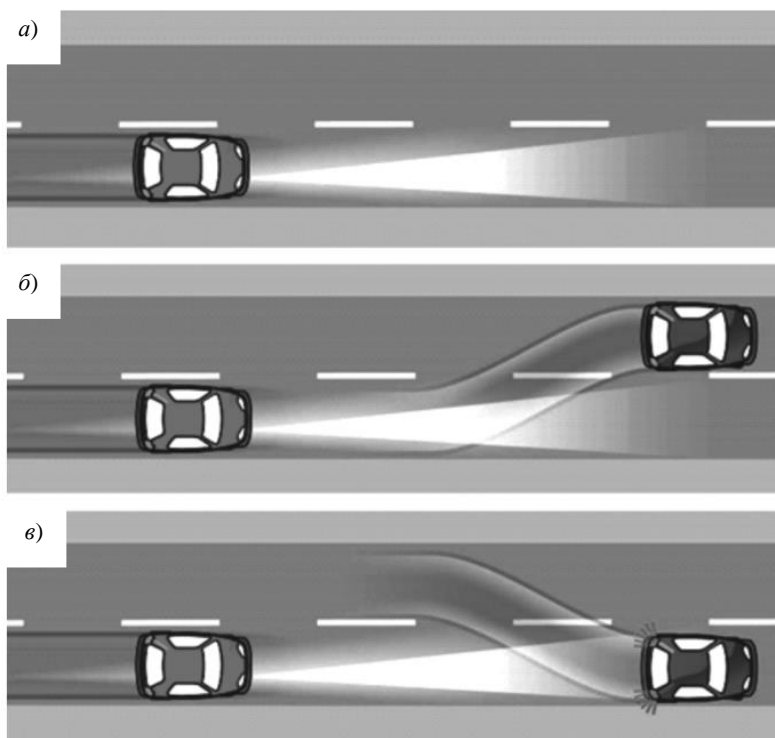


Рисунок 2.133 – Принцип работы адаптивного круиз-контроля:
а – движение с постоянной скоростью; б – ускорение; в – замедление

Ускорение (см. рисунок 2.133, б). Если движущееся впереди ТС ускоряется или перестраивается в другой ряд, освобождая дорогу, автомобиль с САРД вновь разгоняется до заданной первоначально скорости.

Замедление (см. рисунок 2.133, в). Если автомобиль при движении по своей полосе догоняет движущееся медленнее его транспортное средство, САРД снижает скорость автомобиля, чтобы соблюдалась заданная дистанция. Замедление достигается за счет команд системе управления двигателем, если же снижения мощности двигателя оказывается недостаточно, задействуется тормозная система. Необходимое срабатывание тормозов обеспечивается с помощью гидравлического блока с насосом обратной подачи (см. рисунок 2.132). Переключающий клапан в гидравлическом блоке закрывается, клапан высокого давления открывается. На насос обратной подачи подается управляющий сигнал, и насос начинает работать. Таким образом создается тормозное давление в контурах колес.

Адаптивный круиз-контроль, устанавливаемый в модели Touareg, может затормозить автомобиль вплоть до полной остановки, если этого потребует дорожная обстановка.

С целью повышения безопасности автомобиля отдельные конструкции адаптивного круиз-контроля могут быть дополнены системами превентивной безопасности, экстренного торможения, GPS-навигации.

Адаптивный круиз контроль служит технической основой разрабатываемых систем автоматического управления автомобилем.

2.12.8 Системы помощи при спуске и подъеме автомобиля

Система помощи при спуске. Система помощи при спуске предназначена для предотвращения ускорения автомобиля при движении по горным дорогам. Наличие данной системы на автомобиле повышает удобство управления и безопасность. Система помощи при спуске устанавливается, как правило, на легковые автомобили повышенной проходимости [53].

Если автомобиль находится на наклонной плоскости, действующая на него сила тяжести раскладывается по правилу параллелограмма на нормальную и параллельную составляющие (рисунок 2.134). Последняя представляет собой действующую на автомобиль скатывающую силу F_H .

Если на автомобиль действует собственная сила тяги, то она добавляется к скатывающей силе F_H . Скатывающая сила действует на автомобиль постоянно, независимо от его скорости. Вследствие этого автомобиль, скатывающийся по наклонной плоскости, будет всё время ускоряться, т. е. двигаться тем быстрее, чем дольше он скатывается. Чтобы удерживать постоянной скорость автомобиля без ассистента движения на спуске, водителю необходимо будет тормозить и (или) включать понижающую передачу, снимая ногу с педали акселератора. Для облегчения действий водителя в этих условиях и обеспечения безопасности при спуске применяется система помощи при спуске, которая задействуется при выполнении следующих условий:

- скорость автомобиля меньше 20 км/ч;

- уклон превышает 20 %;
- двигатель работает;
- педали акселератора и тормоза не нажаты.

При выполнении указанных условий получаемые системой данные о положении педали акселератора, частоте вращения коленчатого вала двигателя и скорости вращения колес (которая слегка превышает скорость пешехода) свидетельствуют об увеличении.

Система при этом исходит из того, что автомобиль скатывается на спуске и необходимо задействовать тормозную систему. скорости автомобиля.

Скорость автомобиля, которую тормозной ассистент должен поддерживать с помощью подтормаживания всех колес, зависит от скорости, с которой было начато движение на спуске, и включенной передачи. В этом случае система помощи при спуске включает насос обратной подачи. Клапаны высокого давления и впускные клапаны ABS открываются, а выпускные клапаны ABS закрываются.

В тормозных цилиндрах колес создается тормозное давление, и автомобиль замедляется. Притормаживание колес система осуществляет через гидромодулятор ABS, создающий давление в тормозной системе.

При снижении скорости автомобиля до безопасного значения система помощи при спуске прекращает подтормаживание колес и вновь снижает давление в тормозной системе. Если после этого скорость начинает увеличиваться при ненажатой педали акселератора, система исходит из того, что автомобиль по-прежнему движется по спуску. Таким образом, скорость автомобиля постоянно удерживается в безопасном диапазоне, который легко может управляться и контролироваться водителем.

Система помощи при спуске деактивируется принудительно (повторным нажатием клавиши) или автоматически при нажатии на педаль газа или тормоза, а также при снижении величины уклона до 12 %.

Система помощи при спуске является программным расширением системы курсовой устойчивости и использует ее конструктивные элементы, поэтому по своей сути является функцией, а не системой.

Система помощи при подъеме. Система помощи при подъеме предназначена для предотвращения откатывания автомобиля при трогании на

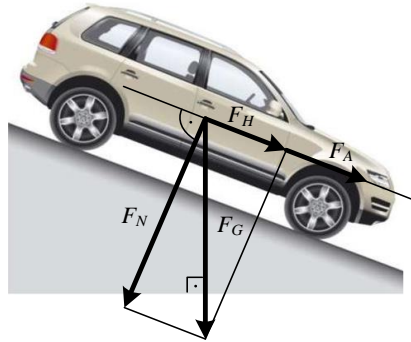


Рисунок 2.134 – Схема действия сил при движении автомобиля на спуске F_A – сила тяги; F_G – сила тяжести (вес автомобиля); F_H – скатывающая сила; F_N – нормальная составляющая силы тяжести

подъеме (наклонной плоскости). Применение данной системы обеспечивает трогание автомобиля на подъеме, без механического стояночного тормоза, и повышает безопасность. Система устанавливается в качестве опции на некоторые легковые автомобили.

Система помощи при подъеме построена на базе системы динамической стабилизации и является программным расширением данной системы, поэтому системой как таковой не является.

При остановке на подъеме на автомобиль действует скатывающая сила F_H (см. рисунок 2.134), т. е. сила, под воздействием которой автомобиль начнет скатываться назад, если отпустить тормоз. При трогании автомобиля после остановки на подъеме его тяговое усилие сначала должно уравновесить скатывающую силу. Если водитель нажмет педаль акселератора слишком слабо или же отпустит педаль тормоза (или стояночный тормоз) слишком рано, сила тяги окажется меньше скатывающей силы, и автомобиль прежде чем тронуться начнет скатываться назад. Чтобы обеспечить комфортное и безопасное трогание автомобиля, находящегося на подъеме, в некоторых конструкциях автомобилей предусмотрена система помощи при подъеме, которая облегчает трогание на подъеме, позволяя выполнить его, не прибегая к помощи стояночного тормоза. Для этого система при трогании замедляет уменьшение тормозного давления в гидравлической системе, предотвращая скатывание автомобиля назад, пока сила тяги еще недостаточна для компенсации скатывающей силы.

Система задействуется при выполнении следующих условий:

- автомобиль неподвижен;
- подъем превышает 5 %;
- двигатель работает;
- дверь водителя закрыта.

Комплектация системы трогания на подъеме базируется на системе ESP. Блок датчиков ESP дополняется датчиком продольного ускорения, распознающим положение автомобиля.

Работу системы можно подразделить на четыре фазы.

Фаза 1 – создание тормозного давления. Водитель останавливает или удерживает автомобиль нажатием педали тормоза. Клапан высокого давления закрыт.

Впускной клапан открыт, в тормозном цилиндре создается необходимое давление. Впускной клапан закрыт. Тормозной момент достаточен для удержания автомобиля от скатывания.

Фаза 2 – удержание тормозного давления. Водитель снимает ногу с педали тормоза, чтобы перенести ее на педаль акселератора. Система трогания на подъеме в течение двух секунд сохраняет тормозное давление на том же уровне, чтобы предотвратить скатывание автомобиля назад. В контурах колёс удерживается тормозное давление. Таким образом, предотвращается преждевременное снижение давления.

Фаза 3 – дозированное уменьшение тормозного давления. Автомобиль всё еще неподвижен. Водитель нажимает педаль акселератора. По мере того как двигатель увеличивает передаваемый к колесам крутящий момент (момент тяги), система трогания уменьшает тормозной момент так, что автомобиль не скатывается назад, но и не оказывается заторможенным при последующем трогании. Впускной клапан открыт.

Фаза 4 – сброс тормозного давления. Автомобиль трогается.

Момент тяги достаточен для трогания и последующего ускорения автомобиля. Система помощи при подъеме уменьшает тормозное давление до нуля.

Необходимо отметить, что система работает всегда на подъеме, независимо от направления движения, что актуально для трогания на подъеме задним ходом.

2.12.9 Система автоматического включения стояночного тормоза автомобиля

Система автоматического включения стояночного тормоза Auto Hold предназначена для работы в автомобилях, в которых вместо механического установлен электромеханический стояночный тормоз. Auto Hold обеспечивает автоматическое удержание на месте остановившегося автомобиля независимо от того, как именно он прекратил движение, и помогает водителю выполнить последующее трогание (вперед или назад). Auto Hold объединяет в себе следующие системы поддержки водителя [55].

Ассистент движения Stop-and-Go (движение в пробке). Если автомобиль после медленного выката останавливается сам, ассистент Stop-and-Go автоматически задействует тормоза для удержания его в таком положении. Это облегчает водителю управление при движении в пробке, поскольку ему больше не приходится нажимать педаль тормоза только для удержания остановившегося автомобиля на месте.

Ассистент трогания. Автоматизация процесса остановки и трогания облегчает водителю управление при трогании на подъеме. При трогании ассистент в нужный момент отпускает тормоза. Нежелательного скатывания назад не происходит.

Парковка. Если у остановившегося автомобиля с включенной функцией Auto Hold открывается дверь водителя, расстегивается замок ремня безопасности водителя либо выключается зажигание, система Auto Hold автоматически включает стояночный тормоз.

Система Auto Hold также является программным расширением системы ESP и требует для своей реализации наличие системы ESP и электромеханического стояночного тормоза.

Для включения системы Auto Hold должны быть выполнены следующие условия:

- дверь водителя должна быть закрыта;
- ремень безопасности водителя должен быть пристегнут;

- двигатель должен быть включен;
- нажата клавиша Auto Hold (включение функции индицируется загоранием контрольной лампы в клавише).

Если одно из условий перестает выполняться, функция Auto Hold отключается. После каждого нового включения зажигания функцию Auto Hold необходимо заново включать нажатием клавиши.

Принцип работы. Система Auto Hold включена. На основании сигналов скорости колес и выключателя стоп-сигнала Auto Hold распознает, что автомобиль неподвижен и что педаль тормоза нажата. Созданное ею тормозное давление «замораживается» закрытием клапанов гидравлического блока, водитель не должен больше удерживать педаль нажатой.

Если водитель не нажимает педаль тормоза и автомобиль, после того как уже было распознано его неподвижное состояние, вновь начинает движение, включается система ESP. Она самостоятельно (активно) создает тормозное давление в контурах колес, так, чтобы автомобиль прекратил движение. Необходимое для этого значение давления рассчитывается и устанавливается в зависимости от угла наклона дороги блоком управления ABS/ESP.

Для создания давления функция включает насос обратной подачи и открывает клапаны высокого давления и впускные клапаны ABS, выпускные и переключающие клапаны закрываются.

Если водитель нажимает педаль акселератора для трогания, выпускные клапаны ABS открываются и насос обратной подачи перекачивает через открытые переключающие клапаны тормозную жидкость в направлении компенсационного бачка. При этом учитывается наклон автомобиля и дороги в ту или иную сторону, чтобы предотвратить скатывание автомобиля.

Через 3 мин неподвижности автомобиля функция его затормаживания переходит от гидравлической системы ESP к электромеханическому тормозу. При этом блок управления ABS сообщает блоку управления электромеханического тормоза рассчитанное им значение необходимого тормозного момента.

2.12.10 Парковочные системы автомобиля

Парковочная система (система помощи при парковке, парктроник) является вспомогательной системой активной безопасности автомобиля, облегчающей процесс парковки. Наибольшая эффективность от применения парковочной системы реализуется при движении автомобиля задним ходом, в темное время суток, при сильной тонировке стекол, а также в стесненных условиях (парковка, гараж и др.).

Парковочные системы можно условно разделить на две большие группы: пассивные (предупреждающие) и активные (автоматические). Пассивные парковочные системы (звуковая система, система с одной видеокамерой заднего вида и система с несколькими видеокамерами) представляют только

необходимую для парковки информацию, при этом управление автомобилем осуществляется водителем. Активные парковочные системы обеспечивают парковку автомобиля в автоматическом или автоматизированном (автоматически выполняются отдельные функции) режиме.

Пассивные (предупреждающие) системы

Известными пассивными парковочными системами являются:

- Parktronic System (PTS) – на автомобилях Audi;
- Acoustic Parking System (APS) – на автомобилях Audi;
- Optical Parking System (OPS) – на автомобилях Audi;
- Parking Distance Control (PDC) – на автомобилях BMW;
- Park Assistant – на автомобилях Opel.

Пассивные парковочные системы устанавливаются на автомобиль при покупке в качестве опции или отдельно. На один автомобиль может быть установлено несколько пассивных парковочных систем. В основу их работы положен контроль расстояния до препятствия и информирование водителя об этом.

Торговое название Parktronic System (парктроник), ввиду его популярности, стало нарицательным именем большинства пассивных парковочных систем, устанавливаемых на автомобили. Конструктивно парктроник включает датчики парковки, электронный блок управления и устройство индикации.

Звуковая система позволяет водителю по звуковым сигналам, находящимся на рабочем месте водителя, оценить расстояние до ближайшего препятствия. Она состоит из нескольких датчиков (передающих и принимающих) (рисунок 2.135) в переднем и заднем бампере автомобиля, основного блока управления, блока управления дисплеем, зуммеров, дисплея.



Рисунок 2.135 – Расположение датчиков в заднем бампере автомобиля

Принцип работы датчиков базируется на излучении ультразвукового сигнала, не воспринимаемого человеком. Этот сигнал распространяется в виде звуковых волн в окружающей среде с постоянной скоростью. Звуковой

сигнал подается предупреждающими зуммерами. Расстояние, на котором датчики парковочной системы однозначно различают препятствия, зависит от места их установки.

Звуковая система парковки включается автоматически.

При наличии дисплея в дополнение к звуковому предупреждению на нем отображается фактическое расстояние от отдельных датчиков до имеющихся препятствий. Контролируемая зона разбита на секторы по числу датчиков (рисунок 2.136). В каждом из секторов имеется красная метка, которая отмечает расстояние между датчиком и ближайшим к нему препятствием. Когда расстояние между автомобилем и препятствием сокращается, соответствующая красная метка на экране приближается к автомобилю.

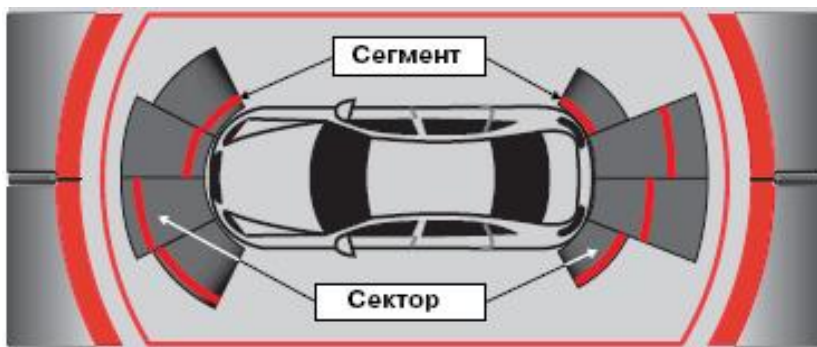


Рисунок 2.136 – Изображение на дисплее парковочного ассистента:
1 – сегмент; 2 – сектор

Система обзора окружающего пространства с одной или несколькими камерами заднего вида. Камера заднего вида является дополнением к звуковой системе парковки и позволяет контролировать ситуацию позади автомобиля, передавая изображение на дисплей. Камера встраивается в ручку двери багажного отсека и позволяет водителю видеть то, что происходит сзади. Изображение с камеры появляется на дисплее автоматически при включении передачи заднего хода.

Парковочный ассистент и камера заднего вида лишь помогают водителю в обзоре пространства вокруг автомобиля и оценке расстояния до препятствий, поэтому впоследствии стали применять более совершенные системы парковки.

Следующим поколением развития парковочных систем являются активные парковочные системы.

Система автоматической парковки (парковочный автопилот). Система автоматической парковки (интеллектуальная система помощи при парковке, парковочный автопилот) относится к активным парковочным системам, так как обеспечивает парковку автомобиля в автоматическом или автоматизированном режиме.

Такая система осуществляет не только осмотр пространства вокруг автомобиля, но и самостоятельно поворачивает рулевое колесо с электроусилителем рулевого управления при парковке автомобиля задним ходом. Водитель при этом управляет во время парковки педалями акселератора, сцепления или тормоза. При необходимости в любой момент времени водитель может взять на себя контроль рулевого управления и прервать процесс автоматической парковки.

Наряду с парковкой автомобиля задним ходом к правой стороне дороги в системе предусмотрена возможность парковки и к левой стороне дороги, например для улиц с односторонним движением.

Различные системы автоматической парковки помогают при выполнении параллельной и перпендикулярной парковок. Более распространены системы с параллельной парковкой.

Известными интеллектуальными системами помощи при парковке являются:

- Park Assist – на автомобилях Volkswagen;
- Park Assist Vision – на автомобилях Volkswagen;
- Intelligent Parking Assist System – на автомобилях Toyota, Lexus;
- Remote Park Assist System – на автомобилях BMW;
- Active Park Assist – на автомобилях Mercedes-Benz, Ford;
- Advanced Park Assist – на автомобилях Opel.

Конструкция системы автоматической парковки включает ультразвуковые датчики, выключатель, электронный блок управления, а также исполнительные устройства систем автомобиля.

Электронный блок управления принимает сигналы от ультразвуковых датчиков и преобразует их в управляющие воздействия на исполнительные устройства.

Парковка транспортного средства может осуществляться двумя способами: непосредственно водителем с помощью предлагаемых системой инструкций или автоматически без участия водителя.

Визуальные и тестовые инструкции водителю выводятся на информационный дисплей. Они касаются рекомендаций по повороту рулевого колеса на определенный угол и направлению движения. Такой способ автоматизированной парковки используется в системе Advanced Park Assist.

Процесс парковки задним ходом с использованием парковочного автопилота можно разделить на четыре этапа:

- 1) активирование парковочного автопилота;
- 2) поиск подходящего свободного места на стоянке;
- 3) парковка с использованием функции руления;
- 4) завершение процесса парковки.

Включение системы осуществляется принудительно при необходимости осуществить парковку. Для этого на панели приборов (рулевом колесе) имеется специальный выключатель.

3 ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

3.1 Показатели пассивной безопасности

Для оценки пассивной безопасности автомобиля предложено несколько показателей. Наиболее простой показатель – фактор тяжести F_T , который представляет собой отношение числа погибших N_c во время ДТП к числу раненых N_p :

$$F_T = \frac{N_c}{N_p}.$$

По официальным данным, фактор тяжести F_T в различных странах находится в пределах 1:5–1:40.

Иногда тяжесть ДТП определяют по отношению суммы числа раненых N_p и погибших N_c к общему числу ДТП $N_{\text{ДТП}}$:

$$F_T^1 = \frac{N_c + N_p}{N_{\text{ДТП}}}.$$

Применяются также удельные показатели: число раненых и погибших при ДТП, отнесенные к 1 млн жителей, 1 млн км пробега или 1 млн автомобилей.

Часто для оценки тяжести ДТП прибегают к показателям, учитывающим экономическим потери вследствие ДТП. Одним из таких показателей является предложенный И. К. Коршаковым коэффициент опасности $K_{\text{оп}}$, характеризующий вероятность смертельного исхода при происшествии для каждого из его участников:

$$K_{\text{оп}} = (K_1 N_l + K_2 N_T + K_3 N_c) / (N_l + N_T + N_c + N_0),$$

где K_1 , K_2 , K_3 , – коэффициенты тяжести последствий, позволяющие привести повреждения различных видов (легкие, тяжелые, смертельные) к повреждениям одного вида; N_l , N_T и N_c – количество людей, получивших соответственно легкие, тяжелые и смертельные повреждения; N_0 – количество людей, не получивших телесных повреждений.

Зная число пострадавших при ДТП и полученные ими повреждения, с помощью коэффициента опасности $K_{\text{оп}}$ можно количественно оценить тяжесть

различных видов ДТП, сравнить пассивную безопасность различных автомобилей, оценить эффективность тех или иных конструктивных решений. Чем больше $K_{оп}$, тем вероятнее смертельный исход и значительней потери от ДТП.

Необходимо отметить, что вероятность получения травм и степень их тяжести зависит от места расположения человека в автомобиле во время ДТП (рисунок 3.1).

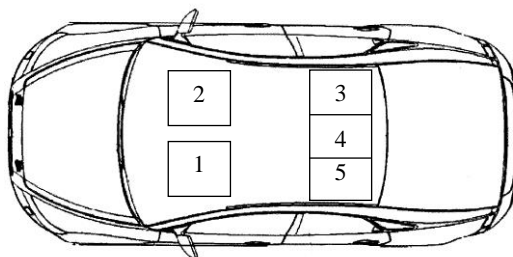


Рисунок 3.1 – Места расположения людей в автомобиле

В качестве примера приведены осредненные значения коэффициента опасности при встречных столкновениях (без применения ремней безопасности), иллюстрирующие относительную опасность мест в автомобиле ГАЗ-3102. Для места водителя 1 – $K_{оп} = 0,184$, для места 2 – $K_{оп} = 0,229$, для места 3 – $K_{оп} = 0,171$, для места 4 – $K_{оп} = 0,167$ и для места 5 – $K_{оп} = 0,149$.

Как видно, наиболее опасными являются места, занимаемые передним пассажиром и водителем; места, занимаемые задними пассажирами, менее опасны и по тяжести повреждений незначительно отличаются друг от друга.

3.2 Перегрузки, действующие на водителя и пассажиров при ДТП

В процессе наиболее тяжелых ДТП (столкновения, наезды на неподвижные препятствия) вначале деформируются элементы кузова автомобиля, происходит первичный удар. Кинетическая энергия автомобиля при этом тратится на деформацию и поломку его деталей. Человек внутри автомобиля продолжает движение по инерции с прежней скоростью. Силы, удерживающие тело человека (мышечные усилия конечностей, трение о поверхность сиденья) невелики по сравнению с инерционными нагрузками и не могут воспрепятствовать его перемещению. В результате человек контактирует с деталями автомобиля – рулевым колесом, панелью приборов, лобовым стеклом и т. п., происходит вторичный удар. Параметры вторичного удара зависят от скорости и замедления автомобиля, перемещения тела человека, формы и механических свойств деталей, о которые он ударяется.

При высоких скоростях движения автомобиля возможен также третичный удар, т. е. удар внутренних органов человека (мозга, печени, сердца,

легких) о твердые части скелета. Возникающие при этом перегрузки могут привести к серьезным повреждениям внутренних органов, разрушению кровеносных сосудов и нервных волокон. Однако наибольшую часть травм водители и пассажиры получают во время вторичного удара.

Характер и тяжесть травм зависят от многих причин: вида ДТП, скорости и конструкции автомобиля, наличия защитных приспособлений, возраста и здоровья человека. В среднем человек может выдержать без вреда для себя кратковременную (в течение 0,01–0,1 с) перегрузку в 40–50 g. Перегрузки, испытываемые водителем и передним пассажиром при встречных столкновениях автомобилей, достигают 150–200 g. Усилия, действующие на отдельные части тела человека при этом, могут превышать 30 кН, что объясняет высокую смертность при таких ДТП.

3.3 Внутренняя пассивная безопасность

Повышение внутренней пассивной безопасности автомобиля происходит одновременно по нескольким направлениям: уменьшение инерционных нагрузок, ограничение перемещения людей в салоне автомобиля во время ДТП, устранение травмоопасных элементов интерьера.

3.3.1 Уменьшение инерционных нагрузок

Процесс удара обычно разделяют на три фазы. В течение первой фазы соударяющиеся тела, сближаясь, деформируются, их кинетическая энергия частично переходит в потенциальную, а частично затрачивается на разрушение, деформацию и нагрев деталей. Во второй фазе накопленная потенциальная энергия снова превращается в кинетическую, и тела начинают расходиться. В течение третьей фазы тела не контактируют, их энергия расходуется на преодоление внешнего сопротивления.

Основной причиной разрушения автомобилей и травмирования людей при ДТП являются ударные нагрузки. Эти нагрузки имеют импульсный характер, и хотя действие их кратковременно, они достигают больших величин вследствие резкого изменения скорости автомобиля. При встречных столкновениях и наездах автомобиля на препятствие замедления особенно велики в зоне переднего бампера (300–400 g) и уменьшаются по направлению к задней части автомобиля. Среднее замедление центра тяжести автомобиля может достигать 40–60 g. Мгновенные замедления центра тяжести больше средних значений и могут составлять 80–100 g. Еще больше замедление человека во время вторичного удара.

Основной метод уменьшения нагрузок, действующих на водителя и пассажиров, – поглощение кинетической энергии удара при помощи демпфирующей системы. По существу, чем продолжительнее период замедления автомобиля, тем меньше инерционные нагрузки, воздействующие на людей,

находящихся в нем. Поэтому для снижения этих нагрузок необходимо увеличить длительность деформации элементов кузова автомобиля. С этой целью создают защитную зону вокруг водителя и пассажиров путем устройства жесткого каркаса в сочетании с так называемыми «мягкими» передней и задней частями кузова, легко сминающимися при ударах (рисунок 3.2).

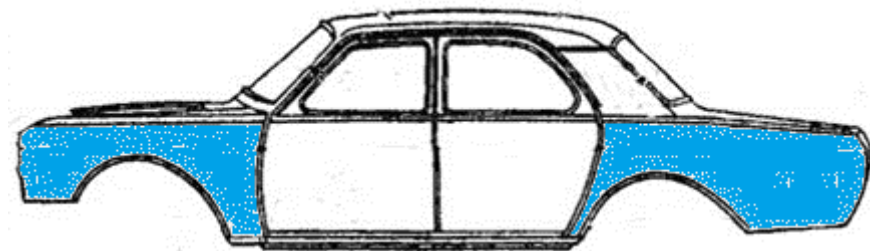


Рисунок 3.2 – Конструкция кузова автомобиля с защитной зоной

Эти части кузова в большой степени поглощают энергию удара и тем самым не допускают деформацию кузова непосредственно вокруг пассажиров, одновременно снижая возникающие при этом замедления людей в автомобиле.

В автомобилях рамной конструкции увеличению жесткости средней части кузова способствует рама, однако она в известной мере затрудняет обеспечение прогрессивной деформации передней части кузова. Для устранения этого недостатка ослабляют лонжероны и поперечины передней части рамы, уменьшая их сечения, предусматривают отверстия в слабонагруженных элементах рамы, применяют такие хрупкие материалы, как алюминиевые трубы и брусья. Например, на американских автомобилях Ford и Mercury применяется рама с измененной конфигурацией передней части, которая складывается в «гармошку» при ударе. Таким образом, энергия удара локализуется в передней части автомобиля, на достаточно безопасном расстоянии от пассажирского салона.

Остаточные деформации кузова пассажирских автомобилей после удара о плоскую стену достигают 400–500 мм, а грузовых – 150–180 мм, что обусловлено их большей жесткостью. При ударе о сосредоточенное препятствие (столб, дерево, осветительную мачту) деформация может быть значительно больше.

Двери автомобиля должны защищать пассажиров сбоку от проникновения внутрь посторонних предметов при ДТП. Для этого применяются различные усиливающие кронштейны и брусья, которые свариваются в двери с внутренней стороны, и располагаются на одной высоте с бампером.

Для определения прочностных свойств кузовов и с целью выяснения уровня повреждений, которые могут получить водитель и пассажиры, лег-

ковые автомобили подвергают испытаниям, имитирующим различные виды столкновений, так называемым, «краш-тестам» (англ. *crash test* – аварийное испытание), регламентируемых соответствующими Правилами ЕЭК ООН. С 1966 года в автомобили помещают биомеханические манекены, оборудованные датчиками, позволяющими оценить степень тяжести травмирования.

Правила ЕЭК ООН № 33 регламентируют требования к безопасности конструкции пассажирских транспортных средств категории М₁ при фронтальном столкновении. Цель испытания состоит в имитации условий фронтального столкновения транспортного средства с неподвижным препятствием. Испытание должно показать, что данное транспортное средство удовлетворяет техническим требованиям в отношении поведения конструкции кузова в случае фронтального столкновения (рисунок 3.3).

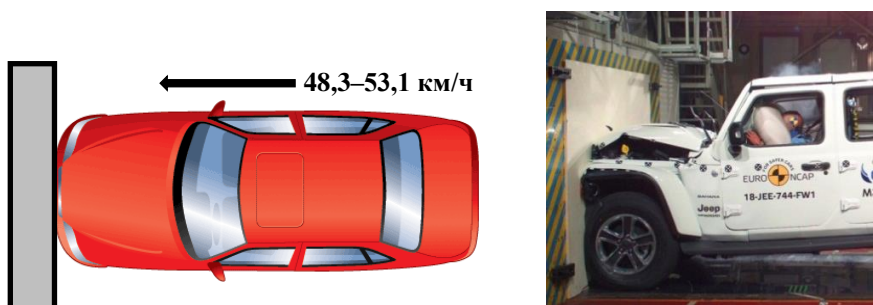


Рисунок 3.3 – Испытание методом фронтального столкновения с жестким препятствием

Неподвижное препятствие представляет собой железобетонный блок шириной минимум 3 м и высотой минимум 1,5 м. Толщина препятствия должна быть такой, чтобы его масса была не менее 70 т. Фронтальная сторона препятствия должна быть вертикальной и перпендикулярной к оси дорожки разгона, а также должна быть покрыта фанерной облицовкой толщиной 2 см. Препятствие не должно смещаться при ударе.

После испытания методом фронтального (под углом 90°) столкновения транспортного средства в снаряженном состоянии с жестким недеформируемым неподвижным препятствием со скоростью 48,3–53,1 км/ч должны быть выдержаны следующие условия:

– для каждого переднего места для сидения расстояние, определяемое после удара, между двумя поперечными плоскостями, одна из которых проходит через соответствующую точку *R*, а другая – через самую заднюю часть контура панели приборов (не считая выключателей), на ширине 150 мм по обе стороны от продольной плоскости, проходящей через центр сиденья, не должно быть менее 450 мм. Точка *R*, или контрольная точка места для сидения, означает условную точку, указываемую заводом-изготовителем для каждого места для сидения относительно трехмерной системы координат;

– для каждого переднего места для сидения до удара определяется прямая линия на пересечении продольной плоскости, проходящей через центр соответствующего сиденья, с горизонтальной плоскостью, проходящей через центр педали рабочего тормоза в нерабочем положении; затем после удара определяется расстояние между точкой пересечения этой прямой с передней частью салона и ее точкой пересечения с поперечной плоскостью, проходящей через соответствующую точку *R*. Это расстояние не должно быть менее 650 мм;

– ширина пространства, отведенного для ног лиц, находящихся в транспортном средстве, не должна быть меньше 250 мм для каждого переднего места для сидения;

– расстояние между полом и крышей, определяемое вдоль вертикальной линии, которая проходит через точку *R* и расположена в продольной плоскости, проходящей через центр каждого переднего места для сидения, после удара не должно уменьшаться более чем на 10 %;

– после испытания никакой жесткий элемент в салоне не должен представлять опасности для серьезного ранения водителя или пассажиров транспортного средства;

– боковые двери транспортного средства не должны открываться под действием удара;

– после удара должна оставаться возможность открытия без использования инструмента достаточного числа дверей для обеспечения эвакуации всех лиц, находящихся в транспортном средстве.

Правила ЕЭК ООН № 94 регламентируют требования к транспортным средствам категории M_1 , максимальная масса которых не превышает 2,5 т, в отношении защиты водителя и пассажиров в случае фронтального столкновения.

Препятствие в этом случае также представляет собой железобетонный блок шириной минимум 3 м и высотой минимум 1,5 м массой не менее 70 т, но на его поверхности монтируется алюминиевый деформируемый блок (рисунок 3.4).

Блок имеет сотовую структуру, имитирующую переднюю часть легкового автомобиля и состоящую из следующих элементов:

– основной ячеистый блок высотой 650 мм, шириной 1000 мм, толщиной 450 мм, размер ячейки – 19,1 мм;

– бамперный элемент высотой 330 мм, шириной 1000 мм, толщиной 90 мм, размер ячейки – 6,4 мм.

Основной блок и бамперный элемент облицованы алюминиевым листом толщиной 0,81 мм.

Скорость транспортного средства в момент удара должна составлять $56 \pm 0,2$ км/ч. Однако если испытание проводится при большей скорости в

момент удара и если при этом автомобиль соответствует предъявляемым требованиям, испытание считают выдержанным.

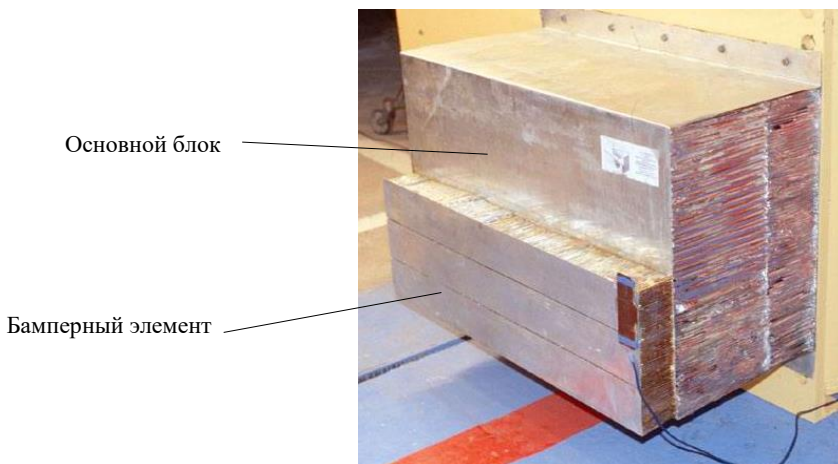


Рисунок 3.4 – Деформируемый блок для испытаний автомобилей на фронтальное столкновение

Так как, по статистике, при встречных столкновениях автомобилей их продольные оси редко совпадают друг с другом, во время краш-теста расположение автомобиля по отношению к препятствию должно быть таким, чтобы в результате транспортное средство совместилось с поверхностью препятствия на 40 % (± 20 мм) (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Испытание методом фронтального столкновения с деформируемым препятствием

Такой удар моделирует встречное смещенное лобовое столкновение двух автомобилей примерно одинаковой массы на суммарной скорости 110 км/ч – когда оба движутся навстречу друг другу со скоростью 55 км/ч.

При проведении испытаний, имитирующих фронтальное столкновение, на передние сиденья автомобиля устанавливают соответствующим образом

манекены. Каждый из манекенов должен быть оборудован датчиками, которые регистрируют перегрузки, действующие во время удара на голову, шею, грудь, колени, бедра и голени, и на основе этих данных вычисляют вероятность травм, которые получил бы человек при подобном происшествии.

При испытании остаточное смещение рулевого колеса, измеряемое в центре его ступицы, не должно превышать 80 мм в вертикальном направлении вверх и 100 мм в горизонтальном направлении назад. Ни одна из дверей в ходе испытаний не должна открываться и не должна происходить блокировка замков передних дверей. Во время испытания допускается лишь незначительная утечка жидкости из системы питания, в случае постоянной утечки жидкости после столкновения эта утечка не должна превышать 30 г/мин.

После проведения испытаний должны соблюдаться следующие условия:

– возможность открытия передних дверей без помощи инструментов (одна дверь для каждого ряда сидений);

– освобождение манекенов из удерживающей их системы, которая в случае блокировки должна открываться под действием усилия не более 60 Н, прилагаемого к центру стопорного рычага;

– возможность извлечения манекенов из транспортного средства без смещения сидений.

Правила ЕЭК ООН № 32 регламентируют требования к прочности конструкции кузова пассажирских транспортных средств категории М₁ при ударе сзади.

Целью данного испытания является имитация условий удара сзади другим транспортным средством, осуществляемым с помощью наезда сзади тележки с жестким ударным элементом или удара маятника. Испытание должно показать, что данное транспортное средство удовлетворяет техническим требованиям в отношении поведения конструкции кузова в случае удара сзади.

Ударный элемент может либо устанавливаться на тележке (подвижное препятствие), либо быть частью маятника. Скорость ударного элемента в момент контакта с транспортным средством должна составлять 35–38 км/ч. Допускается проводить испытания при скорости и массе ударного элемента, превышающие вышеуказанные. Ударный деформируемый элемент может закрепляться на тележке при помощи жесткого и недеформируемого при ударе удерживающего элемента. При этом тележка должна иметь возможность свободно перемещаться в момент удара и не подвергаться после этого воздействию перемещающего устройства. Общая масса тележки и ударного элемента должна составлять (1100 ± 20) кг (рисунок 3.6).

При испытании транспортного средства на удар сзади с помощью ударного элемента:

– величина продольного перемещения вертикальной проекции на пол точки $H(R)$ самого заднего сиденья не должна превышать 75 мм (точкой H

обозначают центр вращения туловища и бедра трехмерного манекена, расположенного на сиденье транспортного средства). Теоретически точка H соответствует точке R , поэтому допустимо обозначение $H(R)$;

– после испытания никакой жесткий элемент в салоне кузова транспортного средства не должен представлять опасности серьезного ранения для водителя или пассажиров;

– боковые двери транспортного средства не должны открываться под действием удара;

– после удара должна оставаться возможность открытия без использования инструмента достаточного числа дверей для обеспечения выхода водителя и пассажиров, находящихся внутри транспортного средства.

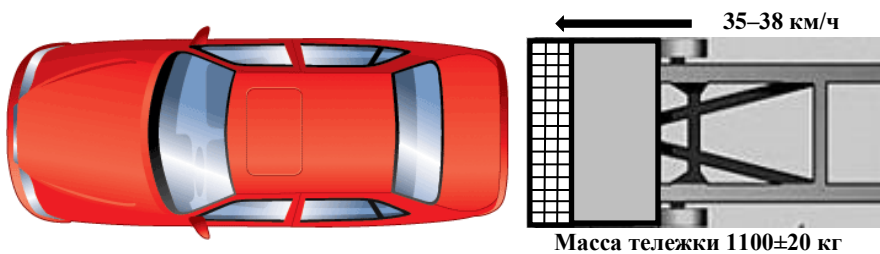


Рисунок 3.6 – Испытание методом удара сзади

Правила ЕЭК ООН № 95 регламентируют требования к характеру изменения конструкции салона транспортных средств категорий, в котором точка R самого низкого сиденья находится на высоте не более 700 мм над поверхностью земли, в случае бокового столкновения.

При проведении испытаний используется тележка общей массой 950 ± 20 кг. При проведении бокового столкновения по транспортному средству, находящемуся в неподвижном состоянии, совершается удар подвижным деформируемым барьером. Скорость движения подвижного деформируемого барьера в момент удара должна составлять 50 ± 1 км/ч, которая стабилизи-

руется, по крайней мере, за 0,5 м до точки удара. Подвижный деформируемый барьер должен быть оборудован соответствующим устройством для предупреждения нанесения повторного удара по транспортному средству.

Для имитации геометрических характеристик и ударно-прочностных свойств передней части наезжающего на боковую сторону легкового автомобиля используется ударный элемент, состоящий из шести отдельных соединенных между собой блоков алюминиевых сот, формованных таким образом, чтобы обеспечить прогрессивную характеристику возрастания сопротивления при увеличении деформации. Передняя и задняя поверхности блоков алюминиевых сот закрыты алюминиевыми панелями. Ударный элемент устанавливается на тележке общей массой 950 кг (рисунок 3.7).

При испытаниях масса транспортного средства должна быть снаряженной, к которой прибавляется масса манекена (100 кг); топливный бак на 90 % должен быть заправлен водой; охлаждающей жидкостью и смазочными материалами, инструментом и запасным колесом. Боковые окна должны быть в закрытом положении; двери должны быть закрыты, но не заперты; рычаг переключения передач должен быть в нейтральном положении; стояночный тормоз должен быть отключен.

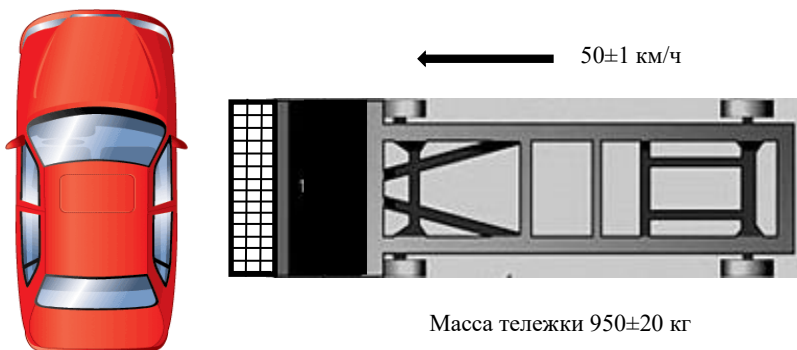


Рисунок 3.7 – Испытание на боковой удар

В ходе испытания не должна открываться ни одна из дверей. После испытания необходимо обеспечить возможность без помощи инструментов открыть достаточное число боковых дверей, предназначенных для обычной посадки и высадки пассажиров, для эвакуации водителя и всех пассажиров, высвободить манекен из защитной системы и извлечь его из транспортного средства. Ни одно внутреннее устройство или элемент не должны отделяться таким образом, чтобы в результате этого образовывались острые выступы, способные существенно повысить риск травмирования, а в случае постоянной утечки жидкости из системы подачи топлива после столкновения скорость этой утечки не должна превышать 30 г/мин.

Поскольку при боковом ударе о сосредоточенное препятствие, например о столб, деформация кузова автомобиля может быть очень высокой, а столб может глубоко проникнуть в пассажирский салон и без эффективной защиты, он ударит водителя или переднего пассажира по голове, что приведет к серьезным травмам. Поэтому подушки безопасности для защиты головы (часто шторные подушки безопасности или занавески, установленные над боковыми окнами, но иногда устанавливаемые на сиденьях подушки безопасности для грудной клетки и головы) стали обычной комплектацией автомобиля.

Требования к конструкции транспортного средства при боковом ударе о столб регламентированы Правилами ЕЭК ООН № 135.

При испытаниях тележку со стоящим на ней автомобилем со скоростью 32 ± 1 км/ч направляют в столб диаметром в 25,4 см. Автомобиль располагают под прямым углом к направлению движения или, как это делается с 2015 года, под углом $75 \pm 3^\circ$ от перпендикуляра (рисунок 3.8). Манекен взрослого мужчины помещается на переднее сиденье со стороны удара.

Оценка соответствия транспортного средства требованиям Правил ЕЭК ООН № 135 производится по специальным критериям, которые рассчитываются по приведенным в этих Правилах формулам.

Критерий оценки травмирования головы не должен превышать 1000 ед.

Критерий оценки нагрузки на плечо – пиковая боковая сила, прилагаемая к плечу, не должна превышать 3,0 кН.

Критерий оценки нагрузки на грудную клетку – максимальное значение смещения ребер грудной клетки, не должно превышать 55 мм.

Критерий оценки нагрузки на брюшной отдел – максимальное смещение брюшного ребра, не должно превышать 65 мм.

Итоговое значение ускорения нижнего отдела позвоночника не должно превышать 75 g.

Критерий оценки нагрузки на тазовый отдел – пиковая сила, прилагаемая к лобковому симфизу – не должна превышать 3,36 кН.

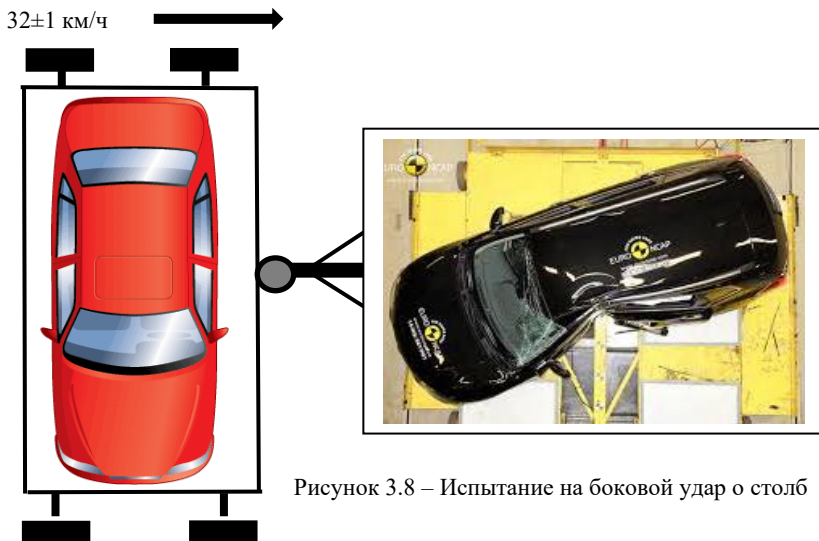


Рисунок 3.8 – Испытание на боковой удар о столб

Требования в отношении целостности систем дверной защелки и дверных петель:

- ни одна боковая дверь, которая подверглась удару о столб, не должна полностью оторваться от транспортного средства;
- любая дверь, за исключением крышки багажника, которая не подвергалась удару о столб, должна оставаться запертой;
- защелка двери не должна отделяться от фиксатора;
- компоненты петель не должны отрываться друг от друга или от их крепежа на транспортном средстве;
- системы защелок и петель двери должны оставаться на своих креплениях.

Утечка жидкости из топливной системы не должна превышать:

- в общей сложности 142 г в течение 5-минутного периода сразу после первого удара транспортного средства о столб;
- в общей сложности 28 г в течение каждой последующей минуты спустя 5 минут, но не позднее 30 минут после первого удара транспортного средства о столб.

Безопасные рулевые колеса. При встречных столкновениях картер рулевого механизма, смещается назад вместе с рулевым валом и рулевым колесом, приближаясь к водителю. При этом такое смещение может быть настолько велико, что водитель может получить травму уже при первичном ударе. Во время вторичного удара тело водителя деформирует рулевое колесо и входит в контакт с его ступицей. В результате водитель получает тяжелые травмы лица, груди, брюшной полости, а иногда и сердца.

Методика испытаний рулевого управления с имитацией фронтального столкновения с неподвижным препятствием описана выше при рассмотрении Правил ЕЭК ООН № 33. В соответствии с этими Правилами при испытании остаточное смещение рулевого колеса, измеряемое в центре его ступицы, не должно превышать 80 мм в вертикальном направлении вверх и 100 мм в горизонтальном направлении назад.

Одним из первых безопасных было рулевое колесо типа «Банджо», которое использовалось в старых марках автомобилей, например, автомобиль «Buick» 1947 года. Проволочные спицы играли роль буфера или амортизатора. В большинстве случаев на рулевом колесе было 2 или 3 спицы, каждая сделанная из четырёх или пяти проволок. Отсюда и название как у музыкального инструмента «Банджо» (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Рулевое колесо типа «Банджо»

Большое распространение получили рулевые колеса, так называемого, «тюльпанного» типа. Исследованиями было установлено, что с точки зрения безопасности они будут оптимальными, если будут иметь две спицы, расположенные не диаметрально противоположно, а под углом 140–160°. Кроме того, чтобы исключить возможность удара водителя грудью о ступицу, ее нужно утопить настолько, чтобы спицы оказались наклоненными к плоскости обода на угол не менее, чем на 20° (рисунок 3.10).

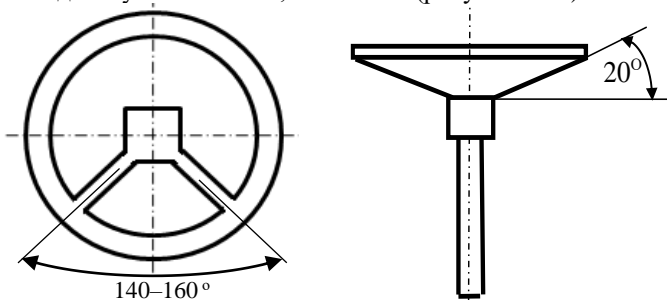


Рисунок 3.10 – Рулевое колесо «тюльпанного» типа

При такой конструкции спицы и каркас обода при ударе изгибаются, и в результате рулевое колесо располагается перпендикулярно к направлению удара, что снижает удельное давление на грудную клетку водителя.

На некоторых автомобилях, кроме того, под рулевым колесом размещают энергопоглощающий элемент, деформирующийся при ударах. В большинстве современных автомобилей для защиты водителя ступицу рулевого колеса делают увеличенного размера и снабжают ее предохранительной мягкой накладкой, под которой, как правило, располагается водительская подушка безопасности (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Рулевое колесо автомобиля «Volvo» с увеличенной ступицей

Безопасные рулевые валы. Конструкции безопасных рулевых валов весьма разнообразны (рисунок 3.12). Так, чтобы предотвратить возможность продвижения рулевого колеса внутрь салона, применяют рулевые валы с карданными шарнирами (см. рисунок 3.12, а). При ударе рулевой вал переламывается в шарнирах и рулевое колесо не продвигается внутрь салона. Для поглощения кинетической энергии тела водителя в рулевой вал встраивают специальные защитные элементы, разрушающиеся или деформирующиеся под действием нагрузок.

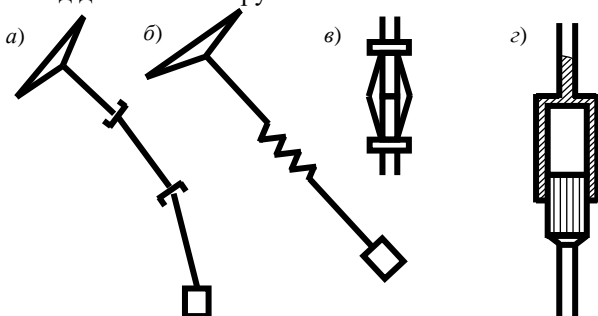


Рисунок 3.12 – Конструкции безопасных рулевых валов

У некоторых автомобилей защитный элемент имеет форму перфорированной или гофрированной трубы и расположен в центре рулевого вала. Этот элемент при ударе разрушается или деформируется, поглощая энергию удара (см. рисунок 3.12, б). Довольно часто используют деформируемый элемент в виде пластин, приваренных к внутренним концам частей рулевого

вала (см. рисунок 3.12, в). Применяется безопасный рулевой вал, состоящий из двух частей (см. рисунок 3.12, з). Вал рулевого механизма имеет шлицевую часть, на которую с натягом напрессована шлицевая втулка, приваренная к верхней части рулевого вала. При ударе водителя о рулевое колесо шлицевая втулка, преодолевая натяг, надвигается на вал рулевого механизма, на что расходуется энергия удара.

Безопасные рулевые колонки. Для поглощения кинетической энергии тела человека рулевые колонки изготавливают с деформируемыми элементами или составными (рисунок 3.13).

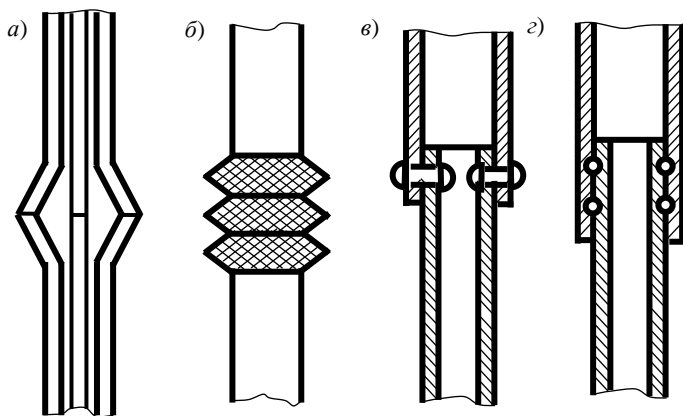


Рисунок 3.13 – Конструкции безопасных рулевых колонок

Деформируемые элементы могут быть выполнены в виде упругих пластин (см. рисунок 3.13, а), или в виде гофрированной сетки (см. рисунок 3.13, б). Часто рулевые колонки делают телескопическими. Внутренние и наружные трубы могут соединяться пластмассовыми заклепками, которые срезаются при ударе (см. рисунок 3.13, в). Иногда между внутренней и наружной трубами располагают несколько кольцевых поясков со стальными шариками (см. рисунок 3.13, г). При продольном перемещении труб шарики вдавливаются в их стенки, поглощая при этом энергию удара.

3.3.2 Ограничение перемещения людей в салоне автомобиля

К устройствам, применяющимся для ограничения перемещения людей в салоне автомобиля при ДТП, являются ремни безопасности и пневматические подушки безопасности.

Ремни безопасности. Наиболее простым и вместе с тем эффективным средством, ограничивающим перемещение людей внутри автомобиля при ДТП, являются ремни безопасности. В их задачу входит предотвращение инерционного движения тела при столкновении автомобиля с препятствием.

Тем самым он упреждает вылет водителя и пассажиров через лобовое стекло, получение травм из-за ударов о рулевое колесо и переднюю панель.

Законодательствами большинства стран предусмотрено обязательное оборудование ремнями безопасности всех мест для сиденья в автомобиле.

Эффективность ремней безопасности доказана многочисленными исследованиями. Так, по данным ФРГ, правильное использование ремней уменьшает число травм на 60–75 %. По данным шведских исследователей, применение ремней безопасности в 50–70 случаях из 100 предотвращает тяжелые ранения. Американская организация безопасности движения NHTSA на основании своих исследований сообщает, что использование ремней безопасности снижает риск смертельного исхода на 45–60 % в зависимости от типа автомобиля.

Ремни безопасности различаются между собой по количеству точек крепления. Они бывают двух-, трех-, четырех-, пяти- и шеститочечные. Чем больше количество точек, тем лучше происходит распределение энергии движения тела при ударе, что снижает вероятность получения травм.

Самым простым является *двухточечный ремень* безопасности, который обычно называют поясным, наподобие того, как в сиденьях самолетов. Такие ремни в автомобилях практически не применяются и устанавливаются там, где нельзя использовать верхнюю точку крепления, например, на сиденьях автобусов (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 – Двухточечный ремень безопасности

Трехточечные ремни безопасности являются основным видом ремней безопасности и устанавливаются на всех современных автомобилях. Трехточечный диагонально-поясной ремень безопасности имеет V-образное расположение, которое обеспечивает равномерное распределение энергии движущегося тела на грудь, таз и плечи (рисунок 3.15).

Требования к креплениям ремней безопасности регламентированы Правилами ЕЭК ООН № 14, а к самим ремням – Правилами ЕЭК ООН № 16.



Рисунок 3.15 – Трехточечный ремень безопасности

Расстояние между местами крепления поясного ремня должно быть не менее 0,35 м. Верхнее место крепления плечевого ремня должно находиться позади верхней точки опоры водителя на сиденье и выше ее. Необходимо, чтобы места крепления трехточечного ремня выдерживали усилия не менее $13,5 \pm 0,2$ кН, а двухточечного ремня – не менее $22,25 \pm 0,2$ кН для транспортных средств категорий М₁ и N₁. Замки ремня должны открываться одной рукой.

Замок должен открываться при нажатии на кнопку с усилием не более 60 Н, даже если он натянут усилием 360 Н. Минимальная площадь поверхности утопленной кнопки замка должна быть 4,5 см², минимальная ширина – 15 мм, а у не утопленной – площадь не менее 2,5 см² при ширине не менее 10 мм. Поверхность кнопки должна быть окрашена в красный цвет. Ширина лямки ремня должна быть не менее 46 мм под нагрузкой 9,8 кН. Кроме этого, лямки пристегнутого ремня не должны передавать усилий на органы, не защищенные грудной клеткой. Также лямки не должны создавать местных высоких давлений и не должны контактировать с болезненными и легкоранимыми частями тела. Расположение ремня должно по возможности уменьшать взаимное перемещение (изгиб и поворот) отдельных частей тела, приводящее к дополнительным нагрузкам. Места крепления диагонально-поясных ремней безопасности располагаются на центральных стойках кузова, на внутренних сторонах дверных порогов и на днище кузова с обеих сторон туннеля.

Четырехточечные ремни безопасности устанавливаются на спортивных автомобилях (рисунок 3.16).

Пятиточечные ремни безопасности используются на гоночных автомобилях, а также для закрепления детей в детских автомобильных сиденьях. Они включают два поясных ремня, два плечевых ремня и один ремень, находящийся между ног (рисунок 3.17).

Шеститочечные ремни безопасности имеют два ремня между ног, за счет чего обеспечивается более надежная фиксация пилота гоночного автомобиля.



Рисунок 3.16 – Четырехточечный ремень безопасности



Рисунок 3.17 – Пятиточечный ремень безопасности

Перспективной конструкцией являются надувные ремни безопасности, которые наполняются газом при ДТП (рисунок 3.18).

Они увеличивают площадь контакта с пассажиром и соответственно уменьшают нагрузки на человека. Надувная секция может быть только плечевой, а также плечевой и поясной. Как показывают испытания, данная конструкция ремня безопасности обеспечивает дополнительную защиту от бокового удара.

Чтобы увеличить степень использования ремней безопасности, на многих автомобилях при посадке водителя на сиденье при включении зажигания срабатывает датчик, который включает зуммер и световой сигнализатор на панели приборов, предупреждающий о необходимости пристегнуть ремень безопасности, а иногда и препятствует запуску двигателя, если ремень не пристегнут.

Исследования результатов проведенных испытаний позволили выявить следующие недостатки диагонально-поясных ремней безопасности.

1 Наличие зазора между ремнем и телом человека вызывает в начальный момент удара резкое натяжение ремня, в результате чего он может разорваться.



Рисунок 3.18 – Надувной ремень безопасности

2 Вследствие удара тело человека по инерции продолжает движение вперед. Наличие элементов поясного ремня ведет к тому, что верхняя часть тела получает вращательное движение вперед, в результате чего значительно увеличиваются инерционные нагрузки, приходящиеся на грудную клетку и позвоночник. Если в результате столкновения водитель или пассажир ударяется о ветровое стекло, то к простому изгибу добавляется продольное усилие сжатия, что может повлечь за собой раздавливание хрящевых позвоночных дисков и серьезные повреждения самих позвонков.

3 Во время фазы возврата водитель и пассажир резко возвращаются на сиденье, что вызывает опрокидывание головы назад и может привести к серьезным повреждениям шейных позвонков и нервных центров. Этот недостаток устраняется применением подголовников, жестко соединенных со спинкой сиденья. Но тем не менее замедление, сообщаемое человеку при возврате его назад, остается практически таким же высоким, как и в случае прямого удара.

Для уменьшения указанных недостатков диагонально-поясных ремней безопасности широкое применение получили инерционные катушки, на которых намотана свободная часть ремня. При плавных движениях водителя они разматываются и обеспечивают достаточную свободу перемещения, для того чтобы достать до всех органов управления. При резких движениях (ускорения 0,4–0,5 g) катушка блокирует ремень.

Положительными качествами инерционной катушки ремня безопасности являются:

- автоматическая блокировка ремня при резком замедлении автомобиля, не дающая телу водителя сильно уйти вперед;
- катушка самостоятельно регулирует натяжение, выбирая лишнюю часть ремня;
- при отстёгивании замка ремень сматывается сам.

Негативное свойство инерционной катушки ремня безопасности состоит в следующем: она блокируется не сразу, и длина ремня немного увеличивается, из-за чего туловище водителя успевает набрать некоторое ускорение, что повышает вероятность травмирования.

Чтобы этого не допустить, современные автомобили оснащаются ремнями безопасности с преднатяжителями (натяжителями), которые натягивают ремень еще до того, как тело начинает инерционное движение (рисунок 3.19). То есть они предотвращают получение ускорения исключая тем самым и обратный удар. Эти устройства работают на опережение, и для этого используются датчики удара, применяемые в конструкции подушек безопасности.

Существуют различные конструкции и способы действия преднатяжителей ремней безопасности: тросовый, роторный, ленточный, шариковый, реечный. Любая конструкция оснащается электрическим или механическим приводом.

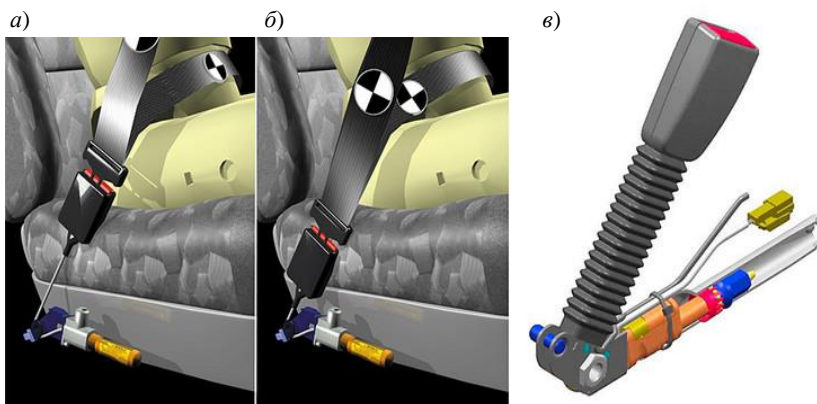


Рисунок 3.19 – Преднатяжитель ремня безопасности
а – до удара; *б* – в момент удара; *в* – привод преднатяжителя

Привод преднатяжителя представляет собой способ воспламенения пиропатрона: механический привод основан на воспламенении пиропатрона при помощи механического метода (другими словами, накальвание бойком); если у натяжителя электрический привод, то он приводится в действие путем воспламенения пиропатрона электрическим сигналом, который идет от электронного блока управления или другим, отдельно установленным датчиком.

Работают преднатяжители так: в момент удара при столкновении датчики регистрируют его и подают сигнал на блок управления. Тот, в свою очередь, задействует исполнительные механизмы, и они мгновенно натягивают лямку ремня, исключая даже малейшее смещение тела вперед.

Преднатяжитель обеспечивает сматывание отрезка ремня безопасности длиной до 130 мм за время 13 мс. Преднатяжители, как правило, устанавливаются на замке ремня безопасности, реже – на втягивающем устройстве.

Рассмотрим в качестве примера работу реечного преднатяжителя ремня безопасности (рисунок 3.20).

Реечный преднатяжитель работает следующим образом. По сигналу блока управления подушками безопасности поджигается заряд пиропатрона 9. Под давлением образующихся при этом газов поршень с рейкой 8 перемещается вверх, вызывая вращение находящейся с ним в зацеплении шестерни 3. Вращение шестерни 3 передается на шестерни 2 и 4. Шестерня 2 жестко связана с наружным кольцом 7 обгонной муфты, передающей крутящий момент на торсионный вал 6. При повороте кольца 7 ролики 5 муфты заклиниваются между ним и торсионным валом. В результате вращения торсионного вала ремень безопасности натягивается. Натяжение ремня прекращается при достижении поршнем демфера 1.

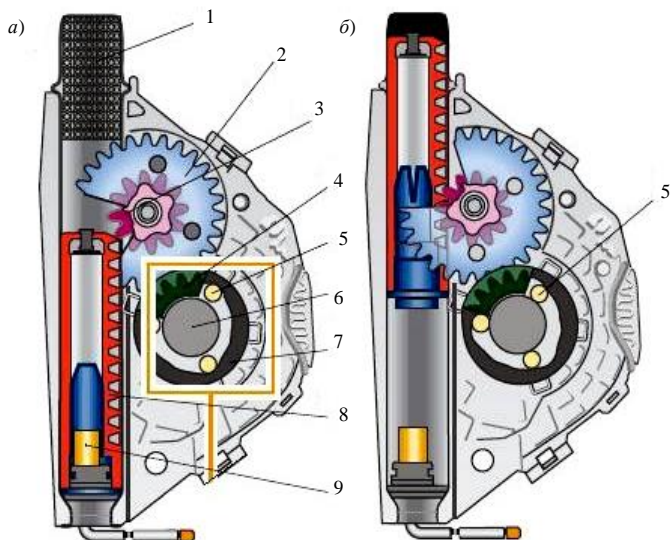


Рисунок 3.20 – Реечный преднатяжитель ремня безопасности:

a – исходное положение; *b* – завершение натяжения ремня;

1 – демпфер; 2–4 – шестерни; 5 – ролик; 6 – торсионный вал; 7 – наружное кольцо обгонной муфты; 8 – поршень с зубчатой рейкой; 9 – пиропатрон

Ремень безопасности, оснащенный преднатяжителем, как правило, оборудо-

ваны и механизмом ограничения усилия натяжения ремня для того, чтобы снизить риск травмы грудной клетки в случае ДТП. Ограничитель усилия ремня безопасности встроено в устройство натяжения ремня и состоит из торсиона, который подключает направляющий барабан к соединительной чашке (рисунок 3.21).

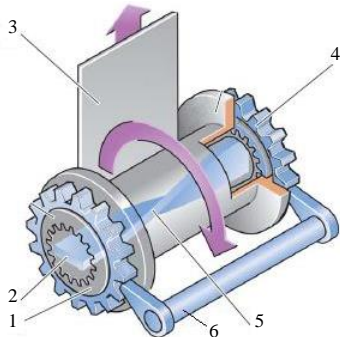


Рисунок 3.21 – Торсионный ограничитель усилия натяжения ремня безопасности

1 – катушка; 2 – торсионный вал; 3 – ремень безопасности; 4 – зубчатое колесо; 5 – механизм сматывания ремня; 6 – стопор

С левой стороны катушка ремня безопасности 1, соединенная с торсионным валом 2, свободно вращается во внутреннем кольце зубчатого колеса. С правой стороны зубчатое колесо 4 соединено с торсионным валом 2. Для фиксации ограничителя предусмотрен стопор 6.

Усилие натяжения ремня безопасности ограничивается торсионным валом в катушке ремня безопасности.

В зависимости от усилия натяжения ремня безопасности торсионный вал скручивается на больший или меньший угол, уменьшая тем самым пиковые нагрузки.

Пневматические подушки безопасности. Недостатки ремней безопасности вызвали необходимость разработки устройств, ограничивающих перемещение людей только при ДТП и не стесняющие их движения в обычных условиях. К таким устройствам относятся пневматические подушки безопасности. Они являются частью системы SRS (Supplemental Restraint System – дополнительная система удерживания), которая включает в себя еще целый ряд устройств и механизмов. Изначально подушки позиционировались как альтернатива ремням безопасности, но практика показала, что только комплексное использование этих двух средств обеспечивает максимальную травмобезопасность.

Основными составными элементами системы подушек безопасности являются датчики удара, блок управления, газогенераторы и сами подушки.

Датчики удара – элементы, от которых зависит работа всей системы. Именно они определяют, что произошло столкновение, по причине чего и срабатывают подушки. Работа всей системы построена так, что при ДТП срабатывают только необходимые подушки, а не все сразу. А для этого необходимо определить силу удара, его направление и характер. Это обеспечивают датчики, установленные в разных частях кузова: в передней части, дверях, стойках (рисунок 3.22).

Традиционными считаются датчики электромеханического типа. Они достаточно просты по конструкции, но при этом вполне эффективны. Помимо электромеханических датчиков на автомобиле используются и электронные, основным элементом которых является датчик ускорения (конденсаторный, инерционный, датчик давления). Настройка всех датчиков удара осуществляется исходя из их места установки, и боковые датчики обычно более чувствительны, чем фронтальные.

Блок управления принимает информацию от датчиков удара и уже на основе их посылает сигналы на требуемые подушки. По сути, он является распределителем, направляющим сигнал от датчика на конкретную подушку. Но поскольку современная система нередко включает в себя дополнительные средства, то этот блок обрабатывает информацию и с них, а также отдает команды на срабатывание определенных механизмов.

Основным составным элементом этой системы является исполнительный механизм – газогенератор. В его задачу входит генерация большого количества газа в короткие сроки, которым затем заполняется сама подушка в течение 30–40 мс. На рисунке 3.23 представлен газогенератор, включающий в себя пиропатрон и заряд вещества, которое выделяет газ.

Пиропатрон предназначен для поджигания заряда. Делать это он может двумя способами: плавлением провода, помещенного в камеру сгорания, или за счет капсуля, создающего фронт пламени в камере с зарядом. В обо-

их случаях электрический сигнал от блока управления подается на пиропатрон, что приводит к плавлению проводки или зажиганию капсулы.

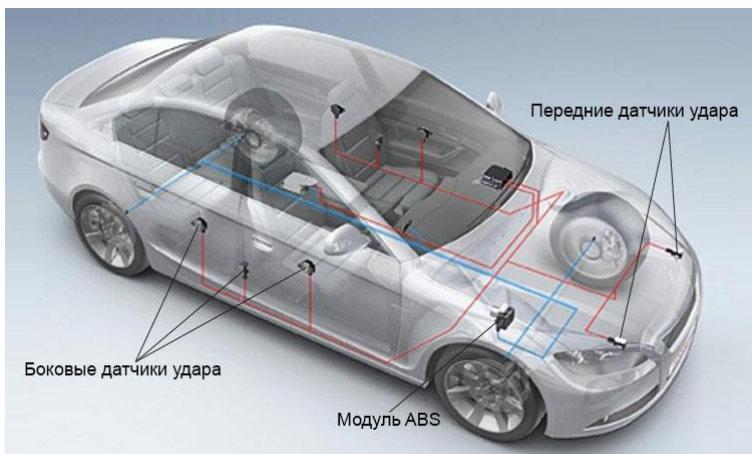


Рисунок 3.22 – Расположение датчиков удара на автомобиле

Камера сгорания газогенератора заполнена веществом, которое способно в кратчайшие сроки полностью сгореть, выделив при этом большой объем газа, безопасного для человека. В качестве такого вещества обычно используется кристаллический азид натрия NaN_3 , спрессованный в таблетки, который является ядовитым. Но в процессе сгорания он распадается на неопасные вещества – азот (45 % от общего объема), воду, углекислый газ, твердые частицы. Азид натрия полностью сгорает очень быстро (30–50 мс в зависимости от количества вещества).

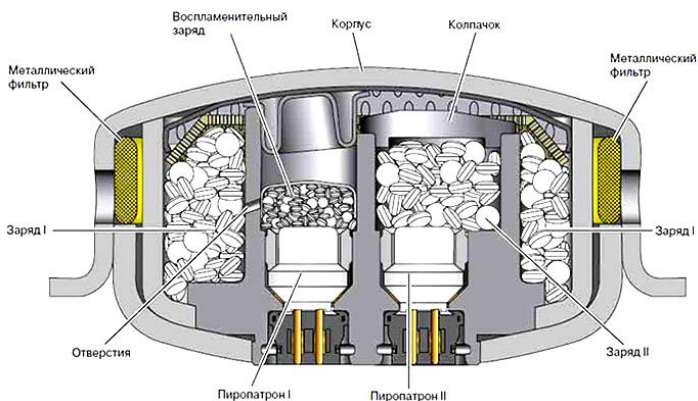


Рисунок 3.23 – Газогенератор подушки безопасности с азидом натрия

Получаемый газ по специальным каналам выходит из газогенератора и попадает в подушку безопасности. Перед этим он проходит фильтрацию через специальный металлический фильтр, который удаляет твердые частицы, а также охлаждает газ.

Другой разновидностью является гибридный газогенератор основным веществом в котором, выступает газ под давлением 200–250 МПа (аргон – 98 %, гелий – 2 %). В нем также есть пиропатрон и небольшое количество выталкивающего заряда. При его срабатывании происходит открытие канала подачи газа в подушку. Гибридные газогенераторы отличаются по конструкции открытия канала, за счет разрушения шайбы (мембраны, рисунок 3.24) в момент срабатывания или сдвигаемого зарядом поршня (рисунок 3.25).

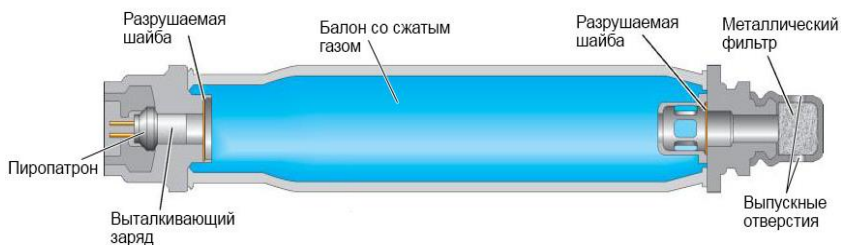


Рисунок 3.24 – Гибридный газогенератор с газом под давлением

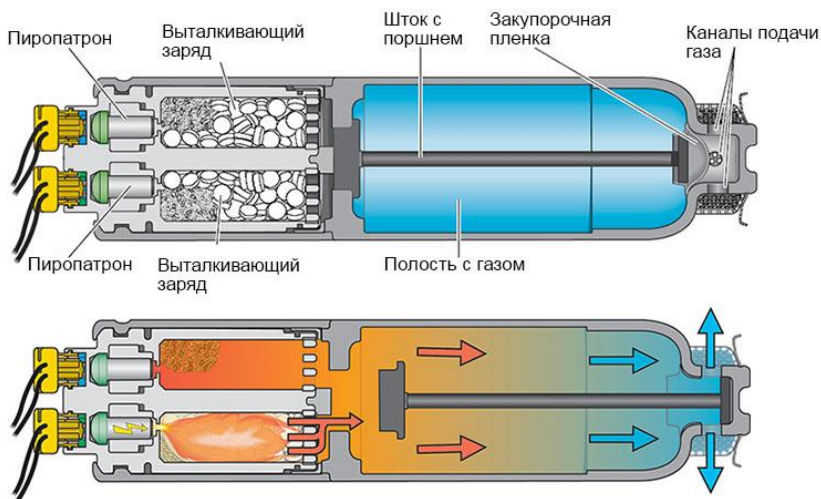


Рисунок 3.25 – Гибридный газогенератор с наличием заряда и газа

Подушки безопасности представляют собой купола специальной формы, изготовленные из многослойного нейлона толщиной 0,3–0,4 мм. В подушках обязательно имеется перфорация (отверстия), необходимая для их быст-

рого (в течение 1–2 секунд) сдувания после срабатывания. Это исключает удушье и зажатие пассажиров в автомобиле.

Система подушек безопасности не только весьма эффективна, но и удобна, т. к. срабатывает автоматически при ударе без всяких дополнительных условий (ремни безопасности эффективны, если они пристегнуты). Пока система не активирована, подушки хранятся в сложенном состоянии, в ступице рулевого колеса, нише передней панели, спинках передних сидений и т. д. (рисунок 3.26).



Рисунок 3.26 – Подушка безопасности в ступице рулевого колеса (а), в нише передней панели автомобиля (б)

Все элементы автомобиля, скрывающие внутри себя подушки безопасности, маркируются надписью AirBag.

Устройство системы SRS дополнительно может в себя включать датчик определения наличия пассажира, механизм аварийного опускания стекол дверей. Блок управления также может подавать сигнал на пиропатроны преднатяжителей ремней.

Датчик определения наличия пассажира нужен, чтобы блок управления не задействовал фронтальную пассажирскую подушку, если на боковом сиденье никого нет. Ранее отключение этой подушки выполнялось вручную, что было не совсем удобно. Установка датчика решила проблему с забытой включенной или отключенной пассажирской подушкой.

Механизм аварийного опускания стекол предназначен для устранения пневмоудара. При закрытых окнах разворачивание подушек приводит к стремительному уменьшению объема салона. В результате давление воздуха в салоне резко возрастает и образуется пневмоудар, причем достаточно мощный, и пассажиры могут получить повреждение барабанных перепонки. Механизм же аварийного опускания боковых стекол исключает возрастание давления и появление пневмоудара.

В целом принцип работы системы подушек безопасности следующий: при столкновении датчики улавливают удар и подают сигнал на блок управления. Тот в свою очередь перенаправляет импульс на нужный газоген-

нератор. Одновременно с этим блок определяет наличие пассажира и принимает решение, разворачивать ли пассажирскую подушку, а также задействует пиропатроны преднатяжителей (если есть) и включает механизм опускания стекол (если имеется). Сигнал, поступивший от блока на газогенератор, приводит к срабатыванию пиропатрона и заряд химического средства загорается. Выделяемый газ поступает в подушку, та разворачивается и следом сразу же спускается благодаря перфорации.

Основным недостатком подушек безопасности является их одноразовость, то есть, после срабатывания их нужно менять.

На современных автомобилях используются разные виды подушек безопасности (рисунок 3.27). Основными из них являются:

- фронтальные – водительская и пассажирская;
- боковые;
- головные, или надувные занавески;
- центральные;
- коленные.

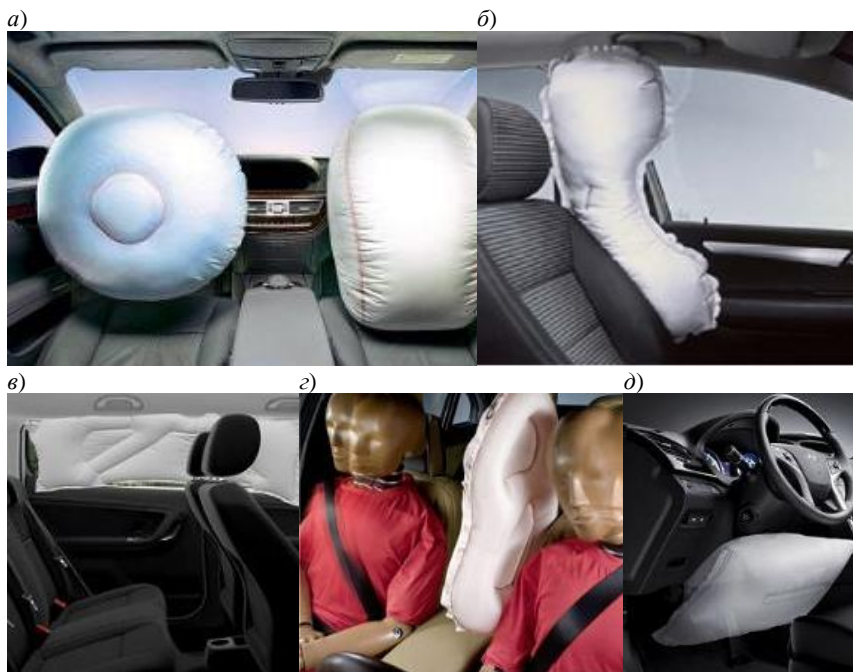


Рисунок 3.27 – Виды подушек безопасности в автомобиле:

а – фронтальные; *б* – боковые; *в* – надувные занавески; *г* – центральные; *д* – коленные

Фронтальные подушки (см. рисунок 3.27, *а*) защищают водителя и сидящего рядом с ним пассажира при ударе в переднюю часть салона автомо-

бия. Основная задача – не допустить удара головой о рулевое колесо, лобовое стекло или переднюю панель. За счет большого объема (водительская подушка имеет объем 50–100 л, пассажирская – 150–200 л) они обеспечивают также защиту грудной клетки. Современные системы способны варьировать объем подушки в зависимости от скорости столкновения: при незначительном ДТП купола надуваются лишь частично, а серьезное столкновение приводит к полному раскрытию подушек. Фронтальные подушки устанавливаются в ступицу рулевого колеса и переднюю панель.

Боковые подушки (см. рисунок 3.27, б) защищают корпус, а иногда и бедра, водителя и пассажиров при боковом ударе. Они устанавливаются, как правило, внутри сидений на их боковине, где предусмотрен специальный разрывной шов, необходимый для раскрытия купола.

Надувные занавески (см. рисунок 3.27, в) при боковых ударах обеспечивают защиту головы и плеч, а совместно с боковыми подушками безопасности защищают людей, находящихся в салоне при опрокидывании автомобиля. Они размещаются в боковых стойках или в крыше над окнами.

Центральная подушка расположена между передними сиденьями и направлена на предохранение от травм при столкновении водителя и переднего пассажира (см. рисунок 3.27, з).

Коленные подушки располагаются под передней панелью и обеспечивают защиту ног (см. рисунок 3.27, д).

3.3.3 Травмобезопасные элементы интерьера

По действующим нормативам жизнь водителя и пассажиров должна быть сохранена при наезде автомобиля на неподвижное препятствие со скоростью 50 км/ч; во время столкновения автомобилей при скорости 70 км/ч; в случае удара сзади по автомобилю предметом массой 1250 кг со скоростью 80 км/ч; при боковом ударе (под прямым углом) со скоростью 30 км/ч; во время двух- или трехкратного опрокидывания автомобиля с начальной скоростью 50 км/ч.

Для выполнения указанных требований вокруг человека, находящегося в автомобиле, создают защитную зону (жизненное пространство). Правила ЕЭК ООН № 21 регламентируют требования безопасности, предъявляемые к внутреннему оборудованию салона, ограничивающему жизненное пространство (исключая зеркала заднего вида), и расположению органов управления легковых автомобилей категории М₁.

К внутреннему оборудованию автомобилей относятся детали, находящиеся в передней части салона выше или ниже уровня панели приборов (переключатели, вытяжные кнопки и т. п.), изготовленные из жестких материалов; жесткие опоры, на которых располагаются любые выступающие над поверхностью панели приборов детали, изготовленные из мягкого материала; выключатели; ключ зажигания.

Детали, выступающие над панелью приборов на 3,2–9,5 мм должны иметь поперечное сечение площадью 2 см² и закругленные края (R не менее 2,5 мм); детали, выступающие над панелью приборов более чем на 9,5 мм, должны обладать способностью утапливаться в панель приборов под воздействием горизонтальной продольной силы, равной 378 Н, или отсоединяться; при этом не должно оставаться опасных выступов размером более 9,5 мм.

Детали, находящиеся в передней части салона выше уровня панели приборов (за исключением деталей боковых дверей):

- не должны иметь опасных неровностей или опасных краев, способных увеличить опасность серьезного ранения пассажиров;

- должны обладать способностью рассеивать энергию;

Если нижний край панели приборов щитка не способен рассеивать энергию, то он должен быть закругленным, причем радиус кривизны должен составлять не менее 19 мм.

Детали в передней части салона, находящиеся ниже уровня панели приборов (за исключением деталей боковых дверей и педалей) должны отвечать следующим требованиям:

- привод стояночного тормоза на приборном щитке или под ним должен быть устроен таким образом, чтобы в нерабочем положении об него нельзя было удариться при фронтальном столкновении;

- кронштейны полочек для вещей или других подобных приспособлений не должны иметь выступающих краев;

- части кронштейнов, обращенные внутрь ТС, должны иметь поверхность, способную рассеивать энергию, а также высоту не менее 25 мм и закругленные края ($R > 3,2$ мм);

- полочки для вещей или другие подобные приспособления под действием направленной вперед горизонтальной продольной силы в 378 Н, должны отделяться, ломаться, значительно деформироваться или утапливаться так, чтобы при этом по краям не создавалось опасных элементов.

Требования к деталям салона (рукояткам, рычагам и кнопкам управления), расположенным таким образом, что о них могут удариться водитель или пассажиры транспортного средства:

- края поверхностей этих деталей должны быть закруглены; радиусы кривизны – не менее 3,2 мм;

- ручки и кнопки управления не должны выступать более чем на 25 мм над поверхностью панели либо должны быть сконструированы так, чтобы под действием направленной вперед горизонтальной продольной силы в 378 Н могли отсоединяться или сгибаться, при этом не должно оставаться опасных выступов;

- ручки подъема окон могут отстоять от поверхности панели на 35 мм,

- рычаг стояночного тормоза в нерабочем положении и рычаг переключения передач в любом положении переднего хода должны иметь площадь

поверхности не менее $6,5 \text{ см}^2$; радиусы кривизны должны составлять не менее $3,2 \text{ мм}$.

Внутреннее зеркало заднего обзора должно изготавливаться из безопасного стекла и при разбивании исключать образование осколков, способных ранить человека. Контур отражающей поверхности зеркала должен быть окружен защитным корпусом (кожухом), который по своему периметру во всех точках и во всех направлениях должен иметь радиус закругления не менее $2,5 \text{ мм}$. Внутреннее зеркало заднего обзора должно крепиться таким образом, чтобы в случае удара головой водителя или пассажира оно не причиняло им вреда, а складывалось или отламывалось у основания кронштейна. В современных автомобилях кронштейн этого зеркала, как правило, приклеен к ветровому стеклу.

Безопасные ветровые стекла. Статистика ДТП убедительно показывает, что большое количество травм водителей и пассажиров передних сидений связано с ветровым стеклом. Около $10\text{--}35\%$ всех повреждений от внутренних элементов салона приходится на ветровое стекло. Примерно такую же роль они играют и в нанесении смертельных травм. Вообще травмы, наносимые ветровым стеклом, всегда особенно тяжелы: сотрясение мозга, пробивание черепа, повреждение глаз и т. п.

Для обеспечения безопасности ветровые стекла должны быть упругими и амортизировать при ударе, чтобы исключить повреждения костей черепа. При разбивании они не должны образовывать осколков с острыми углами и гранями, которые могут причинить порезы.

В настоящее время применяют безопасные ветровые стекла двух видов: однослойные закаленные и трехслойные (ламинированные). Ламинированное стекло часто называют «триплекс», хотя это всего лишь русифицированное название торговой марки Triplex, так же как ксерокс (Xerox) или фломастер (Flomaster).

Однослойные закаленные стекла имеют толщину около $4\text{--}5 \text{ мм}$. Закалка производится путем нагрева уже отформованного ветрового стекла и последующего интенсивного охлаждения потоком воздуха. После этого в стекле образуются большие внутренние напряжения, и оно обретает повышенную прочность и упругость, а поэтому при ударе изнутри хорошо поглощает кинетическую энергию, т. е. меньше вероятность сотрясения мозга. Кроме того, большим преимуществом стекол, прошедших закалку, является то, что при разбивании, вследствие действия внутренних напряжений, они распадаются на мелкие кусочки с тупыми гранями. Существенный недостаток таких стекол состоит в том, что при малейшем повреждении всё стекло покрывается густой сетью мелких трещин и становится непрозрачным, а это особенно опасно при движении на высоких скоростях. При сильном ударе снаружи, например камнем, вылетевшим из-под колеса впереди идущего автомобиля, однослойное стекло разбивается взрывообразно, а камень может попасть в салон.

Трехслойные стекла (рисунок 3.28) состоят из двух слоев стекла толщиной 2–3 мм, склеенных вместе прозрачной полимерной пленкой, чаще всего из поливинилбутирала, толщиной 0,76 мм.

Основное их преимущество в том, что при ударе трещины в них распространяются от центра удара в радиальном направлении и поврежденное стекло сохраняет свою прозрачность. Кроме того, оно сохраняет свою форму и не выпадает из проема кузова, т. к. осколки удерживаются на пластмассовой прослойке. Трехслойное стекло обладает некоторой эластичностью при разрушении: при ударе изнутри, например головой, на нем образуется своеобразный «пузырь», замедление головы происходит на некотором пути, за счет чего динамические нагрузки несколько снижаются. Однако, разбиваясь, трехслойные стекла образуют осколки с острыми режущими кромками, которые могут причинить глубокие порезы. При очень сильных ударах пострадавший может головой пробить стекло насквозь. Упругий слой удерживает острые осколки вокруг шеи и при обратном движении человека они глубоко врезаются в шею. Смертельный исход почти неизбежен, т. к. вытащить голову назад невозможно. В случае сильного удара снаружи автомобиля «пузырь» на стекле обращен выпуклостью внутрь салона и от слоя стекла могут отлетать с высокой скоростью мелкие осколки, что опасно для кожи лица и глаз.

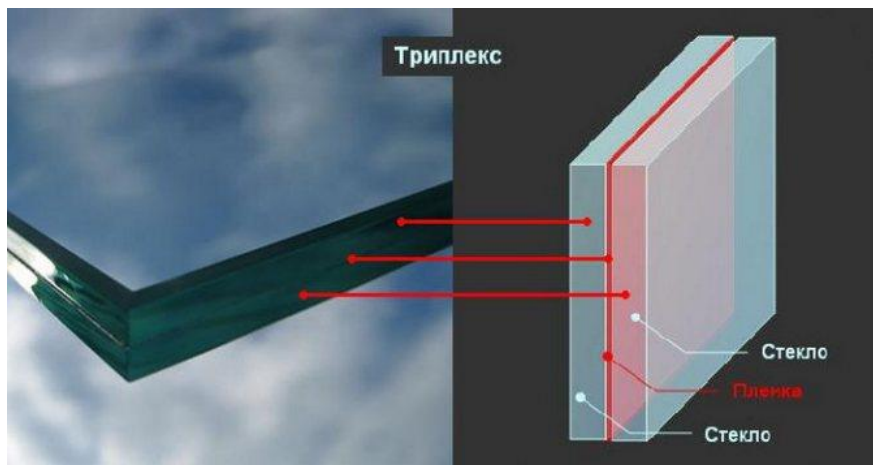


Рисунок 3.28 – Конструкция трехслойного стекла

В настоящее время нет единого мнения о том, какие ветровые стекла более безопасны. Во Франции и Германии можно применять стекла обоих видов, в США, Канаде, Швеции, Италии – только ламинированные. Требования к заднему стеклу и стеклам дверей значительно мягче, чем к ветровым. Главное, чтобы они при разбивании не образовывали осколков с

острыми углами и режущими кромками. Поэтому их чаще всего делают закаленными.

В летний зной салон автомобиля, простоявшего несколько часов на солнцепеке, внутри сильно прогревается, скорее даже раскаляется и кроме негативного воздействия на организм человека, такая высокая температура приводит к преждевременному износу отделки салона. Одной из мер, предназначенных для минимизации подобного воздействия, является применение теплозащитных стекол, так называемых, атермальных.

Такое теплозащитное остекление автомобиля внешне почти ничем не отличается от обычного, только имеет зеленоватый или голубоватый оттенок, различимый под определенным углом зрения (рисунок 3.29).



Рисунок 3.29 – Ветровое атермальное стекло автомобиля

При изготовлении таких стекол используют специальные добавки, обычно оксиды металлов, превращающие обычное стекло в атермальное и придающие стеклу тот или иной оттенок. Введение присадок производится для того, чтобы поглощалось инфракрасное излучение солнца. Вследствие этого салон не нагревается и его обшивка не выгорает.

Помимо этого, достоинством атермального стекла, является его способность поддерживать нормальную температуру в салоне зимой благодаря уменьшению потерь тепла. Такое стекло меньше обмерзает и запотевает, обеспечивая при этом светопропускаемость на уровне, установленном действующими нормативами. Если тонировка стекол просто ослабляет излучение, не пропуская часть светового потока, и при этом снижается видимость, особенно в сумерках, то атермальное остекление позволяет добиться такого же эффекта без ухудшения прозрачности.

Требования к автомобильным стеклам регламентируются Правилами ЕЭК ООН № 43. В соответствии с этими Правилами многослойные стекла маркируются LAMINATED, LAMISAFE, а закаленные – TEMPERED,

TEMPERLITE, THERLITE. Атермальные стекла имеют маркировку TINTED или OVERTINTED. Последние имеют усиленные теплопоглощающие свойства и обеспечивают светопропускание на уровне 78 %.

3.4 Внешняя пассивная безопасность

Внешнюю пассивную безопасность автомобиля определяют его конструктивные свойства по уменьшению механических повреждений самих автомобилей, сохранению жизни и повышению безопасности пешеходов путем использования: бамперов; травмобезопасных деталей кузова автомобиля; использования систем защиты пешеходов.

3.4.1 Бамперы

Бамперы служат для уменьшения повреждений при столкновениях легковых автомобилей на малой скорости бампер (англ. bumper – удар, толчок) энергопоглощающее устройство в виде горизонтального бруса, расположенного спереди и сзади автомобиля. До сравнительно недавнего времени бамперы легковых автомобилей изготавливались из стального листа с последующим хромированием. Такие бамперы были скорее элементом дизайна и не отвечали своему функциональному назначению. В настоящее время на легковых автомобилях применяются бамперы из высокопрочного и упругого термoplastика, обычно окрашиваемого в цвет кузова автомобиля (рисунок 3.30).



Рисунок 3.30 – Бампер легкового автомобиля

Правила ЕЭК ООН № 42 устанавливают требования к качеству бамперов, установленных на легковом автомобиле. При испытаниях передний и задний бамперы по очереди бьют маятником (соответствующим массе автомобиля) или барьером на высоте 455 мм от земли, скорость столкновения – 4 км/ч. Иногда, наоборот, автомобиль на такой же скорости сталкивается с неподвижным препятствием. Кроме того, удар маятником по бамперу производят и сбоку под углом 30° к продольной оси автомобиля, только с меньшей скоростью – 2,5 км/ч. Испытания должны определить, удовлетворяют ли защитные свойства бампера транспортного средства требованиям настоящих Правил.

После каждого испытания на удар транспортное средство должно удовлетворять следующим требованиям:

- устройства освещения и сигнализации должны продолжать правильно функционировать и оставаться заметными. В случае нарушения регулировки фар разрешается их повторная регулировка в соответствии с требуемыми спецификациями при условии, что это будет осуществлено с использованием устройств, предусмотренных для этой цели. В случае обрыва нити накала разрешается замена ламп;

- капот двигателя, крышка багажника и двери должны открываться и закрываться как обычно, кроме того, боковые двери транспортного средства не должны открываться под воздействием удара;

- в системах питания и охлаждения транспортного средства не должно быть утечки или смятых трубопроводов, препятствующих нормальной работе этих систем; их уплотнения и крышки должны функционировать нормально;

- в выхлопной системе транспортного средства не должно быть повреждений или смещений, препятствующих ее нормальному функционированию;

- двигатель, подвеска с шинами, система рулевого управления и тормозная система транспортного средства должны функционировать нормально.

В процессе ДТП должны быть минимизированы повреждения как самого автомобиля, так и нанесенные другим участникам движения. Это достигается применением безопасных бамперов, которые должны обеспечивать не только внешнюю пассивную безопасность, но также и внутреннюю, рассеивая при ударе большую часть кинетической энергии. Для этого безопасные бамперы содержат энергопоглощающий элемент, в котором энергия удара преобразуется в работу деформации или тепловую энергию. Энергопоглощающий бампер – один из наиболее эффективных элементов пассивной безопасности легкового автомобиля, увеличивающий продолжительность периода замедления его движения при столкновении.

По типу энергопоглощающего элемента бамперы могут быть механическими, гидравлическими, пневматическими или комбинированными.

На рисунке 3.31 показаны бамперы с механическими энергопоглощающими элементами.

В бампере (см. рисунок 3.31, *а*) энергопоглощающий элемент, работающий на сжатие, выполнен в виде конуса 1, жестко соединенного с кузовом автомобиля. Внутри конуса проходит стержень 2, соединенный с бампером, а также имеется конический блок 3 из упругой пластмассы, упирающийся в буртик 4 стержня. При ударе эластичный блок вдвигается внутрь конуса и, сжимаясь, поглощает энергию удара.

В механических амортизаторах упругий элемент может работать на сдвиг (см. рисунок 3.31, *б*). Поперечный брус бампера 1, соединен со стальной пластиной 2, которая привулканизирована к резиновому элементу 3, закрепленному в обойме 4. При ударе пластина перемещается вперед, пока

не упрется в упругий буфер 5 на кузове автомобиля. Элементы, работающие на сдвиг удобны тем, что их жесткость не зависит от направления перемещения бампера.

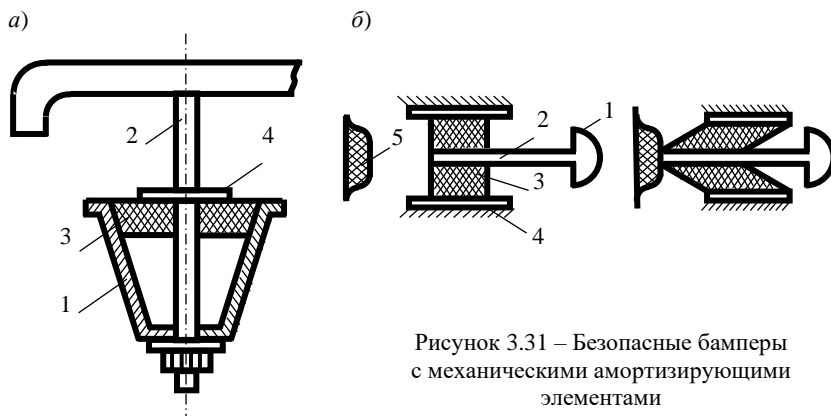


Рисунок 3.31 – Безопасные бамперы с механическими амортизирующими элементами

В пневматических и гидравлических амортизирующих элементах энергия удара поглощается при сжатии газа или перетекании жидкости через дросселирующие отверстия.

На рисунке 3.32 приведена схема бампера с гидропневматическим амортизатором. На кузове автомобиля установлен цилиндр 1. Поршень 2 помещен в цилиндр 3 и соединен со штоком 4 с конической передней частью. Между стенкой цилиндра 3 и штоком 4 имеется кольцевое дросселирующее отверстие 5. Задний конец штока закреплен на кузове автомобиля. Полость 6 цилиндра 1 заполнена вязкой жидкостью (минеральным или силиконовым маслом), а полость 7 – инертным газом (азотом). Утечки предотвращаются уплотнениями 8.

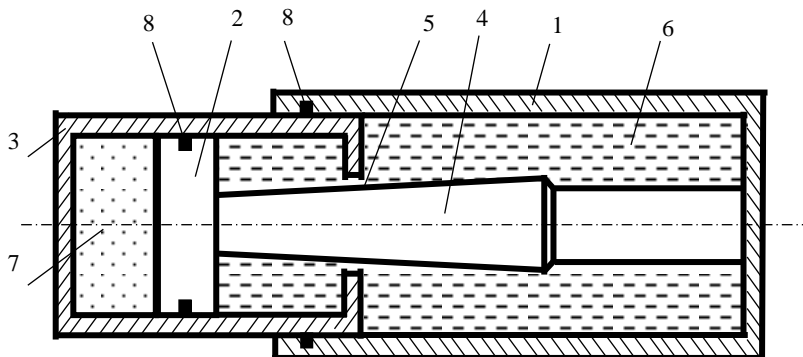


Рисунок 3.32 – Схема бампера с гидропневматическим амортизатором

При ударе цилиндр 3 перемещается назад, и поршень 2 сжимает газ. Одновременно цилиндр 3 вдвигается в цилиндр 1, вытесняя жидкость через дросселирующее отверстие в полость, расположенную за поршнем. Благодаря конической форме штока расход жидкости через отверстие 5 уменьшается при перемещении цилиндра 3, а скорость поршня снижается каждую секунду на одну и ту же величину, вследствие чего автомобиль движется с постоянным замедлением. После удара инертный газ в полости 7 увеличивается в объеме и цилиндр 3 возвращается в исходное положение.

Применяются также гидропневматические бамперы из легко деформируемого упругого синтетического материала, например, поливинилхлорида (рисунок 3.33).

В этом случае бампер представляет собой оболочку толщиной около 6 мм, внутренняя полость которой объемом 10–20 л заполнена (не полностью) во избежание замерзания антифризом (рисунок 3.33, а).

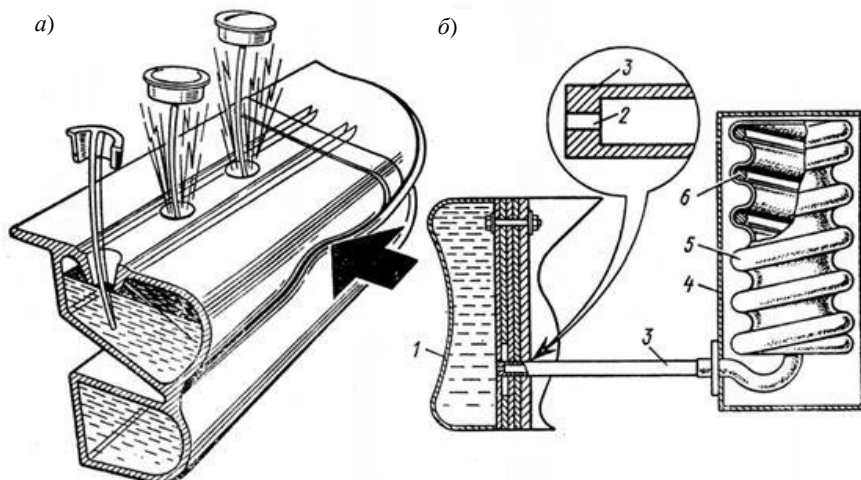


Рисунок 3.33 – Безопасные бамперы из синтетических материалов

Во время столкновения автомобилей деформируется корпус бампера и сначала сжимается воздух, находящийся над жидкостью. Затем под действием давления воздуха и жидкости выталкиваются пробки, закрывающие небольшие (диаметром 24–40 мм) отверстия в верхней части оболочки, и жидкость выбрасывается из отверстий. При ударе такого бампера автомобиля, движущегося со скоростью до 50 км/ч, о стоящий автомобиль, оба автомобиля получают лишь незначительные повреждения, а при скорости менее 30 км/ч не остается никаких следов столкновения.

Другой вариант гидропневматического бампера показан на рисунке 3.33, б. В этом бампере внутренняя полость оболочки 1 сообщается трубкой 3 с силь-

фоном 5 из синтетической ткани, находящимся в отдельном корпусе 4. Пружина 6 внутри сильфона удерживает его в сжатом состоянии. При ударе жидкость из внутренней полости через трубку 3 выбрасывается внутрь сильфона, увеличивая его объем (на рисунке сильфон показан в разжатом состоянии) и преодолевая сопротивление пружины. Трубка 3 имеет суживающуюся часть 2, которая увеличивает сопротивление перетеканию жидкости. Энергия удара гасится вследствие перетекания жидкости через небольшое отверстие (диаметром 19–40 мм) и преодоления силы пружины сильфона.

В Германии разработан безопасный пневматический бампер, состоящий из двух рукавов 1, уложенных параллельно в выемки каркаса 2 из алюминиевого сплава (рисунок 3.34).

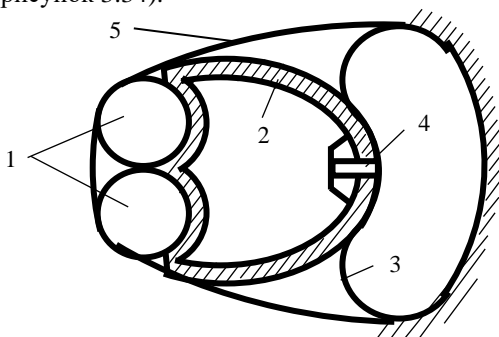


Рисунок 3.34 – Бампер с пневматическим амортизирующим элементом

Опорный рукав 3 лежит в выемке кузова и сообщается с внутренней полостью каркаса через клапан 4. Все элементы бампера закрыты защитной оболочкой 5. При наездах и столкновениях усилие через рукава 1 и каркас 2 передается на опорный рукав 3. Давление в нем повышается, и воздух через клапан 4 с небольшим проходным сечением вытесняется в полость каркаса, гася энергию удара.

3.4.2 Задние защитные устройства

Для уменьшения тяжести последствий происшествий, связанных с попутными столкновениями, особенно в случаях, когда легковые автомобили попадают сзади под грузовые, на последних устанавливают задние бамперы (задние защитные устройства – ЗЗУ), требования к которым регламентированы Правилами ЕЭК ООН № 58. Цель этих Правил – обеспечение эффективной защиты от попадания под транспортные средства категорий N₂, N₃, O₃, O₄ транспортных средств категорий M₁ и N₁ при наезде сзади.

В качестве примера на рисунке 3.35 показаны ЗЗУ, установленные на автомобиле и на прицепе.

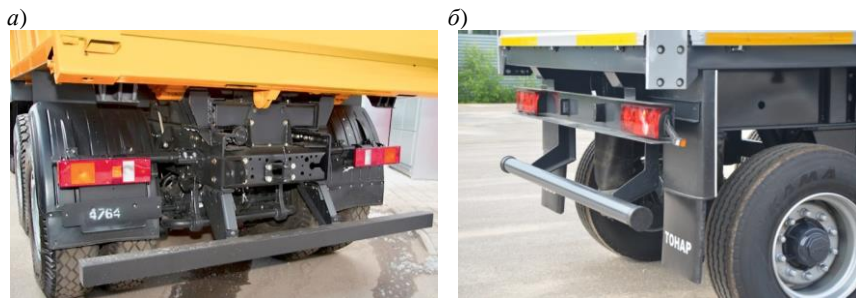


Рисунок 3.35 – Заднее защитное устройство:
a – на автомобиле; *б* – на прицепе

Указанные Правила устанавливают следующие требования к ЗЗУ:

- высота поперечного сечения поперечины ЗЗУ должна быть не менее 100 мм;
- ширина поперечины ЗЗУ должна быть не более ширины задней оси и не короче ее более чем на 100 мм с каждой стороны;
- концы поперечины ЗЗУ не должны быть загнуты назад, а кромки должны быть закруглены радиусом не менее 2,5 мм;
- расстояние от опорной поверхности до нижнего края поперечины ЗЗУ на всем ее протяжении не должно превышать 550 мм;
- задняя поверхность поперечины ЗЗУ должна отстоять от заднего габарита транспортного средства не более чем на 400 мм.

3.4.3 Боковые защитные устройства

Требования к боковым защитным устройствам регламентированы Правилами ЕЭК ООН № 73. В соответствии с этими Правилами транспортные средства должны быть сконструированы и/или оборудованы таким образом, чтобы обеспечивалась эффективная защита пользователей дорог от опасности попадания сбоку под транспортное средство и под его колёса (рисунок 3.36).

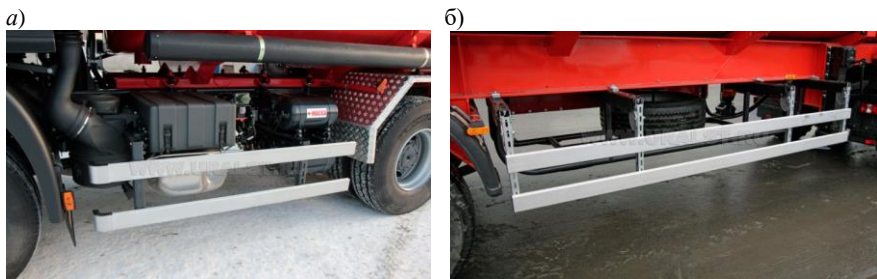


Рисунок 3.36 – Боковое защитное устройство:
a – на автомобиле; *б* – на полуприцепе

Правила применяются к боковым защитным устройствам транспортных средств категорий N₂, N₃, O₃ и O₄ и устанавливают следующие технические предписания в отношении боковых защитных устройств:

- устройство не должно увеличивать габаритную ширину транспортного средства, а основная часть его внешней поверхности не должна отстоять более чем на 120 мм от наиболее удаленной плоскости (максимальная ширина) транспортного средства;

- передний конец устройства на некоторых транспортных средствах может быть загнут внутрь, а его задний конец не должен отстоять более чем на 30 мм от боковин задних шин, расположенных снаружи (исключая выпуклые участки шин в месте контакта с дорогой) на расстоянии не менее 250 мм;

- внешняя поверхность устройства должна быть гладкой и по мере возможности сплошной от его передней до задней оконечности, а все внешние края и углы должны иметь закругления радиусом не менее 2,5 мм;

- устройство может состоять из сплошной плоской поверхности или из одной или более горизонтальных полос или комбинаций плоскостей и полос; используемые полосы не должны отстоять друг от друга более чем на 300 мм, а их высота должна быть не менее 50 мм для транспортных средств категорий N₂ и O₃ и 100 мм для транспортных средств категорий N₃ и O₄, при этом они должны быть относительно плоскими;

- комбинация плоскостей и полос должна образовывать практически цельное боковое ограждение;

- передний край бокового ограждения должен быть сконструирован так, чтобы при установке на транспортном средстве он не отстоял более чем на 300 мм назад от вертикальной плоскости, перпендикулярной к продольной плоскости транспортного средства и касательной к внешней поверхности шины колеса, расположенного непосредственно перед ограждением, а при установке на прицепе он должен находиться на расстоянии не более чем 500 мм сзади от вышеуказанной плоскости;

- при установке на полуприцепе передний край бокового ограждения должен находиться не более чем в 250 мм сзади от средней поперечной плоскости опорных стоек, если они имеются, но в любом случае расстояние от переднего края до поперечной плоскости, проходящей через центр шкворня в его крайнем заднем положении, не должно превышать 2,7 мм;

- если передний край находится в ином незащищенном пространстве, то он должен представлять собой цельную вертикальную деталь, закрывающую ограждение на всю его высоту, при этом внешняя и передняя плоскости этой детали должны соответственно заходить назад не менее чем на 50 мм для транспортных средств категорий N₂ и O₃ и 100 мм для транспортных средств категорий N₃ и O₄, а также загигаться внутрь на 100 мм;

- на механических транспортных средствах, на которых расстояние от вертикальной плоскости, перпендикулярной к продольной плоскости транс-

портного средства и касательной к внешней поверхности шины колеса, не превышает 300 мм, ограждение должно быть сконструировано так, чтобы расстояние между его передним краем и панелями кабины не превышало 100 мм;

- задний край бокового ограждения не должен выступать вперед более чем на 300 мм за пределы вертикальной плоскости, перпендикулярной к продольной плоскости транспортного средства и касательной к внешней поверхности шины самого заднего колеса;

- расстояние между нижним краем ограждения и уровнем грунта не должно ни в одной точке превышать 550 мм;

- верхний край ограждения не должен быть более чем на 350 мм ниже той части конструкции транспортного средства, которую образует вертикальная плоскость, касательная к внешней поверхности шин (кроме выпуклых частей шин, находящихся близко от земли);

- боковые ограждения должны быть жесткими, надежно устанавливаться (их крепление не должно ослабевать вследствие вибрации, возникающей в условиях нормальной эксплуатации транспортного средства) и изготавливаться из металла или любых других пригодных для этого материалов. Боковое ограждение считается пригодным, если оно способно выдерживать горизонтальную статическую нагрузку в 1 кН, прилагаемую перпендикулярно к любой части его внешней поверхности с помощью центральной плоской части испытательного устройства круглого сечения диаметром (220 ± 10) мм, и если прогиб ограждения под нагрузкой в этом случае не превышает 30 мм на самом заднем участке ограждения длиной в 250 мм и 150 мм на остальной части ограждения.

3.4.4 Системы защиты пешеходов

Увеличение количества наездов транспортных средств на пешеходов и высокая тяжесть последствий этого вида ДТП привели к изменениям внешнего оформления автомобилей. Правилами ЕЭК ООН № 26 устанавливают требования к наружным выступам транспортных средств категории M₁ с целью уменьшить тяжесть телесных повреждений лиц, ударяемых или задеваемых транспортным средством в случае столкновения.

Наружная поверхность транспортного средства не должна иметь остроконечных или режущих частей или выступов, которые по форме, размерам, направлению или жесткости могут увеличить опасность или тяжесть телесных повреждений лиц, ударяемых или задеваемых транспортным средством в случае столкновения и которые могут зацепить пешеходов, велосипедистов или мотоциклистов.

Ни одна выступающая часть наружной поверхности не должна иметь радиус закругления менее 2,5 мм. Это требование не распространяется на детали наружной поверхности, которые выступают менее чем на 5 мм.

Дополнительные декоративные детали, выступающие по отношению к своей опоре более чем на 10 мм, должны быть утоплены, отделены или изогнуты под действием силы 10 Н, прилагаемой в их наиболее выступающей точке в любом направлении в плоскости, приблизительно параллельной той поверхности, на которой их монтируют.

Выступающие ободки и козырьки фар допускаются при условии, что максимальный их выступ по отношению к наиболее выступающей точке поверхности стекла фары не превышает 30 мм и радиус их закругления в любом месте составляет не менее 2,5 мм.

Крепление щеток стеклоочистителя должно быть таким, чтобы рычаг щеткодержателя был прикрыт защитным элементом, имеющим радиус закругления 2,5 мм и поверхность площадью не менее 150 мм². В случае закругленных покрытий их минимальная выступающая площадь, измеренная на расстоянии максимум 6,5 мм от наиболее выступающей точки, должна составлять 150 мм². Эти требования должны быть соблюдены также в отношении стеклоочистителей задних окон и фар.

Концы бамперов должны быть загнуты в направлении наружной поверхности таким образом, чтобы уменьшить опасность зацепления окружающих предметов. Это требование считают выполненным, если для бампера предусмотрено специальное углубление в кузове.

Составные элементы бамперов должны иметь такую конструкцию, чтобы минимальный радиус закругления всех обращенных наружу жестких поверхностей составлял 5 мм.

Для ручек двери или багажника выступы не должны превышать 40 мм, а во всех других случаях – 30 мм.

Если на боковых дверях установлены ручки поворотного типа, то они должны соответствовать любому из следующих двух требований:

Концы ручек, поворачивающихся параллельно плоскости двери (при наличии таких ручек), должны быть направлены назад, загнуты по направлению к плоскости двери и ограждены предохранительной рамкой или углублены.

Ручки, поворачивающиеся наружу в любом направлении, но непараллельно плоскости двери, в закрытом положении должны быть ограждены предохранительной рамкой или углублены. Конец ручки должен быть направлен либо назад, либо вниз.

Колеса, гайки крепления колес, колпаки ступиц и декоративные колпаки колес не должны иметь никаких остроконечных или режущих выступов, выходящих за пределы внешней плоскости обода колеса. Использование крыльчатых гаек не допускается.

При прямолинейном движении ни одна часть колес, за исключением шин, расположенная выше горизонтальной плоскости, проходящей через их ось вращения, не должна выступать за контуры вертикальной проекции наружной поверхности или кузова на горизонтальную плоскость.

Наличие желобов, служащих, например, в качестве водостоков или направляющих для раздвижных дверей, допускается только при условии, что они будут загнуты внутрь или их края будут иметь защитное устройство. Незащищенный желоб считают загнутым, если он загнут назад приблизительно на 180° или если он загнут по направлению к кузову таким образом, что не может соприкоснуться с шаром диаметром 100 мм.

Радиус закругления изгибов на обшивке кузова должен быть не менее 2,5 мм. Радиус закругления краев боковых обтекателей и щитков, которые могут выступать наружу, должен быть не менее 1 мм.

Кронштейны для домкрата и выпускная труба (трубы) не должны выступать более чем на 10 мм за вертикальную проекцию линии пола, расположенной непосредственно над ними. В качестве исключения из этого правила выпускная труба может выступать более чем на 10 мм за вертикальную проекцию линии пола, если она заканчивается закругленным желобом с минимальным радиусом округления 2,5 мм.

Компания Bosch разработала для автомобиля систему электронной защиты пешехода Electronic Pedestrian Protection (EPP). В нее входит датчик ускорения, встраиваемый в переднюю часть автомобиля, и электронный блок управления. При наезде на пешехода или велосипедиста капот машины под воздействием пиропатрона за долю секунды поднимется кверху, обеспечивая большую площадь столкновения и более эффективную зону деформации, а также снижая риск травмы от удара о жесткие элементы моторного отсека (рисунок 3.37).



Рисунок 3.37 – Подъем капота при наезде на пешехода

Другим направлением в уменьшении травматизма пешеходов являются защитные приспособления, удерживающие пешехода после удара и предохраняющие его от падения на дорогу.

Применяются автоматически выдвигающиеся защитные сетки. В первой стадии наезда на пешехода через 0,2–0,3 с он забрасывается на капот автомобиля. После начала торможения автомобиля пешеход, продолжая двигаться с приобретенной скоростью, сползает вперед по капоту и падает вниз. Защитная сетка начинает автоматически выдвигаться примерно спустя 0,2 с после удара. Через 1 с выдвижение ее полностью заканчивается, и она принимает падающего человека, не давая ему упасть на дорогу.

Еще одним направлением является система защиты пешеходов, которая включает три пневматических подушки: большую, охватывающую переднюю часть автомобиля и две маленькие, которые размещаются у лобового стекла, защищая голову пешехода (рисунок 3.38).



Рисунок 3.38 – Пневматические подушки для защиты пешеходов

Совершенствование отдельных элементов автомобиля, повышающих его пассивную безопасность, ведется постоянно во многих странах мира. Внедрение наиболее удачных конструктивных решений в продукцию массового производства способствует дальнейшему снижению аварийности на автомобильном транспорте и созданию прототипов безопасных автомобилей.

4 ПОСЛЕАВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Под послеаварийной безопасностью автомобиля понимают его свойство уменьшать тяжесть последствий дорожно-транспортного происшествия в конечной фазе и после ДТП. Это свойство характеризуется возможностью быстро ликвидировать последствия происшествия и предотвращать возникновение новых аварийных ситуаций. Таким аварийными ситуациями, которые могут возникнуть в результате ДТП, являются возгорание автомобиля, заклинивание дверей, заполнение салона автомобиля водой, если он попал в водоем. Послеаварийная фаза ДТП следует за конечной и продолжается после остановки автомобиля. Возможность быстрой эвакуации пострадавших из поврежденного ТС обеспечивается эвакуоприспособленностью автомобиля.

4.1 Опасные явления, возникающие после ДТП

Возгорание автомобиля. Возгорание автомобиля в результате ДТП представляет собой большую опасность, хотя и происходит довольно редко. В США установлено, что пожар на легковых автомобилях возникал только в 0,5 % случаев от общего числа ДТП. Однако водитель и пассажиры не всегда могут быстро покинуть загоревшийся автомобиль из-за полученных травм или заклинивания дверей. Пребывание же человека в горящем автомобиле более 1,5 минут является для него практически смертельным. По результатам исследований время протекания пожара без попыток его тушения, с легковыми автомобилями достигает 12–17 минут, с грузовыми 15–20 минут, с автобусами 20–27 минут.

Чаще всего возгорание автомобиля происходит при тяжелых происшествиях, таких как лобовые столкновения, наезды на мачты, столбы и деревья, а также при падении автомобиля с высоты нескольких метров.

Двумя сопутствующими факторами при возгорании автомобиля во время ДТП являются образование топливно-воздушной смеси и наличие источника возгорания.

Топливо-воздушная смесь может образоваться вследствие разрушения топливного бака, утечки топлива через заливную горловину, повреждения системы питания. Такая смесь возгорается при концентрации 1,4–6,0 % содержания топлива в воздухе. Обычно в бензобаке концентрация паров бензина составляет 10 % при температуре 17 °С (при $t = 40$ °С может составлять

50 %). Пары бензина обладают большей плотностью, чем воздух, поэтому они оседают, и существует опасность скопления паров в закрытых отсеках, например, в багажнике.

Источником возгорания может быть искрение от трения, искрообразование в системе электрооборудования, раскаленные детали двигателя, открытое пламя.

Бывают случаи, когда возгорание автомобиля не связано с ДТП и в 85 % случаев происходит в результате неисправностей электрооборудования.

Заклинивание дверей. Заклинивание дверей кузова автомобиля, которое может произойти в результате ДТП, препятствует быстрой эвакуации водителя и пассажиров, что особенно опасно в случаях получения ими серьезных повреждений или возникновения пожара. Конструкция дверных замков должна исключать их заклинивание, то есть обеспечивать так называемую эвакуационную приспособленность.

Заполнение автомобиля водой. При быстром проникновении воды внутрь автомобиля (в случае его попадания в водоем) водитель и пассажиры не сразу приходят в себя и им необходимо некоторое время для осмысления ситуации и принятия мер для эвакуации из затопленного автомобиля. Подобные случаи происходят нечасто (не более 0,3 %), за исключением стран, в которых значительная часть дорожной сети проходит по берегам водоемов (например в Нидерландах, где все водители обучаются правилам эвакуации из затопленного автомобиля).

4.2 Требования к послеаварийной безопасности автомобиля

4.2.1 Пожарная безопасность автомобиля

Правила № 34 ЕЭК ООН регламентируют требования к пожарной безопасности транспортных средств категории М₁, двигатель которых работает на жидком топливе.

Требования к системе питания. Элементы системы питания должны надлежащим образом защищаться частями шасси или кузова от прикасания с возможными препятствиями на грунте (эта защита не требуется, если элементы, находящиеся внизу транспортного средства, располагаются по отношению к грунту выше части шасси или кузова, расположенной перед ними). Система питания должна быть сконструирована, изготовлена и установлена таким образом, чтобы ее элементы могли противостоять явлениям коррозии изнутри и снаружи, которым они подвержены. Топливопроводы, а также любые другие части системы питания, должны размещаться на транспортном средстве в защищенных местах. Явления скручивания и изгиба, а также вибрация транспортного средства или двигателя не должны вызывать трения, сжатия или других ненормальных воздействий на элементы системы питания. Соединения мягких и гибких трубопроводов с жест-

кими частями элементов системы питания должны быть сконструированы и выполнены таким образом, чтобы сохранялась их герметичность в различных условиях использования транспортного средства, несмотря на явления скручивания или изгиба, а также несмотря на вибрацию транспортного средства или двигателя. Топливный бак должен изготавливаться из огнестойкого металлического материала. Он может изготавливаться из пластмассы, однако при этом он должен выдержать условия комплекса специальных испытаний, методики которых приведены в Правилах. Топливный бак не должен располагаться в салоне или составлять элемент какой-либо из его перегородок. Для отделения салона от топливного бака должна предусматриваться перегородка. Она должна выдерживать в течение 2 мин воздействие свободного пламени горящего топлива (если она помещена горизонтально в 20 см над уровнем топлива). Эта перегородка может иметь соответствующие отверстия (например, для пропуска проводов) при условии, что они устроены таким образом, чтобы топливо не могло свободно вытекать в салон. Топливный бак должен быть прочно укреплен и установлен таким образом, чтобы обеспечивался вывод из транспортного средства на землю топлива, которое может вытечь из бака, из его наливной горловины и его соединений. Бак и связанное с этим баком вспомогательное оборудование должны быть изготовлены и установлены таким образом, чтобы они не могли заряжаться статическим электричеством от транспортного средства. Наливная горловина не должна находиться ни в салоне, ни в багажнике, ни в моторном отсеке. Если наливная горловина расположена на боковой стороне транспортного средства, то пробка в закрытом положении не должна выступать над прилегающей поверхностью кузова. Топливо, которое может пролиться при наполнении топливного бака, не должно попадать на систему выхлопа, а должно отводиться на грунт.

Требования к электрооборудованию. Электрические провода должны крепиться к корпусу или к стенкам транспортного средства, вблизи которых они проходят, за исключением проводов, расположенных внутри полых элементов. В местах, в которых они проходят через стенки, они должны быть в достаточной мере защищены от повреждения изоляции. Электрооборудование должно быть сконструировано, изготовлено и установлено таким образом, чтобы его элементы могли противостоять явлениям коррозии, которым они подвержены.

Требования безопасности к конструкции одноэтажных пассажирских транспортных средств большой вместимости категории M_3 (свыше 22 стоящих или сидящих пассажиров) регламентируются Правилами ЕЭК ООН № 36, а малой вместимости категории M_2 (менее 22, но более 8 стоящих или сидящих пассажиров) – Правилами ЕЭК ООН № 52 или Правилами ЕЭК ООН № 107.

В соответствии с требованиями этих Правил для противопожарной защиты должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

- в моторном отсеке должны отсутствовать легковоспламеняющиеся либо абсорбирующие топливо и смазку материалы; должно быть обеспечено предотвращение накопления топлива и смазочных материалов в любом месте моторного отсека либо конструктивно, либо путем устройства дренажных отверстий;

- заливные горловины топливных баков и топливные баки должны располагаться вне пассажирского салона и водительского отделения и обеспечивать герметичность, а также надежное крепление; ни одна из частей топливного бака не должна выступать за пределы габаритной ширины транспортного средства;

- избыточное давление должно компенсироваться с помощью соответствующих устройств (клапанов);

- топливные баки должны подвергаться гидравлическому испытанию на способность выдерживать внутреннее давление и изготавливаться из коррозионностойких материалов;

- к заливным горловинам топливных баков должен быть обеспечен доступ только с наружной стороны транспортного средства, и они должны размещаться на расстоянии не менее 25–50 см от любого дверного проема в зависимости от вида топлива;

- топливо не должно вытекать через пробку заливной горловины, даже если бак полностью опрокинут (допускается лишь незначительное просачивание, не превышающее 30 г/мин);

- пробка заливной горловины не должна выступать над поверхностью кузова транспортного средства и конструкция пробки должна исключать ее самопроизвольное открытие;

- система подачи топлива должна располагаться вне отделений, предназначенных для водителя и пассажиров, топливопроводы и все части системы питания должны размещаться таким образом, чтобы обеспечивалась их надежная защита;

- любая деформация не должна вызывать чрезмерного напряжения в топливопроводах;

- все части системы питания должны сохранять свою герметичность в различных условиях эксплуатации транспортного средства;

- топливо из-за возможной утечки из любой части системы должно свободно попадать на дорогу и ни в коем случае не попадать на выпускную трубу системы выпуска;

- аварийный выключатель для снижения опасности возникновения пожара после остановки транспортного средства должен быть расположен в доступном месте для сидящего на своем месте водителя, иметь четкое обозначение и инструкции по использованию, а также защитную крышку для предотвращения

ния случайного срабатывания; приведение его в действие должно вызывать быструю остановку двигателя и отключение аккумулятора;

– электрооборудование и электропроводка должны иметь надежную изоляционную защиту и прочное крепление, исключающие механические повреждения при наличии плавкого предохранителя и/или аварийного выключателя, а также иметь две цепи внутреннего освещения;

– аккумуляторные батареи должны быть хорошо закреплены, легкодоступны, отделены от пассажирского салона и хорошо вентилироваться наружным воздухом;

– огнетушители и аптечки первой помощи должны быть четко обозначены и располагаться в легкодоступных местах; должны быть предусмотрены специальные места для установки одного или нескольких огнетушителей и аптечек (одно из мест – вблизи водительского отделения) при наличии обязательной защиты их от кражи и актов вандализма;

– наличие каких-либо воспламеняющихся материалов в пределах 10 см от выпускной трубы допускается лишь в том случае, если эти материалы надлежащим образом защищены.

4.2.2 Эвакуационная приспособленность автомобиля

Необходимым и важным условием послеаварийной безопасности является быстрая эвакуация людей из аварийного автомобиля. Причинами, затрудняющими эвакуацию, могут быть заклинивание замкового устройства ремня безопасности; зажатие водителя между рулевым колесом и сидением; заклинивание дверей (дверных замков и деформации петель).

Необходимо отметить, что люди, выброшенные из автомобиля во время ДТП, имеют большую вероятность погибнуть, чем те, которые остаются в автомобиле. Поэтому дверные замки не должны заклиниваться при ДТП и допускать самопроизвольного открывания, чтобы исключить непроизвольное открытие дверей.

Правила ЕЭК ООН № 11 регламентируют требования к замкам и устройствам крепления боковых дверей (петли и другие удерживающие устройства боковых дверей транспортных средств категорий M_1 и N_1), которые используются или могут быть использованы для входа или выхода водителей и пассажиров.

Каждый замок должен иметь положение, в котором дверь полностью закрыта; для навесных дверей должно быть также предусмотрено промежуточное положение, в котором дверь закрыта не полностью.

Раздвижная дверь, не имеющая промежуточного положения закрытия, должна, если она оказалась не полностью закрытой, автоматически возвращаться в положение, в котором она частично приоткрыта (необходимо, чтобы водитель и пассажиры транспортного средства могли видеть, что дверь частично приоткрыта).

Устройства крепления боковых дверей на петлях, за исключением складных дверей, устанавливаемых по бокам транспортных средств, должны устанавливаться на переднем крае в направлении движения. Для двойных дверей это требование должно применяться к створке двери, которая открывается первой; в этом случае необходимо, чтобы вторую створку можно было застопорить.

Система замка и личинки должна выдерживать:

- продольную нагрузку, равную 4,44 кН, когда замок находится в промежуточном положении закрытия, и 11,11 кН, когда замок полностью закрыт;

- поперечную нагрузку, равную 4,44 кН, когда замок находится в промежуточном положении закрытия, и 8,89 кН, когда замок полностью закрыт.

Дверной замок должен оставаться в полностью закрытом состоянии, когда при отключенном механизме блокировки на систему замка, включая механизм по приведению его в действие, действует в продольном и поперечном направлениях ускорение, равное 30 g.

Комплект устройств крепления для каждой двери должен удерживать дверь и выдерживать продольную нагрузку в 11,11 кН и поперечную нагрузку в 8,89 кН, действующие в обоих направлениях.

Для раздвижных дверей система направляющих и ползуна или система любых других устройств крепления, не должна разъединяться под действием поперечной нагрузки в 8,89 кН, приложенной в направлении наружу к несущим элементам, находящимся на противоположных краях двери (всего 17,8 кН).

Правилами ЕЭК ООН № 36 и № 52 или Правилами ЕЭК ООН № 107 для одноэтажных автобусов установлены следующие требования к количеству, расположению и назначению служебных и запасных дверей, окон и люков, используемых (при необходимости) в качестве аварийных выходов:

- каждое транспортное средство должно иметь минимум две двери (либо одну служебную и одну запасную, либо две служебных); минимальное число запасных (аварийных) выходов для больших транспортных средств составляет четыре-девять (в зависимости от числа пассажиров), для малых транспортных средств – три-четыре; в крыше должны иметься один-два люка в качестве запасных выходов;

- выходы должны располагаться на ближайшей к обочине стороне транспортного средства, соответствующей направлению движения, или сзади, один из выходов должен быть обязательно в передней части транспортного средства;

- выходы должны равномерно располагаться по всей длине; разрешается устройство двери в задней стенке кузова при условии, что она не является

служебной дверью; один аварийный люк должен располагаться в средней трети крыши кузова, два люка – на расстоянии не менее 2 м;

– минимальные размеры для выходов различного назначения должны быть следующими: служебная дверь – высота 180 см (I класс), 165 см (II, III, A классы), 150 см (класс B); ширина 65 см (одинарная дверь), 120 см (сдвоенная дверь) для классов I–III, A; 75 см (класс B); запасная дверь – высота 125 см, ширина 55 см; окно (в качестве запасного выхода) – площадь 4000 см²; аварийный люк – площадь отверстия 4000 см²;

– служебные двери должны легко открываться изнутри и снаружи, когда транспортное средство находится на стоянке; на внутренней стороне двери не должно иметься никаких устройств, закрывающих внутренние ступеньки, когда дверь находится в закрытом положении;

– запасные двери должны легко открываться изнутри и снаружи, не должны быть оборудованы сервомеханизмом и не должны быть раздвижного типа; двери, установленные на боковой части транспортного средства, должны навешиваться передней частью и открываться наружу; к запасной двери должен быть обеспечен свободный доступ; все запасные двери, находящиеся вне поля зрения водителя, должны быть оснащены звуковыми сигналами, предупреждающими о неплотном закрытии дверей;

– любое навесное запасное окно должно открываться наружу; любое запасное окно должно легко и быстро открываться изнутри либо иметь легко разбиваемое безопасное стекло;

– каждый аварийный люк должен легко открываться (или сниматься) и закрываться как изнутри, так и снаружи таким образом, чтобы не препятствовать свободному доступу внутрь транспортного средства или выходу из него;

– убирающиеся ступеньки должны убираться и выдвигаться одновременно с открытием или с закрытием соответствующей служебной или запасной двери, при этом они не должны выступать в закрытом положении более чем на 10 мм за пределы кузова; возможность выдвижения ступеньки во время движения транспортного средства должна быть исключена; при нахождении пассажира на ступеньке должна исключаться возможность закрывания двери, убирающаяся ступенька должна удерживаться в выдвинутом положении;

– в транспортном средстве должно иметься четкое обозначение всех служебных дверей, запасных выходов (окон, люков) с необходимыми инструкциями об их использовании.

Аварийные люки должны располагаться над частью сиденья или какой-либо другой эквивалентной опоры, облегчающей доступ к ним.

4.2.3 Заполнение автомобиля водой

Предотвращение попадания воды в салон автомобиля при его затоплении пока не регламентируется международными стандартами. Единственный путь борьбы с этим явлением – повышение общей герметичности салона автомобиля.

Следует отметить, что возможность спасения людей из затопленного автомобиля зависит не столько от его конструкции (водонепроницаемости), сколько от состояния окон автомобиля (открыты или закрыты), умения людей плавать, от присутствия духа у водителя и пассажиров.

Герметичность кузова транспортного средства является важным элементом послеаварийной безопасности при попадании автомобиля после ДТП в водоем. При быстром погружении водитель и пассажиры теряют чувство самообладания, им необходимо время для осмысления возникшей ситуации и принятия мер для того, чтобы покинуть затонувший автомобиль. Погружение легкового автомобиля в воду длится от 4 до 8 мин. На глубине 1,5 м давление воды составляет 1 Н/см^2 , что при площади боковой поверхности двери 1 м^2 будет равно 10 кН, и открыть ее будет невозможно.

Большое значение имеет знание приемов эвакуации. При падении автомобиля в глубокую воду с моста или с берега прежде всего необходима быстрая и правильная реакция водителя и пассажиров. Необходимо знать, что автомобиль с закрытыми окнами и дверями некоторое время остается на плаву. Пока автомобиль еще находится на поверхности водоема, надо постараться покинуть его через окна. Дверь открывать не стоит, так как в салон сразу же хлынет поток воды, автомобиль потеряет плавучесть, что значительно сократит имеющийся резерв времени. Если автомобиль всё же затонул, то благодаря воздушному пузырю в салоне и багажнике, как бы автомобиль ни переворачивался, на дне водоема он чаще всего встает на колеса. Прежде всего, надо включить фары, чтобы тот, кто будет оказывать помощь, видел автомобиль и его положение. Затем нужно подождать, пока вода, проникающая внутрь машины через отверстия для проводов, рулевой колонки и педалей управления, наполовину заполнит салон, тогда давление с обеих сторон дверей выровняется и появится возможность их открыть. Прежде чем сделать это, необходимо набрать полную грудь воздуха и лишь потом, открыв дверь, постараться как можно быстрее всплыть на поверхность.

Вероятность спасения людей при возникновении пожара, затоплении автомобиля и серьезных ранениях в значительной степени зависит также от того, насколько хорошо организованы на автомобильных дорогах медицинская, пожарная и водолазная спасательные службы (в последнее время во многих городах появились многофункциональные службы спасения, которые также оказывают помощь на автодорогах). Однако эти вопросы выйдут за рамки конструктивной безопасности транспортных средств.

5 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Экологическая безопасность – это свойство автомобиля, позволяющее уменьшать вред, наносимый человеку и окружающей среде в процессе его нормальной эксплуатации. Автомобиль является источником загрязнения воздуха, воды и почвы. По расчетам специалистов, «вклад» автомобильного транспорта в атмосферу составляет до 90 % по оксиду углерода и 70 % по оксиду азота. Автомобиль также добавляет в почву и воздух тяжелые металлы и другие вредные вещества.

Вследствие негативного воздействия автомобилей на окружающую среду постоянно ведутся работы, направленные на повышение уровня экологической безопасности автомобиля. При этом важную роль играет совершенствование тех элементов конструкции автомобиля, которые связаны с наибольшим отрицательным воздействием на окружающую среду.

Кроме того, воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду следует оценивать в комплексе, связанном с производством, обслуживанием и ремонтом автомобилей, их эксплуатацией, производством горючего и смазочных материалов, с развитием и эксплуатацией дорожно-транспортной сети и др.

5.1 Влияние автомобиля на окружающую среду и человека

Автомобили оказывают вредное влияние на окружающую среду и человека, так как в выбросах их двигателей содержатся опасные для здоровья компоненты, а также при движении автомобилей возникает значительный уровень шума. Еще одним негативным фактором влияния автомобиля на человека является электромагнитное излучение, создаваемое системой его электрооборудования, кроме того, оно вызывает радио- и телевизионные помехи.

Помимо сказанного, при ДТП наносится большой материальный ущерб (уничтожение и повреждение грузов, транспортных средств и сооружений), а также возможна гибель и ранение людей. При этом вредное воздействие автомобилей увеличивается с ростом автомобильного парка и интенсивности движения. Это связано со спецификой обменных процессов в окружающей среде, что вызывает постоянное накопление в ней вредных веществ.

Автомобилизация требует развития сети автомобильных дорог, под строительство которых приходится отводить значительные площади часто плодородных земель. Автомобильные дороги, помимо этого, создают так называемый «разделяющий эффект», затрудняя или нарушая связи между участками живой природы, расположенными по разным сторонам дороги. Дорожное строительство нарушает экологическое равновесие в природе вследствие: изменения существующего ландшафта; усиления водной и ветровой эрозии; развития геодинамических процессов, например, оползней и обвалов; загрязнения окружающей местности, поверхностных и грунтовых вод эксплуатационными материалами; неблагоприятного воздействия на животный мир.

Воздух, отравленный отработавшими газами автомобилей, губителен и для природы. Он замедляет рост растений, сокращает сроки их жизни и приводит к гибели. Так, в условиях города с развитым автомобильным транспортом рост растений замедляется в два раза, а срок жизни таких деревьев, как вяз и липа, сокращается в пять-шесть раз. Особенно губительны для растений углеводороды, сернистый газ и сероводород, разрушающие хлорофилл.

Грунтовые и поверхностные воды в большой степени подвержены опасности загрязнения топливом, маслами, смазочными материалами и другими эксплуатационными жидкостями. Даже минимальное количество этих веществ может сильно изменить качество воды. Пленка из углеводородов на поверхности воды затрудняет процессы окисления, что отрицательно влияет на живые организмы.

Отрицательное воздействие автомобиля на окружающую среду заключается не только в выделении токсичных веществ, но и в уничтожении главного компонента воздуха – кислорода.

Известно, что для сжигания 3 тонн топлива необходимо примерно 10 тонн кислорода. Такое его количество поступает в атмосферу за счет фотосинтеза с 1 гектара леса в течение года. Также подсчитано, что автомобиль за пробег в 1000 км потребляет годовую норму кислорода одного человека.

В нижнем слое атмосферы, загрязненной вредными веществами от промышленных предприятий и выхлопными газами от автомобильного транспорта при неблагоприятных погодных условиях может образовываться ядовитый туман – фотохимический смог (*smog*, от *smoke* – дым и *fog* – туман). Он представляет собой аэрозоль, состоящий из дыма, тумана, пыли, частичек сажи, капелек жидкости (во влажной атмосфере). Возникает в атмосфере промышленных городов при определенных метеорологических условиях. Поступающие в атмосферу вредные газы вступают в реакцию между собой и образуют новые, в том числе и токсичные, соединения. В атмосфере при этом происходят реакции фотосинтеза, окисления, восстановления, полимеризации, конденсации, катализа и т. д. В результате сложных фотохимических процессов, стимулируемых ультрафиолетовой радиацией Солнца, из

оксидов азота, углеводов, альдегидов и других веществ образуются фотооксиданты (окислители).

Помимо всего сказанного, автомобилизация вызывает общую загрязненность и запыленность воздуха, что приводит к уменьшению освещенности, а также препятствует поступлению солнечной энергии и ультрафиолетовых лучей, а это ведет к росту сердечнососудистых и аллергических заболеваний, болезням дыхательных путей и т. п.

5.2 Токсичность выбросов автомобилей

К основным токсичным выбросам автомобиля относятся отработавшие газы, картерные газы (смесь части отработавших газов, проникшей через неплотности поршневых колец в картер двигателя, с парами моторного масла) и топливные испарения. Удельный вес токсичных выбросов автомобилей составляет: отработавшие газы – 65 %, картерные газы – 20 %, топливные испарения – 15 %.

Отработавшие газы, выбрасываемые двигателем, содержат оксид углерода (CO), оксиды азота (NO_x), углеводороды (C_xH_y), бенз(а)пирен, альдегиды, диоксид серы (SO₂), свинец и его соединения и сажу. В составе отработавших газов автомобилей наибольший удельный вес по объему имеет монооксид углерода (до 10 %), оксиды азота (до 0,8 %), несгоревшие углеводороды (до 3 %), альдегиды (до 0,2 %), диоксиды серы (до 0,002 %), бенз(а)пирен (до 0,02 г/м³) и сажа (до 0,04 г/м³). Так, при сжигании 1000 л топлива бензиновые двигатели выбрасывают в окружающую среду с отработавшими и картерными газами 200 кг оксидов углерода, 25 кг углеводов, 20 кг окислов азота, 1 кг сажи и 1 кг сернистых соединений.

Оксид углерода (угарный газ) – химически инертный газ без цвета и запаха, обладающий способностью легко смешиваться с окружающим воздухом.

Отравление человека оксидом углерода происходит потому, что гемоглобин крови – носитель кислорода, содержащийся в красных кровяных клетках (эритроцитах), в 300 раз активнее соединяется с оксидом углерода, чем с кислородом, что приводит к вытеснению кислорода из крови и кислородному голоданию тканей.

В результате вначале появляются головные боли, тошнота, одышка, сердцебиение, удушье, а затем – сонливость и потеря сознания. Высокая концентрация (свыше 1 %) газа незамедлительно приводит к смерти.

Оксиды азота – несмотря на то, что в выбросах их по объему намного меньше, чем монооксида углерода, по своему влиянию на организм человека они в 10 раз токсичнее его.

При сгорании топлива в автомобильных двигателях примерно 90 % оксидов азота образуется в форме монооксида азота NO. Оставшиеся 10 % приходится на диоксид азота N₂O. Однако в ходе химических реакций зна-

чительная часть NO превращается в N₂O – гораздо более опасное соединение, которое сильно раздражает слизистые оболочки дыхательных путей.

Патологические эффекты проявляются в том, что NO₂ делает человека более восприимчивым к патогенам, вызывающим болезни дыхательных путей. У людей, подвергшихся воздействию высоких концентраций диоксида азота, чаще наблюдаются катар верхних дыхательных путей, бронхиты и воспаление легких. Попадая в организм человека, NO₂ при контакте с влагой образует азотистую и азотную кислоты, которые разъедают стенки альвеол легких. Возникает отек легких, который зачастую ведет к летальному исходу. Исследователи считают, что в районах с высоким содержанием в атмосфере диоксида азота наблюдается повышенная смертность от сердечных и раковых заболеваний.

Оксиды азота оказывают отрицательное воздействие и на растительность, образуя на листовых пластинах растворы азотной и азотистой кислот. Кроме того, они участвуют в фотохимической реакции образования смога.

Углеводороды выбрасываются двигателями автомобилей с отработавшими и картерными газами, а также в результате испарения топлива, которые поступают в окружающую среду из системы питания двигателя. По некоторым данным, один легковой автомобиль за год испаряет от 60 до 80 л топлива, а один грузовой – от 200 до 500 л.

В эту наиболее многочисленную по составу группу входят различные углеводороды, то есть соединения типа C_xH_y. В отработавших газах содержатся углеводороды различных гомологических рядов: парафиновые (алканы), нафтеновые (цикланы) и ароматические (бензолы) – всего около 160 компонентов. Они образуются в результате неполного сгорания топлива в двигателе.

Несгоревшие углеводороды являются одной из причин появления белого или голубого дыма из системы выпуска автомобиля. Это происходит при запаздывании воспламенения рабочей смеси в двигателе или при пониженных температурах в камере сгорания.

Углеводороды токсичны и оказывают неблагоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему человека. Углеводородные соединения отработавших газов, наряду с токсическими свойствами, обладают канцерогенным действием. Особой канцерогенной активностью отличается ароматический углеводород бенз(а)пирен C₂₀H₁₂, содержащийся в отработавших газах бензиновых двигателей и дизелей. Многократное его воздействие на человека приводит к возникновению раковых заболеваний, эмфиземе легких (гибель эластичных элементов легочной ткани). Кроме того, несгоревшие углеводороды вызывают разнообразные хронические заболевания крови, тканей мышц и центральной нервной системы.

Углеводороды под действием ультрафиолетового излучения солнца вступают в реакцию с оксидами азота, в результате образуются новые токсичные продукты – фотооксиданты, являющиеся основой фотохимического смога.

Альдегиды – органические соединения, содержащие альдегидную группу – СНО. В отработавших газах присутствуют в основном формальдегид, акролеин и уксусный альдегид. Наибольшее количество альдегидов образуется на режимах холостого хода и малых нагрузок, когда температуры сгорания в двигателе невысокие.

Формальдегид НСНО – бесцветный газ с неприятным запахом, тяжелее воздуха, легко растворимый в воде. Он раздражает слизистые оболочки человека, дыхательные пути, поражает центральную нервную систему. Обуславливает запах отработавших газов, особенно у дизелей.

Акролеин $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$, или альдегид акриловой кислоты, – бесцветный ядовитый газ с запахом подгоревших жиров. Оказывает воздействие на слизистые оболочки.

Уксусный альдегид CH_3CHO – газ с резким запахом и токсичным действием на человеческий организм.

Диоксид серы – неорганический газ, который образуется в составе отработавших газов двигателей, если используется топливо с повышенным содержанием серы. Значительно больше серы присутствует в дизельном топливе по сравнению с другими видами топлив, используемых на транспорте. Наличие серы усиливает токсичность отработавших газов дизелей и является причиной появления в них вредных сернистых соединений.

Диоксид серы обладает резким запахом, тяжелее воздуха, растворяется в воде. Оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки горла, носа, глаз человека, может привести к нарушению углеводного и белкового обмена и угнетению окислительных процессов, при высокой концентрации (свыше 0,01 %) – к отравлению организма, при котором появляются слабость, головокружение, спазматический кашель и в тяжелых случаях кровянистая слизь, одышка и потеря сознания. Кроме того, диоксид серы губительно воздействует и на растительный мир.

Свинец и его соединения содержатся в отработавших газах бензиновых двигателей только при использовании этилированного бензина, который имеет в своем составе присадку, повышающую октановое число (тэтраэтилсвинец) и позволяющую двигателю работать без детонации. Чем выше октановое число, тем более стоек бензин против детонации. Детонационное сгорание рабочей смеси протекает со сверхзвуковой скоростью, что в 100 раз быстрее нормального. Работа двигателя с детонацией опасна тем, что двигатель перегревается, мощность его падает, а срок службы резко сокращается. Увеличение октанового числа бензина способствует снижению возможности наступления детонации. При сгорании этилированного бензина оксиды свинца в парообразном состоянии выбрасываются в окружающее пространство и оседают вблизи дорог. При сжигании одной тонны этилированного бензина в атмосферу выбрасывается приблизительно 0,5–0,85 кг соединений свинца.

Свинец и его соединения представляют собой большую опасность для

здоровья человека, так как оказывают на него отравляющее воздействие, нарушают кровятворные функции, обмен веществ и имеют свойство накапливаться в организме. Кроме того, свинец и его соединения накапливаются не только в организме человека, но практически всюду: в растениях и их плодах, в мясе животных, в молоке и т. д.

В придорожном пространстве примерно 50 % выбросов свинца в виде микрочастиц сразу распределяются на прилегающей поверхности. Остальное количество в течение нескольких часов находится в воздухе в виде аэрозолей, а затем также осажается на землю вблизи дорог. Накопление свинца в придорожной полосе приводит к загрязнению экосистем и делает близлежащие почвы непригодными к сельскохозяйственному использованию.

В развитых странах мира применение этилированного бензина полностью прекращено.

Сажа – частицы твердого углерода черного цвета, образующиеся при неполном сгорании и термическом разложении углеводородов топлива. Она не представляет непосредственной опасности для здоровья человека, но может раздражать дыхательные пути. Создавая дымный шлейф за транспортным средством, сажа ухудшает видимость на дорогах. Наибольший вред сажи заключается в адсорбировании на ее поверхности бенз(а)пирена, который в этом случае оказывает более сильное негативное воздействие на организм человека, чем в чистом виде.

В настоящее время строго регламентируются предельные значения выбросов вредных веществ и дымности отработавших газов.

Правила ЕЭК ООН № 24 регламентируют требования к выбросам видимых загрязняющих веществ (дымности) двигателями с воспламенением от сжатия, предназначенными для установки на автотранспортных средствах.

Правила ЕЭК ООН № 49 ограничивают выбросы вредных веществ двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на сжиженном нефтяном газе, установленными на механических транспортных средствах.

Правила ЕЭК ООН № 83 устанавливают нормы в отношении:

– выбросов вредных веществ с отработавшими газами при нормальной и низкой температуре окружающей среды, выбросов в результате испарений и выбросов картерных газов, долговечности устройств для очистки отработавших газов, а также в отношении бортовой диагностической системы (БДС) транспортных средств, оснащенных двигателями с принудительным зажиганием и имеющих не менее четырех колес;

– выбросов вредных веществ с отработавшими газами, долговечности устройств для очистки отработавших газов и БДС транспортных средств категорий М и N максимальной массой не более 3500 кг, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия и имеющих не менее четырех колес;

– выбросов вредных веществ с отработавшими газами при нормальной и низкой температуре окружающего воздуха, выбросов в результате испарения топлива, выбросов картерных газов, долговечности системы снижения вредных выбросов и БДС гибридных электрических транспортных средств, оснащенных двигателями с принудительным зажиганием и имеющих не менее четырех колес;

– выбросов вредных веществ, долговечности системы снижения вредных выбросов и БДС гибридных электрических транспортных средств категорий М и N максимальной массой не более 3500 кг, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия и имеющих не менее четырех колес.

5.3 Методы уменьшения загрязненности окружающей среды автомобильным транспортом

Методы уменьшения загрязненности атмосферы отработавшими газами двигателей автомобилей делятся на две группы: методы снижения токсичности выбросов и методы уменьшения объемов выбросов.

Эти методы в свою очередь можно разделить на четыре группы:

- изменение конструкции и рабочего процесса двигателя;
- применение другого вида топлива или изменение его физико-химических свойств:

 - очистка выбросов от токсичных компонентов с помощью дополнительных устройств;
 - замена традиционных двигателей новыми малотоксичными силовыми установками.

Методы первой группы включают мероприятия по улучшению смесеобразования (гомогенизация и обеднение топливно-воздушной смеси, дозирование ее по цилиндрам с помощью систем электронного впрыска), термостатирование воздуха, рециркуляция отработавших газов, поступающих во впускной трубопровод двигателя, впрыск воды во впускной трубопровод, использование форкамерных процессов и послонного смесеобразования.

Вторая группа методов имеет два основных направления: применение присадок к топливу, снижающих выброс свинца, серы, канцерогенных веществ, сажи; перевод двигателя на другой вид топлива (природный или сжиженный газ, водород).

Сжатые природные газы (метан и др.) сохраняют газообразное состояние при нормальной температуре и высоком давлении (до 20 МПа). Сжиженные нефтяные газы (бутан, пропан и др.) переходят из газообразного состояния в жидкое при нормальной температуре и небольшом давлении (до 1,6 МПа). Газообразное топливо в 2,5–3 раза дешевле бензина, имеет более высокое октановое число, меньшее нагарообразование, не разжижает масло в картере двигателя и более экологично. По сравнению с бензиновы-

ми, выброс газовых двигателей содержит значительно меньше токсичных веществ: окиси углерода – в 4–5 раз, окислов азота – в 1,2–2 раза и углеводородов в 1,1–1,4 раза. Срок службы газового двигателя в 1,5–2 раза больше, чем бензинового, но мощность меньше на 10–12 %. Однако такой двигатель сложнее в эксплуатации и требует высокой техники безопасности.

Метанол (метилловый спирт) получают из каменного угля, сланцев и древесины. Он несколько тяжелее бензина, имеет в 2 раза меньшую энергоемкость и в производстве дороже в 1,5–2 раза. Объем бака для метанола должен быть в 2 раза больше бензинового. Однако при использовании метанола токсичность отработавших газов снижается в 2–3 раза. Кроме того, применение метанола позволяет повысить степень сжатия двигателя. На метаноле могут работать и дизели. Но для этого потребуются совершенствовать системы подачи, смесеобразования и камеры сгорания. Иначе не будет обеспечено надежное воспламенение горючей смеси, особенно при пуске холодного двигателя.

Этанол (этиловый спирт) при одинаковой плотности с метанолом имеет энергоемкость на 25–30 % выше и требует пропорционально менее вместительного бака. У двигателей, работающих на этаноле, содержание углеводородов в отработавших газах меньше, чем при работе на метаноле.

Водород является высокоэнергетическим, практически не загрязняющим окружающую среду топливом при работе на нем двигателях. Его можно получать из воды термическим или электролитическим способом, что в настоящее время требует высоких энергетических затрат. При использовании водорода в качестве топлива необходимо уменьшать степень сжатия двигателя, изменять фазы газораспределения, углы опережения зажигания и др. Кроме того, при водородном топливе возможно некоторое ухудшение тягово-скоростных свойств автомобиля. Однако при использовании этого топлива уменьшается износ двигателя и снижается расход масла. Водород значительно дороже бензина, чрезвычайно пожаро- и взрывоопасен. Бак с жидким водородом займет места в автомобиле в 3–4 раза больше, чем бензиновый. К тому же очень трудно обнаружить утечку водорода, так как он не имеет ни цвета, ни вкуса, ни запаха.

Использование водобензиновых смесей также позволяет значительно снизить токсичность двигателей. Так, при работе бензинового двигателя на эмульсии с содержанием 12 % воды выброс окиси углерода с отработавшими газами уменьшается в 2 раза. При этом отсутствует детонация топлива. Однако возникают сложности с хранением запасов воды (эмульсии) при эксплуатации автомобилей в условиях низких температур, а также с подготовкой и обеспечением стабильности водобензиновой эмульсии.

Третья группа методов включает в себя очистку выбросов от токсичных компонентов с помощью нейтрализаторов и очистителей, устанавливаемых на автомобили. Нейтрализаторы производят физико-химическую очистку

выбросов и бывают следующих типов: термические, каталитические, жидкостные. Очистители производят механическую очистку отработавших газов при их выходе из двигателя.

Наибольшее распространение получили каталитические нейтрализаторы, предназначенные для снижения выброса вредных веществ в атмосферу с отработавшими газами за счет их преобразования в безвредные компоненты. Каталитический нейтрализатор применяется как на бензиновых, так и на дизельных двигателях.

Конструкция трехкомпонентного каталитического нейтрализатора для бензиновых двигателей включает три блока-носителя, теплоизоляцию и корпус, кислородный датчик (рисунок 5.1).

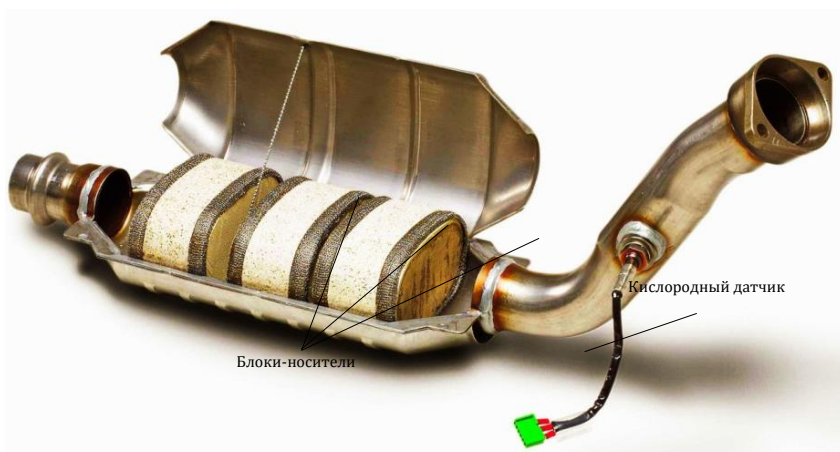


Рисунок 5.1 – Трехблочный каталитический нейтрализатор

Каждый блок-носитель изготавливается из специальной огнеупорной керамики. Конструктивно блок-носитель состоит из множества продольных сот-ячеек, которые значительно увеличивают площадь соприкосновения с отработавшими газами. На поверхность сот-ячеек блока тонким слоем наносится вещества-катализаторы: платину, палладий и родий. Катализаторы ускоряют протекание химических реакций в нейтрализаторе. Платина и палладий относятся к окислительным катализаторам. Они способствуют окислению несгоревших углеводородов (C_xH_y) в водяной пар, оксида углерода (CO) в углекислый газ. Родий является восстановительным катализатором. Он восстанавливает оксиды азота (NO_x) в безвредный азот. Таким образом, три катализатора, нанесенные на блоки-носители, снижают содержание в отработавших газах трех вредных веществ.

Блоки-носители помещаются в металлический корпус. Между ними обычно располагается слой теплоизоляции. Перед нейтрализатором уста-

навливается кислородный датчик, так называемый лямбда-зонд, необходимый для определения концентрации кислорода в выхлопных газах. Эффективная работа двигателя внутреннего сгорания обеспечивается за счет поддержания стабильного соотношения топлива и воздуха в системе, что возможно благодаря использованию кислородного датчика. Процесс контроля содержания кислорода в выхлопах называется лямбда-регулированием. Датчик, установленный перед катализатором, задает оптимальное соотношение топлива и воздуха для эффективной работы двигателя.

На отдельных моделях автомобилей применяется два кислородных датчика: один устанавливается до каталитического нейтрализатора, другой – после. Применение двух кислородных датчиков усиливает контроль за составом отработавших газов и обеспечивает более эффективную работу нейтрализатора.

Условием начала работы каталитического нейтрализатора, является достижение температуры 300 °С. Идеальный температурный промежуток – от 400 до 800 °С. При этой температуре задерживается 90 % вредных веществ. Температура свыше 800 °С вызывает спекание металлов-катализаторов и сот-ячеек блока-носителя.

Каталитический нейтрализатор обычно устанавливается непосредственно за выпускным коллектором или перед глушителем. Первая схема установки нейтрализатора способствует его быстрому прогреву, но затем устройство подвергается большим тепловым нагрузкам. Во втором случае требуются дополнительные мероприятия для быстрого прогрева нейтрализатора, повышающие температуру отработавших газов.

Катализатор дизельного двигателя обеспечивает окисление отдельных компонентов отработавших газов кислородом, который в достаточном количестве присутствует в выхлопе дизеля.

При прохождении через каталитический нейтрализатор вредные вещества (оксид углерода, углеводороды) окисляются до безобидных продуктов (углекислого газа и водяного пара). Кроме этого, катализатор почти полностью устраняет неприятный запах отработавших газов дизеля.

Каталитический нейтрализатор дизельного двигателя не используется для снижения выбросов оксидов азота в отработавших газах. Эту функцию в дизельном двигателе выполняет система рециркуляции отработавших газов.

Четвертая группа методов предполагает замену традиционных двигателей другими силовыми установками, такими как газотурбинные, роторные, гибридные двигатели, инерционные и электрические. Теоретически возможно применение паровых двигателей.

Малотоксичными являются газотурбинные, роторные и гибридные двигатели, а нетоксичными – инерционные и электрические.

Газотурбинный двигатель проще поршневого по конструкции, имеет меньшую массу, легко пускается и значительно меньше загрязняет воздух

ядовитыми веществами. Так, в его отработавших газах существенно меньше оксидов углерода и углеводородов. Однако двигатель имеет высокую стоимость, большой расход топлива и малую приемистость (медленно развивает максимальную мощность).

Роторный двигатель – это бензиновый двигатель, отличающийся по конструкции от поршневого двигателя. У роторного двигателя нет цилиндров и шатунно-поршневой группы. Вместо поршней двигатель имеет вращающийся ротор, который передает крутящий момент через зубчатую передачу. В двигателе также нет клапанов, а вместо них используются впускные и выпускные отверстия. Двигатель имеет меньшую массу, компактен, прост в производстве, бесшумен и способен работать на бензине с любым октановым числом. Однако по сравнению с поршневым роторный двигатель менее экономичен. Кроме того, в двигателе трудно обеспечить необходимую герметичность между корпусом и ротором по мере их изнашивания в процессе эксплуатации.

Гибридные двигатели менее токсичны и менее шумны по сравнению с поршневыми. В этом случае на автомобиле устанавливаются два двигателя: внутреннего сгорания и тяговый электродвигатель (рисунок 5.2).

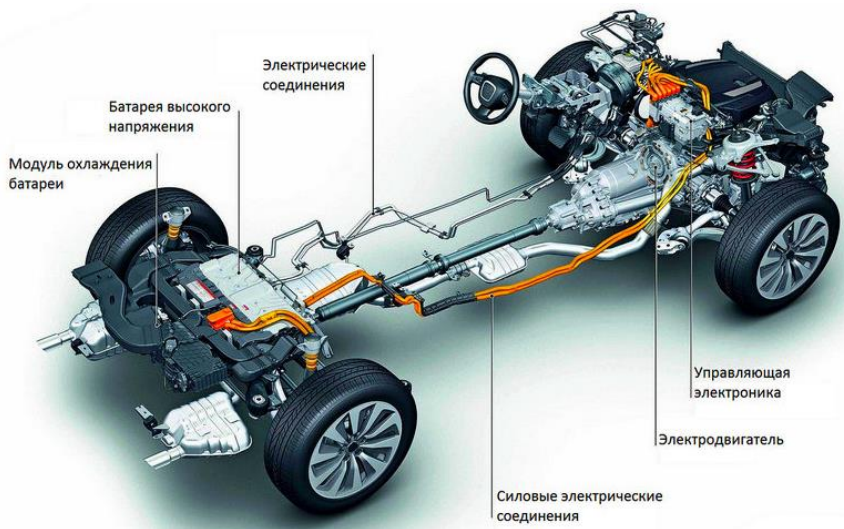


Рисунок 5.2 – Устройство автомобиля с гибридным двигателем

В условиях города используется электродвигатель, который работает от аккумуляторной батареи, а при выезде из города – двигатель внутреннего сгорания. При работе двигателя внутреннего сгорания его генератор подзаряжает аккумуляторную батарею.

Инерционный двигатель представляет собой маховик. Большое преимущество маховика состоит в его экологической чистоте с отсутствием токсичных отходов и практически бесшумной работой, а также высоким КПД. Но недостатком, препятствующим внедрению маховика, является его малая энергоёмкость и, следовательно, незначительный пробег автомобиля между подзарядками (раскручиванием) маховика. Кроме того, определенную сложность представляет трансмиссия, передающая энергию от маховика к ведущим колесам автомобиля.

5.4 Электромобили

Электромобиль – автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от автономного источника электроэнергии, чаще всего – от аккумуляторов.

Конструкция электромобиля, в отличие от автомобиля с двигателями внутреннего сгорания, немного проще, но она более надежна, ведь в ней минимальное количество подвижных деталей и узлов.

В процессе работы двигатель такого авто не выбрасывает в нижние слои атмосферы вредные газы. За счёт этого не происходит усиления парникового эффекта и ухудшения экологической ситуации. Существует лишь один нюанс – как именно производится электроэнергия, используемая авто.

Чтобы минимизировать негативное влияние на экосистему, стоит использовать в этих целях исключительно чистые источники энергии (лучше – возобновляемые). На сегодняшний день учёные ещё занимаются разработками, поэтому вредные вещества при производстве электроэнергии никуда не исчезли. Электрокары также являются оптимальным выбором для уменьшения фонового шума на улицах. Это становится возможно, потому что их двигатели обеспечивают тихий и более плавный разгон, чем у авто с ДВС.

Главным козырем электромобилей является их повышенная безопасность по сравнению с моделями с двигателем внутреннего сгорания. Во время возможного ДТП у электрокара срабатывают подушки безопасности и сразу же отключается аккумулятор. Это приводит к остановке авто и снижает вероятность получения тяжёлых травм не только у пассажиров и водителя, но и у тех, кто находился в транспортном средстве, с которым произошло столкновение.

Траты на содержание электромобиля значительно меньше. Такой двигатель не требует смазки, не нужно постоянно посещать станции технического обслуживания [55].

В электромобиле главными конструктивными составляющими являются электрическая силовая установка, трансмиссия, аккумулятор, специальное бортовое зарядное устройство, электронная система управления и т. д. (рисунок 5.3) [56].

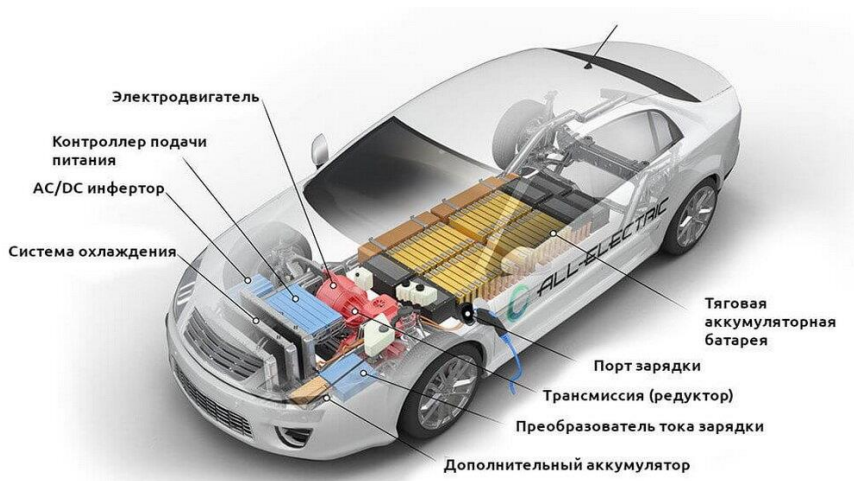


Рисунок 5.3 – Устройство электромобиля

Для комплектования электромобилей могут использоваться электродвигатели как постоянного, так и переменного тока. Мощность двигателей начинается от 15 кВт и может быть более 200 кВт. Двигатель переменного тока может быть трехфазным асинхронным либо синхронным. В этом случае, чтобы преобразовать постоянное высокое напряжение, выдаваемое аккумуляторной батареей, в трехфазное переменное, применяется специальный инвертор.

Трансмиссия у электромобиля имеет упрощенный вид, и на большинстве моделей применяется одноступенчатый редуктор. Силовая электрическая установка с одноступенчатым планетарным редуктором представлена на рисунке 5.4.

Для того чтобы обеспечить питание тягового электродвигателя, на электромобиле устанавливают литий-ионную аккумуляторную батарею, которая состоит из нескольких модулей, последовательно соединенных между собой. Выдаваемое напряжение такой батареи составляет порядка 300 В постоянного тока. Для корректного взаимодействия емкость батареи подбирается с учетом мощности двигателя.

Бортовое зарядное устройство электромобиля необходимо для того, чтобы бортовые аккумуляторы могли накопить новую электрическую энергию взамен истраченной на движение автомобиля. За счет наличия в конструкции бортового зарядного устройства возможна зарядка аккумулятора от электросети бытового назначения, при этом время до полной зарядки батареи составляет не менее 8 часов.

На специальных зарядных станциях, которые имеют мощность 50 кВт, аккумулятор заряжается на 80 % всего за 30 минут.



Рисунок 5.4 – Силовая установка электромобиля

В электромобилях помимо батарей, обеспечивающих питание электродвигателя, устанавливается ещё один небольшой дополнительный аккумулятор, необходимый для работы автомобильных аксессуаров: фар, автомагнитолы, приборной панели, подушек безопасности, стеклоочистителей, электрических стеклоподъемников и иных устройств. За зарядку такого дополнительного аккумулятора в этом случае отвечает преобразователь постоянного тока.

Электронная система управления отвечает за активную безопасность, контролирует работу электромоторов, следит за состоянием тяговой батареи и уровнем заряда, определяет расход энергии и задействует режимы энергосбережения при езде и т. д.

Положительные качества электромобиля состоят в том, что он не потребляет углеводородное топливо и не загрязняет воздух отработавшими газами, работает почти бесшумно, неогнеопасен и легко управляется. Его электродвигатель способен преодолевать кратковременные перегрузки и имеет хорошую тяговую характеристику, поэтому на электромобиле можно применять двигатель меньшей мощности. Кроме того, электромобиль не нуждается в сложной трансмиссии и многих системах, характерных для обычного современного автомобиля, имеет простое сервисное обслуживание (не нужно покупать и менять расходные материалы, такие как свечи зажигания, масла, фильтры и др.). Текущие расходы на эксплуатацию электромобиля в 3–4 раза ниже расходов на содержание автомобиля с двигателем внутреннего сгорания и зависят, в основном, от стоимости электроэнергии.

Негативными сторонами электромобиля являются высокая стоимость, которая во многом определяется ценой аккумуляторной батареи. В условиях массового производства себестоимость производства будет значительно снижаться. Одна из самых серьезных проблем эксплуатации электромобиля –

его невысокая степень автономности. Величина пробега электромобиля без подзарядки зависит от многих факторов: емкости аккумуляторной батареи, характера и условий движения, стиля вождения, степени использования вспомогательных систем. В настоящее время средняя дальность использования электромобиля составляет порядка 200 км при скорости движения 70 км/ч. При движении с большей скоростью, пробег резко уменьшается, например, при скорости 130 км/ч он составляет уже 70 км. Кроме того, аккумуляторная батарея имеет ограниченный ресурс (5–7 лет).

Неотъемлемым атрибутом эксплуатации электромобиля является необходимость периодической зарядки аккумуляторной батареи, которая занимает много времени и, кроме того, количество зарядных станций, особенно за городом, существенно ограничено. Именно поэтому электромобиль в большинстве своем пока позиционируется как транспортное средство для городских поездок. Однако возможности современных серийных электромобилей уже давно расширили горизонты их использования.

Рассмотрим наиболее массовые модели.

Tesla Model 3 (рисунок 5.5). Наиболее доступными Model 3 являются версии Standard Range Plus с базовой батареей и запасом хода приблизительно 400 километров. Хватит как для передвижения по городу, так и для типичных поездок по области [57].



Рисунок 5.5 – Tesla Model 3

Электрокар представляет собой 5-местный седан с отдельным багажником. Model 3 – единственная 4-дверная Tesla (у Model S есть пятая дверь).

Nissan Leaf (рисунок 5.6) – один из немногих электрокаров, которые уже успели сменить поколение. Он до сих пор остается самым популярным EV в мире. Модель продается уже 10 лет и выпускается в Японии, США и Великобритании. В 2019 г. дебютировала «дальнобойная» модификация Leaf с батареей на 62 кВт·ч. Такая способна отъехать от розетки на расстояние в 504 километра.



Рисунок 5.6 – Nissan Leaf

Hyundai Ioniq Electric (рисунок 5.7) – это достаточно популярный автомобиль в Европе и США. Он выпускается сразу в трех вариантах: классический гибрид, подзаряжаемый гибрид (plug-in) и EV. На Ioniq Electric ставят батарею емкостью почти 30 кВт·ч. Этого должно хватить на 250–280 километров.



Рисунок 5.7 – Hyundai Ioniq Electric

Один из самых спорных проектов BMW – это городской электромобиль *i3* (рисунок 5.8). Сразу после премьеры на новинку вылились гигабайты критики на форумах, поклонники E39 начали жечь флаги с логотипом баварского производителя. Но после того как за базовые *i3* 2014 года выпуска в США стали просить 12–15 тысяч долларов, модель резко превратилась в «последний настоящий» электрокар BMW. Емкость батареи самых доступных версий автомобиля составляет около 20 кВт·ч. Это в лучшем случае 150 километров хода. Не зря производитель называет модель «городской».



Рисунок 5.8 – Городской электромобиль BMW i3

А в ноябре 2018 г. модель получила батарею емкостью 42 кВт·ч, что для такого компактного автомобиля означает внушительный запас хода – более 300 километров по реальным замерам.

Chevrolet Bolt (рисунок 5.9) имеет батарею емкостью 60 кВт·ч. Этого хватает для обеспечения запаса хода в 350–400 километров. Даже при минусовой температуре и активном стиле вождения данный показатель не опускается ниже 200 километров. Именно эта модель показала миру, что компактный и относительно недорогой электрокар может проезжать на одном заряде приличное расстояние.

Bolt относительно быстрый: 200-сильный электромотор разгоняет хетчбэк до сотни за 7,2 с. А скорость 50 км/ч машина при желании набирает за 3 секунды с момента старта. Модель получила массу наград, среди которых «Зеленый автомобиль 2017 года», «Лучший автомобиль для покупки 2017», «Североамериканский автомобиль 2017 года» и пр. В Европе электрокар продается как Opel Ampera-e (не путать с обычным Opel Ampera).



Рисунок 5.9 – Chevrolet Bolt

Tesla Roadster 2020 (рисунок 5.10) должен практически полностью перевернуть весь автомобильный мир. Новый электрический гипер-кар был уже представлен в качестве прототипа в конце 2017 года. По заявлению автопроизводителя, он должен стать самым быстро разгоняющимся транспортным средством, когда-либо выпущенным в серийное производство. Предыдущий родстер, представленный мировой общественности практически 10 лет назад, стал самым первым автомобилем, который выпустила компания.

Тесла Родстер 2020 должен стать самым быстрым серийным автомобилем в мире. При этом речь идет не о максимальной скорости, а о динамике разгона. К основным техническим характеристикам можно отнести следующее: для разгона с 0 до 96 км/ч автомобилю должно понадобится всего 1,9 секунды; до 100 миль/ч гиперкар сможет разогнаться за 4,2 секунды. Подобные показатели пока для многих автопроизводителей за гранью реальности; важным моментом также назовем то, что максимальная скорость составит 400 км/ч.



Рисунок 5.10 – Tesla Roadster 2020

Для достижения столь внушительных показателей проводится установка трех электрических двигателей. Распределение следующее: два установят на заднюю ось, один – на переднюю. Этот момент определяет то, что автомобиль будет полноприводным. Представители компании пока не сообщают, какова будет суммарная мощность устанавливаемых двигателей. Известно только то, что для их питания установят несколько аккумуляторов с суммарной мощностью 250 кВт·ч.

Также, по заявлению автопроизводителя, новинка сможет пройти на одном заряде аккумулятора около 1000 километров, что тоже можно назвать весьма внушительным показателем. Однако многие скептики утверждают, что при использовании даже половины возможностей автомобиля показатель максимального расстояния, преодолимого без перезарядки аккумуляторов, будет гораздо меньше.

5.5 Автомобильный шум

Внешний шум автомобиля имеет сложную структуру и складывается из шума отдельных источников. Наиболее интенсивными источниками внешнего шума автомобиля являются шум двигателя и его систем, шум трансмиссии, шум шин, шум кузова.

Шум от двигателя внутреннего сгорания возникает во впускном и выпускном трактах; в газораспределительном механизме в результате открытия и закрытия клапанов и в их приводе, в цепных и ременных передачах привода распределительного вала; в системе охлаждения вследствие работы ременной передачи привода водяного насоса и работы вентилятора; в ременной передаче привода генератора; вследствие работы компрессора и насоса гидроусилителя рулевого управления.

В элементах шасси технически исправного автомобиля и его кузове шум создается при работе агрегатов трансмиссии (в зубчатых передачах и подшипниках), а также в элементах подвески.

В результате взаимодействия шин с дорожным покрытием возникает шум, который зависит от типа автомобиля, рисунка протектора шины, конструкции подвески, вертикальной нагрузки на шину, ее жесткости и давления в ней.

Значительный уровень шума возникает в результате обтекания кузова воздушным потоком при движении автомобиля на высоких скоростях.

У легкового технически исправного автомобиля основным источником шума являются шины, а грузового – двигатель.

Уровень транспортного шума зависит от многих факторов, среди которых можно выделить:

- интенсивность и скорость движения, состав транспортного потока;
- технический уровень и техническое состояние транспортных средств;
- технический уровень и состояние улично-дорожной сети;
- качество управления дорожным движением, так как наибольший уровень шума, равно как и выбросов в атмосферу, наблюдается при переменных режимах движения.

Вредное воздействие шума на человека проявляется в ухудшении или потере слуха, изменениях в циркуляции крови, работе сердца и желез внутренней секреции, в увеличении скрытого периода двигательной реакции, в снижении мышечной выносливости. Реакция на шум часто выражается в повышенной возбудимости и затруднениях в общении. Шум оказывает вредное влияние на зрительный и вестибулярный анализаторы, снижает устойчивость ясного видения, ухудшает рефлекторную деятельность и ослабляет сумеречное зрение. Вредное воздействие шума возрастает при увеличении его громкости и частоты.

В таблице 5.1 приведены нормы уровня внешнего шума транспортных средств, регламентированные ЕЭК ООН № 51.

Таблица 5.1 – Предельные значения уровня внешнего шума, производимого транспортными средствами

Категория транспортного средства	Уровень звука, дБА
ТС для перевозки пассажиров, которые могут иметь не более девяти сидячих мест, включая место водителя	74
ТС для перевозки пассажиров, которые имеют более девяти сидячих мест, включая место водителя, и максимально разрешенная, масса которых превышает 3,5 т, с двигателем мощностью: – менее 150 кВт	78
– 150 кВт и более	80
ТС для перевозки пассажиров, которые имеют более девяти сидячих мест, включая место водителя, транспортное средство для перевозки грузов с максимально разрешенной массой: – не более 2 т	76
– от 2 до 3,5 т	77
ТС для перевозки грузов с максимально разрешенной массой более 3,5 т с двигателем мощностью: – менее 75 кВт	77
– от 75 до 150 кВт	78
– 150 кВт и более	80

Шум в больших городах сокращает продолжительность жизни человека. По данным австрийских исследователей, это сокращение колеблется в пределах 8–12 лет. Чрезмерный шум может стать причиной нервного истощения, угнетённости, вегетативного невроза, язвенной болезни, расстройства эндокринной и сердечно-сосудистой систем. Шум мешает людям работать и отдыхать, снижает производительность труда.

Шум в значительной мере нарушает сон. Крайне неблагоприятно действуют прерывистые, внезапно возникающие шумы, например, от проезжающего автомобиля, особенно в вечерние и ночные часы, на только что заснувшего человека.

Городской шум оказывает неблагоприятное влияние и на сердечно-сосудистую систему. Ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, повышенное содержание холестерина в крови встречаются чаще у лиц, проживающих в шумных районах.

5.6 Методы снижения уровня шума автомобилей

5.6.1 Снижение шума двигателя

Шум, возникающий в системе впуска двигателя, является одним из основных шумов автомобиля. Шум во впускном тракте двигателя может быть уменьшен с помощью воздухоочистителя специальной конструкции, име-

ющего резонансную и расширительную камеры, и конструкции впускного коллектора, уменьшающих скорости обтекания его внутренних поверхностей потоком топливовоздушной смеси. Эти устройства позволяют снижать уровень шума впуска на 10–15 дБА.

Наиболее значительный шум возникает в выпускной системе двигателя. Причиной этого шума является истечение через выпускные клапаны отработавших газов, обладающих высокой внутренней энергией. Уровень шума при этом достигает 125–130 дБА. Для уменьшения шума выпуска на автомобиле устанавливают глушители, в конструкцию которых включены элементы, обеспечивающие поглощение энергии звуковых волн. Классифицируя глушители по особенностям конструкции, можно выделить следующие их основные типы: активный (диссипативный), реактивный (резонансный), комбинированный, прямоточный и лабиринтный.

Активные (диссипативные) глушители. В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения звуковой энергии в тепловую при прохождении звуковых волн через звукопоглощающий материал, размещенный во внутренних полостях. Волокнистый звукопоглощающий материал (обычно минеральная вата, супертонкое стекловолокно, базальтовое волокно и другие пористые материалы с высокими коэффициентами звукопоглощения) применяют в виде набивки или матов, которыми покрывают внутреннюю поверхность глушителя (рисунок 5.11).

Чем толще слой звукопоглощающего материала в активном глушителе, тем эффективнее снижается звук. С увеличением длины глушителя его эффективность повышается во всем рабочем диапазоне частот. Такие глушители имеют очень простую конструкцию, хорошо гасят высокочастотный шум, однако хуже справляются с низкими частотами.



Рисунок 5.11 – Активный глушитель с волокнистой набивкой

Реактивные глушители (резонансные) не содержат специального звукопоглотителя и представляют собой различные сочетания камер и трубок, то есть элементов различной акустической упругости.

Реактивные глушители бывают камерными и комбинированными.

Камерный глушитель является устройством с резко расширенным участком трубопровода. Снижение шума в камерных глушителях происходит в результате многократного отражения звука и складывании звуковых волн до их взаимного уничтожения.

Одним из простейших и распространенных типов реактивных глушителей является одиночная расширительная камера. Снижение шума двухкамерным глушителем из двух одинаковых камер в 1,5–2 раза превышает значение эффективности однокамерного глушителя.

Эффективность глушителя повышается при использовании нескольких камер с разными размерами. Обычно камерные глушители содержат от двух до четырех камер различной длины, через которые проходит одна или несколько перфорированных труб (рисунок 5.12).

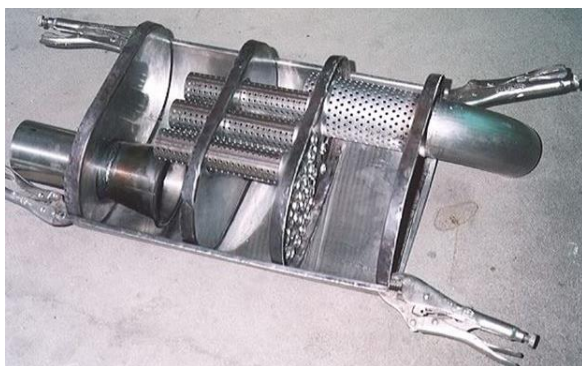


Рисунок 5.12 – Трехкамерный реактивный глушитель

Комбинированный глушитель. В основе данного устройства лежит наличие как диссипативных так и резонансных камер, объединяющих функции активных и реактивных глушителей (рисунок 5.13).

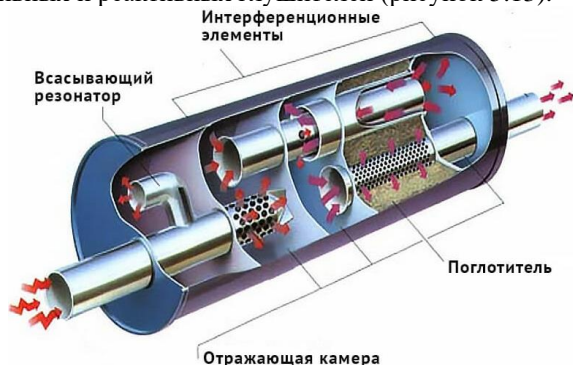


Рисунок 5.13 – Комбинированный глушитель

Особенностями комбинированных глушителей являются максимальная эффективность и более сложная конструкция.

Прямоточный глушитель состоит из сквозной, сплошной перфорированной трубы, имеющей большое количество отверстий разного диаметра и размера. Такая труба заворачивается в специальный термостойкий и износостойкий звукопоглощающий материал, который исполняет роль поглотителя звуковой энергии (рисунок 5.14).



Рисунок 5.14 – Прямоточный глушитель

Положительное качество данной конструкции глушителя – минимальное препятствие для выхода газов и, как следствие, снижение потерь мощности двигателя вследствие уменьшения сопротивления движению отработавших газов. Однако одновременно с этим увеличивается и уровень шума системы выхлопа. Поэтому такие глушители используются в основном на спортивных автомобилях.

Лабиринтный глушитель состоит из отдельных входной и выходной труб и нескольких камер, в которых поток газов движется произвольно, что позволяет эффективно снижать уровень звука (рисунок 5.15).

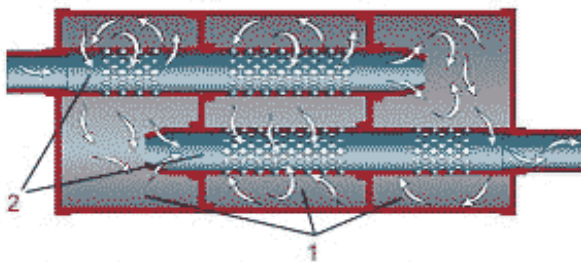


Рисунок 5.15 – Лабиринтный глушитель:
1 – камеры; 2 – перфорированные трубы

Обратная сторона таких глушителей заключается в том, что создается большее сопротивление выпуску, следовательно, уменьшается мощность дви-

гателя. Но для легковых автомобилей бизнес-класса, где низкий уровень шума и комфорт пассажиров являются приоритетом, чаще всего применяется именно такой тип глушителей. Следует отметить, что чем эффективнее работает глушитель, тем больше уменьшается эффективная мощность двигателя. Эти потери могут достигать 15 %.

Немаловажную роль в снижении шума двигателя играют улучшение уравновешивания кривошипно-шатунного механизма двигателя, совершенствование процесса сгорания топлива в цилиндрах, улучшение систем впуска и выпуска.

Снизить общий шум двигателя также можно следующими конструктивными мерами:

- применение гидравлических толкателей в приводе клапанов и ременной зубчатой передачи распределительного вала уменьшает шумность газораспределительного механизма;

- вентилятор системы охлаждения и его ременной привод создают при работе значительный уровень шума. Применение электрического привода, позволяет автоматически включать вентилятор только при достижении предельной температуры охлаждающей жидкости, а при движении автомобиля за городом он вообще не работает;

- использование электрического усилителя рулевого управления уменьшает уровень шума вследствие отсутствия работы насоса гидроусилителя и его ременного привода.

Большое значение для снижения шума двигателя имеет постоянный контроль за состоянием его систем, излучающих шум в процессе эксплуатации автомобиля (прежде всего – системы выпуска отработавших газов, так как она является самым сильным источником шума). Даже незначительное повреждение одного из элементов выпускного тракта приводит к увеличению шума автомобиля на 5–10 дБА.

Снижению шума двигателя также способствует качественное техническое обслуживание автомобиля, в частности, тщательная регулировка систем питания и зажигания.

5.6.2 Снижение шума трансмиссии и ходовой части автомобиля

Шум в трансмиссии и ходовой части автомобиля может быть уменьшен путем конструктивных усовершенствований. В коробке передач и раздаточной коробке применяются синхронизаторы, блокирующие конусные кольца, косозубые шестерни постоянного зацепления и ряд других конструктивных решений. Получили широкое распространение промежуточные опоры карданного вала, гипоидные главные передачи, менее шумные подшипники.

Шум в перечисленных выше частях и механизмах автомобилей может возникать и достигать значительных величин только при неисправностях отдельных узлов и деталей: поломке зубьев шестерни, коробления дисков

сцепления, дисбалансе карданного вала, нарушении зазоров между зубчатыми колесами в главной передаче и т. д.

Для снижения шума автомобиля, прежде всего, необходимо конструировать менее шумные механические узлы; уменьшать число процессов, сопровождающихся ударами; снижать величину неуравновешенных сил, повышать точность изготовления и сокращать допуски сопрягаемых деталей; улучшать смазку; применять подшипники скольжения и бесшумные материалы. Одним из методов этого направления является применение в агрегатах трансмиссии зубчатых колес с упругими соединениями.

Кроме того, уменьшение шума автомобиля достигается применением шумопоглощающих и шумоизолирующих устройств.

Шум автомобильной шины в настоящее время является одним из факторов, который ограничивает дальнейшее снижение уровня шума автомобиля. Возникающий при качении автомобильной шины уровень шума, возрастает с увеличением скорости движения автомобиля и начинает оказывать преобладающее влияние на общий уровень внешнего шума автомобиля. Основными причинами и факторами, которые влияют на шум, генерируемый шинами, являются конструктивные и геометрические параметры шин, скорость, величина вертикальной нагрузки, рисунок протектора и степень его износа, материал дорожного полотна, влажность покрытия дороги и др. Установлено, что низкопрофильные шины более шумные, чем обычные, увеличение ширины профиля приводит к возрастанию уровня шума. Радиальные и диагональные излучают шумы, разные по уровню и спектру. При этом радиальные шины излучают шум несколько меньший, чем диагональные с тем же рисунком.

5.7 Методы снижения транспортного шума

Борьба с транспортным шумом должна быть направленная на создание в населенных пунктах нормальной экологической обстановки и комфортных условий для быта и отдыха людей.

В комплексе мероприятий по снижению автотранспортного шума важное значение имеет содержание автомобилей в технически исправном состоянии. Строгое соблюдение норм и правил технического обслуживания транспортных средств способствует снижению создаваемого ими уровня шума.

К градостроительным мероприятиям по защите населения от шума относятся: увеличение расстояния между источником шума и защищаемым объектом; применение акустически непрозрачных экранов (откосов, стен и зданий-экранов), специальных шумозащитных полос озеленения; использование различных приемов планировки, рационального размещения микрорайонов. Кроме того, градостроительными мероприятиями являются рацио-

нальная застройка магистральных улиц, максимальное озеленение территории микрорайонов и разделительных полос, использование рельефа местности и др.

Существенный защитный эффект достигается в том случае, если жилая застройка размещена на расстоянии не менее 25–30 м от автомагистралей и зоны разрыва озеленены. При замкнутом типе застройки защищёнными оказываются только внутриквартальные пространства, а внешние фасады домов попадают в неблагоприятные условия, поэтому подобная застройка автомагистралей нежелательна. Наиболее целесообразна свободная застройка, защищённая от стороны улицы зелёными насаждениями и экранирующими зданиями временного пребывания людей (магазины, столовые, рестораны, ателье и т. п.). Расположение магистрали в выемке также снижает шум на расположенной вблизи территории.

Зарубежный опыт показывает, что наиболее кардинальной мерой борьбы с транспортным шумом и создания в городах (по крайней мере в крупнейших) нормальной экологической обстановки считается строительство подземных, хорошо вентилируемых транспортных магистралей, но требующих больших капиталовложений.

Немаловажным фактором снижения транспортного шума в городах является совершенствование организации дорожного движения.

Наибольший уровень шума автомобиль создает на переменных режимах движения – разгон-торможение. Внедрение систем координированного управления светофорного регулирования позволяет уменьшить число неоправданных остановок и торможений, а следовательно, значительно увеличить равномерность движения транспортного потока, что в свою очередь, существенно снизит уровень транспортного шума и уровень выбросов в атмосферу.

5.8 Электромагнитное излучение автомобиля

Вредное воздействие электромагнитного излучения связано с переносом на человека их энергии. Поглощённая тканями энергия электромагнитного излучения превращается в энергию, идущую на разогрев тканей. Поглощение энергии кожным покровом – наименее опасное воздействие. Поглощение энергии электромагнитного излучения внутренними органами более опасно, потому что такие органы, как почки, сердце, мозг и глаза обладают слабой терморегуляцией.

Электромагнитное излучение вызывает торможение условных рефлексов, повышает раздражительность, суетливость, утомляемость, приводит к нарушению внимания и памяти.

Природа электромагнитного излучения связана с вихревыми электрическими и магнитными полями. Их общее поле условно называют электро-

магнитным. Электромагнитное поле проявляется в работе всех электротехнических приборов и установок.

Автомобиль является сравнительно маломощным источником электромагнитного излучения, однако эта проблема стала более актуальной как из-за быстрого роста числа автомобилей, так и вследствие увеличения количества и мощности элементов их электрооборудования.

В автомобилях, оснащенных двигателем внутреннего сгорания, основными источниками электромагнитного излучения являются системы электрооборудования и воспламенения воздушно-топливной смеси, и в первую очередь, свечи, блок управления, высоковольтные провода.

Несмотря на то, что электромобили вообще не загрязняют окружающую среду, ситуация с электромагнитным излучением из-за высокой плотности энергии в электромобиле является значительно более сложной, чем в автомобиле, оснащённом двигателем внутреннего сгорания.

Однако наиболее опасным для здоровья человека является гибридный автомобиль, так как большое количество мощной автомобильной электроники сосредотачивается в пределах относительно небольшого по размерам транспортного средства. Кроме этого, батареи и силовые кабели в гибридных автомобилях часто расположены близко к водителю, следовательно, электрический ток, который приводит в действие двигатель гибридного автомобиля на малых скоростях, создает магнитные поля, представляющие серьезный риск для здоровья водителя в результате воздействия электромагнитного излучения. По данным американских исследователей, электромагнитное излучение гибридного автомобиля в 50–100 раз выше, чем у автомобиля с бензиновым двигателем.

Правила ЕЭК ООН № 10 устанавливают нормы электромагнитного излучения, генерируемого транспортными средствами и элементами отдельных электрических/электронных технических блоков, которые предназначены для установки на транспортных средствах.

6 АВТОНОМНЫЕ (БЕСПИЛОТНЫЕ) ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

6.1 Предпосылки к разработке беспилотных транспортных средств

Человечеству необходимо иметь такой транспорт, который ездил бы автономно, а водитель мог наслаждаться отдыхом и спокойно добираться до нужного места, не прилагая при этом никаких усилий. Можно было бы в дороге спокойно спать и не волноваться по поводу выпитого алкоголя, ведь машина сама довезет домой. Желание добиться улучшения ситуации дорожного движения за счет автоматизации подтолкнуло ученых к разработке автономных автомобилей, способных передвигаться без участия человека.

В последние годы наблюдается рост интереса среди ученых и производителей автотранспорта к беспилотным автомобилям, способным перемещаться по дорогам без участия человека. По сравнению с машинами, управляемыми человеком, автономные обладают большей скоростью реакции на изменение дорожной ситуации и не подвержены влиянию человеческого фактора: усталость, психическое состояние и пр. Использование качественных систем автономной навигации позволит уменьшить количество ДТП и человеческих жертв, снизит стоимость транспортировки товаров, позволит экономить время, затрачиваемое сейчас на вождение транспортных средств. Даже при наличии водителя автономная система может взять управление на себя, в случае, например, если водителю станет плохо. Такие системы разрабатываются на основе платформ, конструктивно сходных с современными автомобилями и не свойственных другим робототехническим конструкциям.

На сегодняшний день существуют прототипы практически любого вида беспилотного транспорта. Активно внедряются в жизнь и заменяют людей военные и промышленные роботизированные транспортные устройства. Наука не стоит на месте и уже сейчас становятся актуальными беспилотные легковые автомобили, грузовики, роботизированная авиация, водные транспортные средства и т. д.

Подобные разработки разрушают сложившееся представление о том, что создание полноценного автомобиля-робота теоретически невозможно, поскольку эта задача относится к классу AI-complete («совершенный искусственный интеллект»), то есть может быть решена, только если робот будет

обладать интеллектом человека во всей его полноте. В случае если интеллект робота уступает человеческому, всегда может возникнуть какая-то нештатная ситуация, в которой он окажется бессилён. С этой точкой зрения можно было бы согласиться, если бы не реальный интеллектуальный уровень многих современных водителей, и если не знать реальную ситуацию на дорогах.

Не вызывает сомнения, что если бы водители были столь же дисциплинированы, как и роботы, не употребляли алкоголь и наркотики, а неизбежные несчастные случаи являлись бы только следствием нештатных ситуаций, оказавшимся роботам не под силу, то жертв на дорогах стало бы на порядок меньше.

Под беспилотным автомобилем будем понимать такое транспортное средство, которое оборудовано системой автоматического управления и может передвигаться по дорогам без непосредственного участия человека.

Таким образом, беспилотные автомобили – это следующий этап эволюции перевозок, начавшейся с ручного перетаскивания, изобретения колеса. Очевидным следующим этапом такого долгого пути является исключение человека из этой схемы, что даст ряд преимуществ:

- возможность самостоятельно перемещаться на автомобиле у людей с ослабленным зрением;
- сокращение количества ДТП и человеческих жертв;
- возможность перевозки грузов в опасных зонах, во время природных и техногенных катастроф или военных действий;
- снижение стоимости транспортировки грузов и людей за счёт экономии на заработной плате водителей;
- более экономное потребление топлива и использование дорог за счёт централизованного управления транспортным потоком;
- экономия времени, ныне затрачиваемого на управление автомобилем, что позволит заняться более важными делами или отдохнуть;
- повышение пропускной способности дорог за счёт сужения ширины дорожных полос.

Современный автомобиль активно роботизируется изнутри и сегодня оснащен целым рядом систем автоматизации. Помимо уже вошедших в обиход автоматических коробок передач, систем автоматической блокировки торможения и систем управления другими агрегатами, а также обычного круиз-контроля существуют: система информирования о состоянии дорожного покрытия, особенно об оледенении; система адаптивного круиз-контроля, воспринимающая данные от систем обнаружения соседних автомобилей; система взаимного информирования автомобилей, снабженных системами GPS; средства слежения за дорожной разметкой; системы автоматизированной парковки; устройства для просмотра мертвых зон; системы контроля скорости на поворотах.

Логичным продолжением этого направления стали интернет-системы для автомобилей. Каким бы совершенным ни был робот, он эффективнее работает во взаимодействии с себе подобными. В системах могут использоваться совместно действующие объекты, образующие то, что теперь называют «разумным роєм».

Подобную систему Extended Floating Car Data-System (XFCD) представила компания BMW. Испытание проводилось на специальной тестовой трассе в SBC Park и было призвано продемонстрировать возможности системы. Например, автомобиль попадает на скользкую дорогу. За считанные секунды система обрабатывает информацию и предупреждает в режиме реального времени следующий за ним автомобиль. Та же информация в то же самое время передается стационарным службам движения, которые статистически обрабатывают поступающие данные и рассылают их обратно другим участникам движения.

Система определения дорожной ситуации XFCD станет в будущем усовершенствованным последователем существующей системы Floating Car Data, что переводится как «данные с движущегося автомобиля». Уже сегодня с помощью FCD автомобили посылают свои данные о местонахождении в определенный момент времени на центральный пульт движения, который сопоставляет получаемые сообщения с сообщениями других автомобилей, оснащенных FCD, с целью распознавания дорожных и внештатных ситуаций. Система XFCD способна сама распознавать дорожную ситуацию, анализировать все имеющиеся данные в автомобиле и передавать обработанные данные на центральный пульт движения. Параллельно система способна через систему-коммуникатор «Авто – Авто» предупреждать другие автомобили в зоне действия передатчика.

Для разработанной автомобильной системы не требуется установка никаких дополнительных аппаратов. XFCD функционирует на базе имеющейся навигационной системы, и ее ввод в эксплуатацию заключается лишь в загрузке программы. Введение бортовой сети позволяет синхронно задействовать целый спектр возможностей. В устроенном таким образом современном автомобиле система получает доступ и совмещение с множеством других инфо-блоков управления. Это ближний и дальний свет, противотуманное освещение, термометр внешней среды и кондиционер, тормоза и навигационная система, сенсор дождя и омыватель стекла, а также прочие не менее важные мелочи. Все эти механизмы функционируют в зависимости от дорожной ситуации. Так, на понижение температуры окружающей среды, лед или даже неожиданное появление масла на участке дороги автомобиль тут же отреагирует регулированием системы стабилизационного контроля (DSC) и скорости движения.

Еще одно неоспоримое преимущество системы XFCD заключается в возможности передачи сообщений напрямую другим автомобилям. Инфор-

мация передается посредством Ad-hoc-сети всем автомобилям в ближайших окрестностях. Каждый автомобиль, в зависимости от ситуации, выполняет роль или отправителя, или получателя, или передатчика. Преимущество зарекомендовавшей себя технологии Multi-Hopping неоспоримо: Ad-hoc-сеть организуется автономно, обладает необходимой дальностью радиуса действия и не требует создания специальной инфраструктуры.

Система XFCD создана BMW Group в рамках концепта BMW ConnectedDrive. Основопологающая идея концепта – связывание воедино трех информаторов автомобильного движения «водитель – автомобиль – внешняя среда» посредством телекоммуникационных, онлайн и автомобильных вспомогательных систем ради безопасности движения.

Теперь понятно, что ключевая система беспилотного автомобиля робота и ITS – интегрированная система, которая является связующим звеном между бортовым компьютером (контролирующим параметры движения) и навигационной системой, одновременно и постоянно связанными между собой.

6.2 Автомобиль видящий и коммуницирующий

Перечисленные выше (подразд. 6.1), уже созданные элементы автоматизации снимают технические проблемы управления агрегатами автомобиля. Остаются проблемы ориентации и взаимодействия с внешней средой. Для ориентации в пространстве могут использоваться разнообразные устройства, например, инфракрасные датчики, действующие на предельно близком расстоянии. Эти устройства хорошо известны.

Менее известен так называемый «ладар», который иногда еще именуют «лидаром». Сначала он использовался как прибор для измерения атмосферных характеристик дистанционным способом лазерного зондирования. Позже усилиями компании SICK ладар стал составной частью системы измерения дистанции (Laser Measurement Sensor, LMS). Идея ладара не оригинальна: LMS излучает несколько лучей и воспринимает отраженные данные. Лазеры монтируются в головке, вращающейся со скоростью несколько сотен оборотов в минуту. Наибольшая сложность заключается в том, что при движении по земле на коротких расстояниях с большой скоростью возникают большие угловые перемещения. Поэтому, несмотря на использование различного рода систем стабилизации и сложных подвесов, для обработки изображений в режиме реального времени требуется применение серьезной вычислительной мощности и соответствующего программного обеспечения. О масштабе решаемых задач можно судить по тому, например, что сканирующий ладар Velodyne's HDL-64E генерирует данные по 2,5 млн точек в секунду и передает их в виде пакетов данных, используя Fast Ethernet.

Обладая в полной мере свойствами инерциальной навигационной системы с полным набором датчиков ориентации и перемещения (рисунок 6.1),

интегрированная система способна определять все параметры движения транспортного средства: угловые скорости, ускорения, ударные и вибрационные воздействия, перегрузки.

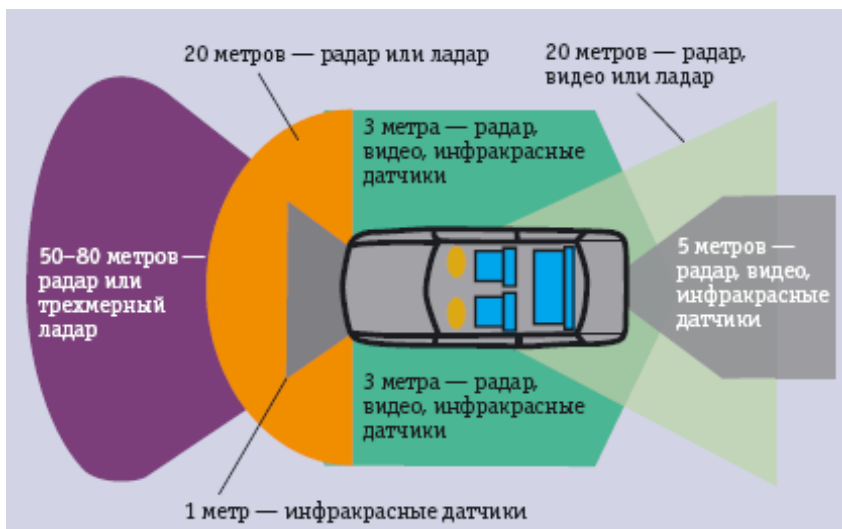


Рисунок 6.1 – Схема расположения датчиков

При этом в отличие от традиционных блоков датчиков движения в интегрированной системе реализован сложный математический аппарат пересчета воздействий в различные системы координат. Поэтому потребитель может использовать выходную информацию системы непосредственно для своих приложений без предварительной обработки.

Автомобиль обладает развитой видеосистемой, функционирующей как в автоматическом режиме, так и в ручном. Сущность видеосистемы заключается в контроле «слепых» зон автомобиля. При этом изображение с видеокамер в реальном времени передаётся на монитор, установленный в салоне или на месте боковых зеркал. Разрабатывается проект, в котором изображение проецируется непосредственно на лобовое стекло, не мешая при этом водителю. Видеокамеры в дорожных системах подкрепляются инфракрасными и ультразвуковыми датчиками, которые в случае опасности заранее предупреждают водителя. Во время поездки по городу камеры наблюдения фиксируют категории автомобилей, дорожную разметку и знаки. Например, автомобиль видит знак «Стоп» и предупреждает водителя о нем. Если же водитель не среагирует, то автомобиль остановится сам.

Как уже говорилось, всё чаще в автомобилях устанавливаются навигационные системы, предназначенные для ориентации в незнакомой водителю

местности, а также поиска оптимального маршрута и т. д. Подавляющее большинство таких систем основано на системе глобального спутникового позиционирования (GPS). Однако такая система имеет существенный недостаток – невозможность работы в зоне неуверенного приема сигнала со спутников, в условиях мегаполиса, в тоннелях, подземных гаражах и т. д. Иногда оказывается, что точность определения и отслеживания координат с использованием GPS недостаточна для работы системы в целом.

В этом случае на выручку GPS приходят различные дополнительные датчики, например гироскопические, которые позволяют отследить скорость и направление перемещения автомобиля без участия спутниковых систем.

Компания Murata, активно занимающаяся вопросами разработок, представила на рынок новый гироскоп серии MEV-50A-R.

Принцип действия датчика основан на возникновении силы Кориолиса при повороте качающегося маятника вокруг оси качения. При этом возникает сила Кориолиса, перпендикулярная плоскости качения маятника. Датчик состоит из так называемой биморфной пластины. Биморфная пластина представляет собой две керамические пластины с разной поляризацией, соединенные вместе. На одну из пластин биморфа подается высокочастотное напряжение, под действием которого весь биморф приводится в колебательное движение. При этом со второй пластины снимается напряжение, которое возникает при ее колебании, вызванном колебаниями первой пластины. При повороте пластин вокруг своей оси возникает сила Кориолиса, которая изменяет характер колебаний керамических пластин и, соответственно, приводит к изменению напряжения, снимаемого со второй пластины. Далее этот сигнал обрабатывается и на выходе гироскопического датчика получается напряжение, которое прямо пропорционально скорости поворота датчика вокруг рабочей оси. Эта техника измерения позволяет добиться пониженного значения шумов, по сравнению с существующими методиками, применяемыми в акселерометрах. В будущем компания Murata планирует добавить в гироскопы цифровую схему температурной компенсации. Для включения гироскопа в электрическую схему потребуются минимум внешних компонентов: 5В – регулятор напряжения, АЦП (встроен в большинство современных микроконтроллеров), фильтрующий конденсатор и два резистора.

Второй датчик подразумевает использование радара, который работает по эффекту Доплера: устройство высылает радиоимпульсы, они отражаются от объекта и «летят» обратно. Затем компьютер вычисляет моментальную скорость объекта, к сожалению, с некоторой погрешностью. Согласно Закону об измерениях при измерении скорости до 100 км/ч возможная погрешность составляет до 5 км/ч. Если же скорость объекта больше 100 км/ч, то погрешность измерений может составлять до 3 %.

Скорость можно также измерить лидаром, принцип работы которого похож на устройство обыкновенного лазерного дальномера. Для своих вычислений лидар берет за основу два местонахождения объекта и время, за которое он преодолел расстояние между ними. Далее компьютер делит расстояние на время и получает моментальную скорость. Стоит отметить, что если с радаром прицеливать не обязательно, то лидар необходимо направлять исключительно на номерной знак автомобиля, поскольку он является лучшим отражающим элементом на автомобиле.

LIDAR (лидár от англ. *Light Detection and Ranging*) – технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах.

Лидар как прибор представляет собой как минимум активный дальномер оптического диапазона. Сканирующие лидары в системах машинного зрения формируют двумерную или трёхмерную картину окружающего пространства (рисунок 6.2). Устоявшийся перевод LIDAR как «лазерный радар» не вполне корректен, так как в системах ближнего радиуса действия (например, предназначенных для работы в помещениях) главные свойства лазера (когерентность, высокая плотность и мгновенная мощность излучения) не востребованы, излучателями света в таких системах могут служить обычные светодиоды.



Расстояние до цели	1 м	10 м	100 м	1 км	10 км	100 км
Время отклика	6,7 нс	67 нс	0,67 мкс	6,7 мкс	67 мкс	0,67 мс

Рисунок 6.2 – Принцип действия лидара

История создания. В первой половине 1960-х годов, начались опыты по применению лидара с лазерными излучателями для исследования атмосферы.

В 1969 году лазерный дальномер и мишень, установленная на Аполлоне-11, применялись для измерения расстояния от Земли до Луны. Четыре мишени, доставленные на Луну тремя «Аполлонами» и «Луноходом-2», и по сей день используются для наблюдения за орбитой Луны.

В течение 1970-х годов, с одной стороны, отлаживалась технология лазерных дальномеров и компактных полупроводниковых лазеров, а с дру-

гой – были начаты исследования рассеяния лазерного луча в атмосфере. К началу 1980-х годов эти исследования стали настолько известными в академических кругах США, что аббревиатура LIDAR стала именем нарицательным – lidar, что зафиксировал словарь Уэбстера 1985 года. В те же годы лазерные дальномеры достигли стадии зрелой технологии (по крайней мере, в военных приложениях) и выделились в отдельную от лидаров отрасль техники.

Принцип действия лидара не имеет больших отличий от радара: направленный луч источника излучения отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приёмником (в случае лидара – светочувствительным полупроводниковым прибором); время отклика обратно пропорционально расстоянию до цели. В отличие от радиоволн, эффективно отражающихся только от достаточно крупных металлических целей, световые волны подвержены рассеиванию в любых средах, в том числе в воздухе, поэтому возможно не только определять расстояние до непрозрачных (отражающих свет) дискретных целей, но и фиксировать интенсивность рассеивания света в прозрачных средах. Возвращающийся отражённый сигнал проходит через ту же рассеивающую среду, что и луч от источника, подвергается вторичному рассеиванию, поэтому восстановление действительных параметров распределённой оптической среды – достаточно сложная задача, решаемая как аналитическими, так и эвристическими методами. В устройствах ближнего радиуса действия вместо коротких импульсов может использоваться непрерывная амплитудная модуляция излучения переменным напряжением с частотой в единицы мегагерц.

Датчик, обнаруживающий перемещение каких-либо объектов. Принцип работы основан на отслеживании уровня ИК-излучения в поле зрения датчика (как правило, пироэлектрического). Сигнал на выходе датчика монотонно зависит от уровня ИК излучения, усредненного по полю зрения датчика. При появлении человека (или другого массивного объекта с температурой большей, чем температура фона) на выходе пироэлектрического датчика повышается напряжение. Этот скачок и является сигналом для включения нагрузки датчика движения. Датчик обнаруживает только изменения ИК фона, то есть неподвижный объект не будет обнаружен.

Ограничения. Инфракрасный датчик прост и надёжен по конструкции, но его применение в системах автоматического управления связано с некоторыми проблемами. Так, в поле зрения датчика не должен попадать уровень земли (дорожного покрытия), и зона действия не должна превышать трех метров иначе система постоянно будет регистрировать различные помехи, в том числе и естественные.

Основной элемент активного круиз-контроля – ультразвуковой датчик, установленный в переднем бампере или за радиаторной решеткой автомобиля. Его принцип работы аналогичен датчикам парковочного радара, толь-

ко радиус действия составляет несколько сотен метров, а угол охвата, наоборот, ограничен несколькими градусами. Посылая ультразвуковой сигнал, датчик ждет ответа. Если луч нашел препятствие в виде автомобиля, движущегося с меньшей скоростью и вернулся, необходимо снизить скорость. Как только дорога вновь освобождается, машина разгоняется до первоначальной скорости.

6.3 Обзор основных разработок беспилотных автомобилей

Все представленные в предыдущих подразделах и другие положительные функции, которые появятся с введением беспилотных технологий, существенно изменят облик транспортной инфраструктуры в следующие десятилетия.

Начиналось всё в 2000-х годах, когда агентство передовых оборонных разработок Пентагона (DARPA) объявило конкурс на разработку автономной системы для автотранспорта, способной преодолевать значительные расстояния без участия человека. И в марте 2004 состоялись первые соревнования DARPA Grand Challenge с призовым фондом 1 млн дол. Участие приняли 15 команд и только 8 машинам удалось уйти со старта. Автомобилям необходимо было пройти расстояние в 230 км по различным типам дорог (проселочная, пустыня и т. д.). Лучший результат (всего лишь 11,8 км) оказался у машины марки «HUMMER-H1» команды Red Team из университета Карнеги – Меллона.

Данное соревнование стало отправной точкой для развития индустрии в целом. Последующие соревнования в 2005 и 2007 годах собрали намного большее количество команд и имели намного более жесткие условия: автомобили должны были уже уметь ездить по приближенным к городским дорогам, уметь парковаться, ехать в потоке и соблюдать правила дорожного движения. В гонке 2005 года победила машина из Стэнфорда, в основе системы зрения которой пять лидаров направленного обзора.

Первые практические шаги сделала и начала общественную дискуссию на эту тему компания Google в 2007 году. С тех пор в процесс включились крупные автопроизводители, производители автомобильного оборудования (например, Delphi), крупные ИТ-компании типа Apple, а также небольшие стартапы.

Надо заметить, что проектирование роботизированных автомобилей началось задолго до 2002 года. Попадались и отрывочные сведения об отечественных устройствах, предназначенных для работы в зонах с радиационным загрязнением, но по вполне понятным причинам в открытых источниках они не описаны. Достоверно известно, что в 1977 году механическая лаборатория из Цукубы, академического пригорода Токио, первой создала

беспилотный автомобиль. В 1980-е годы центром аналогичных работ в Европе стала компания Mercedes-Benz, их возглавлял очень авторитетный специалист в этой области Эрнст Дикманн. В 1986 году под его руководством был построен грузовик VaMoRs, развивший скорость 96 км/ч. Команда Дикманна ориентировалась главным образом на создание систем «компьютерного зрения», она использовала транспьютеры британской фирмы INMOS, на которые возлагали большие надежды, и методы параллельного программирования. В 1994–1995 годах наработки перенесли на платформу легкового автомобиля S-класса Daimler-Benz, было построено два экземпляра VITA-2 and UniBwM (VaMP). Эта разработка оказалась наиболее значительным успехом на этом историческом отрезке, автомобиль развивал скорость до 175 км/ч и проезжал по автобану свыше 150 километров без вмешательства человека. В ограниченных масштабах работы продолжают до сих пор; в 2006 году было даже проведено соревнование European Land-Robot Trial. Два проекта ведутся в Израиле, оба они используют в качестве базы не имеющий аналогов, созданный в этой стране багги Tomcar.

Особого упоминания заслуживает итальянский проект ARGO (1996–2001 годы). В конечном итоге модифицированная и снабженная специальными видеокамерами Lancia Thema прошла свыше 2 тыс. км по дорогам со средней скоростью 90 км/ч, 94 % времени она находилась в автоматическом режиме. Руководителем проекта ARGO был профессор Альберто Броджи, он же возглавлял работы по созданию роботизированного автомобиля TerraMax – участника DARPA Grand Challenge 2015.

В 1987–1995 годах в ходе проекта EUREKA Prometheus, стоившего Европейскому Союзу более 1 млрд. долларов, были выработаны первые практические разработки беспилотных автомобилей. Наиболее известный прототип, VaMP (разработчик – Университет бундесвера в Мюнхене) не использовал лидары из-за недостатка вычислительной мощности тогдашних процессоров.

Одной из наиболее известных разработок в области беспилотных автомобильных систем являются разработки корпорации Google (рисунок 6.3). В настоящий момент проект реализуется лабораторией Google X, возглавляет проект инженер Себастьян Тран – директор лаборатории искусственного интеллекта Стенфордского университета, один из создателей сервиса Google Street View, чья команда занималась проектом Стэнли (англ. *Stanley*) в Стенфордском университете, который получил приз в 2 млн дол. от Министерства обороны США, победив в 2005 году в конкурсе DARPA Grand Challenge.

На сегодняшний день в проекте участвуют 10 автомобилей: 6 Toyota Prius, 3 Lexus RX460h и 1 Audi TT, а также 12 водителей и 15 инженеров.



Рисунок 6.3 – Google Car Drive

Каждый гугломобиль состоит:

- из датчика LIDAR, установленного на крыше;
- видеокamеры, установленной в салоне рядом с зеркалом заднего вида;
- радаров, в передней части авто;
- позиционного датчика, который прикреплен к одному из задних колес.

При работе система использует информацию, собранную сервисом Google Street View. Данный сервис содержит фотографии дорог с прилегающими территориями. С помощью позиционного датчика GPS автомобиль определяет свое месторасположения на дорогах. Таким образом, как только «беспилотник» начинает движение, весь арсенал сенсоров и камер с помощью специально разработанной нейронной сети начинает сравнивать записанную ранее информацию с тем, что происходит вокруг в режиме реального времени (рисунок 6.4). Благодаря этому система отличает пешехода на дороге от фонарного столба.

Данное изображение (см. рисунок 6.4) является реальным представлением работы гугломобиля, который видит окружающую обстановку при помощи технологии LIDAR, установленной высоко на крыше автомобиля. LIDAR является технологией получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах. В данном случае имеется 64 лазера, которые постоянно мониторят обстановку, строят трехмерную карту в компьютере управления.

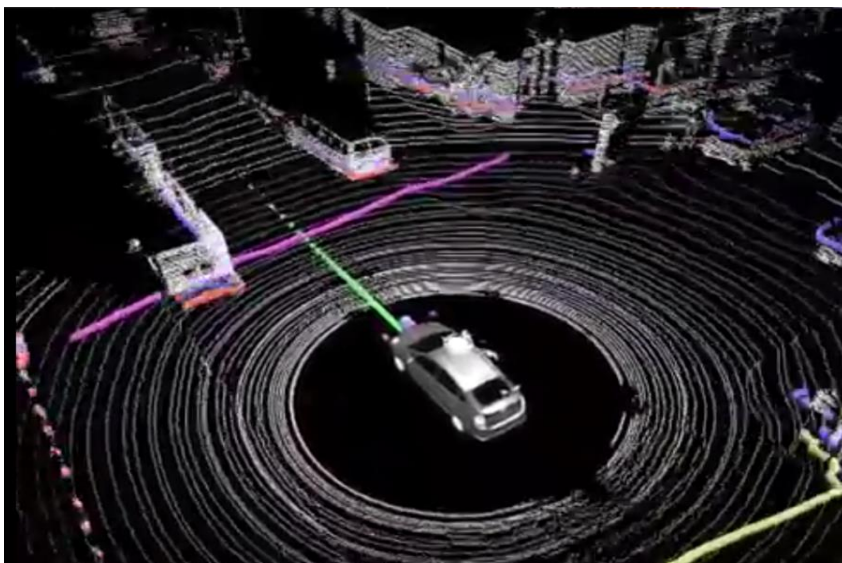


Рисунок 6.4 – Сканирование окружающего пространства гугломобилем

Однако возникает ряд трудностей: чтобы «беспилотник» мог нормально функционировать, прежде чем выпускать на дорогу машину, инженерам Google необходимо самим проехать по тем же маршрутам для сбора данных об окружающей среде и рельефе местности и внести их в картографические сервисы. А также на сегодняшний день даже самая совершенная GPS-система не обеспечивает стопроцентной уверенности в безошибочной навигации автомобиля без водителя.

Корпорация Google проделала немаловажную работу по узакониванию беспилотников, пролоббировав в штатах Невада, Флорида и Калифорния законопроекты о возможности управления транспортным средством не человеком, а программно. В результате этого снизилось количество наблюдателей до 1 человека, который в случае необходимости должен или аварийно завершить работу программы беспилотника, или перехватить управление на себя. За всё время испытаний было пройдено свыше 500 км, при этом на дороге всегда было примерно 10 автомобилей.

Основные проблемы на данном этапе развития связаны с моментами выезда и въезда на трассу (это проблема и для молодых неопытных водителей). В сложные моменты наблюдатель в гугломобиле все-таки должен брать управление на себя. Но интеграция человека и автомата происходит практически идеально ведь, по словам инженеров корпорации, конечная цель в том, чтобы машина сама, без всяких внешних позывов, улавливала момент, когда приходит пора превращаться в водителя.

Инженеры также отмечают, что оборудование беспилотных автомобилей, собирающее информацию о ситуации на дороге – лучший свидетель, на показания которого можно рассчитывать в случае ДТП. Примером является пока единственное ДТП с участием беспилотного автомобиля Google, в который на светофоре въехал другой участник движения. Регистрирующая аппаратура показала, что гугломобиль тормозил плавно и не создавал аварийную ситуацию.

Недостатком представленной модели беспилотной перевозки является вероятность отсутствия актуальной информации в Google Street View, что в свою очередь может привести к невозможности эксплуатации беспилотной функции автомобиля. Также к недостаткам следует отнести и некорректную работу в сильный дождь и езду по заснеженным трассам, когда форма окружающего пространства меняется. Автомобиль перестает понимать, куда двигаться и что делать. Таким образом, основные усилия на данном этапе направлены на устранение «белых пятен» в системе. Речь, к примеру, идет о подготовке машины к неожиданным встречам с заглохшим автомобилем или валяющейся посреди дороги шиной.

Автомобильная система «Temporary Auto Pilot», разработанная немецким концерном Volkswagen. Одним из существующих решений в плане автоматизации транспорта является представленный в 2011 году в рамках проекта HAVit (Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport) немецким концерном Volkswagen проект полуавтоматической системы *Temporary Auto Pilot, TAP* (временный автопилот).

По своей сути это не инновационная разработка в данной области, а лишь улучшение существующих решений. Система позволяет водителю в определенных условиях отдать управление автомобилем под контроль автоматики. Что является промежуточным этапом на пути к роботизированному автомобилю.

Система TAP (рисунок 6.5) объединяет уже известные разработки Volkswagen: систему адаптивного круиз-контроля, систему помощи движению по полосе (см. раздел 4), систему распознавания дорожных знаков. В своей работе система временного автопилотирования использует стандартные входные устройства систем активной безопасности:

- лидар;
- радар;
- видеокамеру;
- ультразвуковые датчики.

Сигналы от входных устройств передаются в электронный блок управления, который с помощью исполнительных механизмов реализует следующие автоматические функции:

- поддержание безопасного расстояния до впереди идущего автомобиля;
- движение по полосе;

- остановка и трогание с места;
- распознавание знаков ограничения скорости и приведение скорости в соответствие с требованиями знака.



Рисунок 6.5 – Полуавтоматическая система Temporary Auto Pilot

Машина самостоятельно сохраняет безопасную дистанцию до впереди идущего транспорта, держится середины своей полосы движения и тормозит перед изгибами шоссе. Человек в этой машине по-прежнему главный – его действий (осмысленных) автомобиль слушается в первую очередь, команд компьютера – во вторую.

Кроме магистралей автопилот Volkswagen умеет ездить в пробках, повторяя однотипный цикл старт-стоп, сохраняя дистанцию и полосу движения.

В данном случае речь не идёт о полностью автономной и универсальной системе. Манёвры исключительно ограничены, и такой автомобиль никогда не сможет проехать по маршруту из точки А в точку Б без помощи водителя, как это делают автомобили Google. Это просто временное решение: автопилот работает только под присмотром водителя, который в любой момент может взять управление на себя. Впрочем, даже такая система является ещё одним шагом к полностью автономным автомобилям, которые, наверняка, получат распространение в будущем.

Данная система обеспечивает оптимальную степень автоматизации в зависимости от дорожной ситуации и состояния водителя, тем самым способствует безаварийному движению. Система показала отличные результаты на автомагистралях на скорости до 130 км/ч. Представленная система автопилотирования ТАР на сегодняшний день полностью готова для внедрения на серийные автомобили.

Система Traffic Jam Assistant – Audi. На выставке потребительской электроники Consumer Electronics Show (CES) в Лас-Вегасе компания Audi представила новую разработку под названием Traffic Jam Assistant, которая станет первой серийной системой автопилота. Ожидается, что подобная технология появится на флагманском седане А8.

В основе системы, способной работать на скорости от 0 до 60 км/ч, лежит адаптивный круиз-контроль, который уже доступен для некоторых моделей Audi и способен самостоятельно поддерживать дистанцию до впереди идущего автомобиля, а также в случае необходимости затормозить вплоть до полной остановки.

В состав Traffic Jam Assistant входят два радара, сканирующие секторы протяженностью 250 метров на углы до 21 градуса, широкоугольная видекамера, определяющая дорожную разметку и окружающие препятствия (машины, отбойники, пешеходов), а также восемь ультразвуковых датчиков, контролирующие пространство спереди, сзади и сбоку автомобиля (рисунок 6.6).



Рисунок 6.6 – Работа системы Traffic Jam Assistant. Фото Audi

Как отмечают в Audi, контролируемый всеми датчиками «коридор» значительно шире полосы на автомагистрали, что позволит автомобилю маневрировать, уступая дорогу машинам экстренных служб и объезжая возникающие препятствия. Также система реагирует на перестраивающиеся машины, соответствующим образом подстраивая режим движения. Таким образом, автомобили с Traffic Jam Assistant будут способны самостоятельно разогнаться, тормозить и проходить несложные повороты [58].

Система Traffic Jam Assist – Ford. Одной из ключевых проблем в городских транспортных системах является проблема уплотнения автотрафика, что, в свою очередь, приводит к пробкам на дорогах. Данная проблема присуща не только крупным мегаполисам, но и более мелким городам. С целью решения задачи упрощения времени проведения водителя в пробке, для снижения у него стресса и усталости, а также для потенциального улучшения управления движением автомобиля в потоке машин компания Ford занималась разработкой системы, способной заменить водителя в условиях плотного потока и небольшой скорости движения.

Данная система называется *Traffic Jam Assist* (система помощи при движении в пробках) при уменьшении скорости до 30 км/ч автоматически включает радар и камеру, которые отслеживают движение соседних машин (рисунок 6.7). Электронный блок управления выбирает нужную скорость и обеспечивает движение автомобиля в потоке.

Таким образом, данная система может обеспечить движение автомобиля со скоростью идущего впереди потока, одновременно поддерживая его положение в своем ряду в тех местах, где нет пешеходов, велосипедистов или животных, а также в тех местах, где имеется четкая разметка рядов.



Рисунок 6.7 – Система Traffic Jam Assist – система помощи при движении в пробках

Опытные образцы уже несколько лет активно тестируются в Европе, и по неофициальным данным, Ford планирует использование этой системы на серийных автомобилях к 2017 году [59]. На прошедшей в Исследовательском центре Форда в Пало-Альто пресс-конференции глава компании Марк Филдс заявил, что Ford Motors, сделавший когда-то автомобиль доступным, намерен писать следующую главу в истории автомобилестроения – разработать и вывести на рынок полностью автономные автомобили к 2021 году. Без руля, педалей и рычагов. Беспилотные автомобили – приоритетное направление развития Ford Motors.

Система Traffic Jam Assistance – Volvo. Шведский производитель легковых автомобилей Volvo Car разработал автоматизированную систему движения автомобиля в заторах. Система позволяет двигаться в медленном потоке машин со скоростями до 50 км/ч без участия водителя. Система помощи в дорожных заторах (Traffic jam assistance system), как ее называет компания,

является развитием существующих технологий – адаптивного круиз-контроля и системы контроля полосы движения – с 2012 г. используемых в серийных моделях Volvo.

После включения системы водителем, автоматика берет на себя управление тормозами, двигателем и рулевой системой. Адаптивный круиз-контроль поддерживает заданный интервал до впереди идущего автомобиля, система слежения за полосой движения, используя рулевое управление, сохраняет полосу движения. Водитель в любой момент может вмешаться в действия электроники, приняв процесс управления на себя.

Система помощи в дорожных заторах будет устанавливаться на автомобилях марки, построенных на новой масштабируемой платформе SPA. Компания называет систему очередным шагом к реализации концепции автономной езды. Создание автономного автомобиля является стратеги-ческим приоритетом в разработке будущих машин компании.

Автомобили шведской Volvo всегда отличались ориентированностью на безопасность. Цели, которые ставит перед собой эта фирма, очень серьёзны: например, говорят о цели добиться того, чтобы ни один человек не погиб и не был изувечен в автомобиле данной марки. Для этого в качестве промежуточной цели с 2014 года Volvo выводит на улицы модель XC90, оснащённую полу-автономной системой управления (рисунок 6.8). Такие машины способны удерживать место в дорожном потоке, самостоятельно ехать по узким улицам с использованием Traffic Jam Assistance и парковаться [60].



Рисунок 6.8 – Автоматизированная система движения автомобиля в заторах

С 2016 года Uber плотно сотрудничает с Volvo. Обе компании имеют большие наработки в области беспилотных технологий, но Volvo умеет делать машины, а Uber – нет. Суть союза заключается в совместной разработке «тележки» для будущих беспилотников. Программно-аппаратный модуль каждый будет устанавливать свой.

Uber объявил, что запускает первые беспилотные машины, которые могут вызвать простые люди. В городе Питтсбург (штат Пенсильвания) для поездок по городу иногда будет приезжать беспилотник. В машине всё равно будут находиться водитель-подстраховщик и инженер-наблюдатель. В качестве компенсации за риск и странную обстановку поездки будут бесплатными.

Система Super Cruise – Cadillac. Cadillac начала дорожные тесты системы «Суперкруиз» (Super Cruise), способной самостоятельно рулить, тормозить и следовать строго по середине полосы движения при передвижении по шоссе (рисунок 6.9). Первая версия системы будет установлена на седанах ATS и XTS.

По утверждению вице-президента Cadillac по маркетингу, «Суперкруиз» потенциально способен улучшить навыки водителя и удовольствие от вождения. Цель при развитии технологических возможностей, например представленной или системы CUE (система Cadillac для взаимодействия водителя и автомобиля, интерфейс «человек – машина»), лежит в плоскости предложения водителям интуитивного интерфейса для управления автомобилем.

В системе используются сенсоры с круговым обзором (360 градусов) для выявления приближающейся опасности столкновения и соответственного реагирования.

«Суперкруиз» использует камеры и сенсоры для обеспечения адаптивного круиз-контроля во всём диапазоне скоростей и выравнивания машины по центру полосы движения, а также автоматически управляет рулем и тормозами.

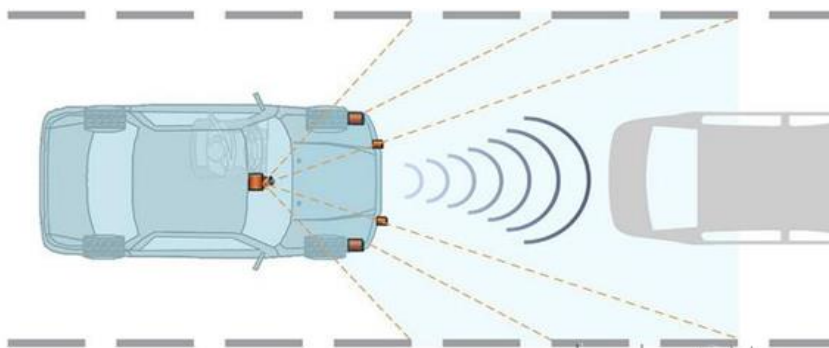


Рисунок 6.9 – Система Super Cruise (Cadillac)

По утверждению представителей Cadillac, ключом системы будет интегрированная технология следования середине полосы движения, использующей GPS и вперед смотрящие камеры, для индикации линий разметки.

Система будет иметь определенные ограничения при плохих погодных условиях, когда затруднено считывание полос разметки или при недоступности GPS. К сожалению, этот вопрос пока не решен, причем это очень актуально, особенно если учесть, что зачастую независимо от погодных условий бывает довольно трудно распознать дорожную разметку, особенно когда она попросту отсутствует.

Когда система будет полностью готова к эксплуатации, она будет состоять из следующих компонентов:

- автоматическое торможение задних колес;
- адаптивный круиз-контроль для всего диапазона скоростей;
- интеллектуальная система торможения;
- система распознавания препятствий по ходу движения;
- сиденья с системой безопасности;
- автоматическая подготовка к предотвращению столкновения;
- система оповещения о пересечении линий разметки;
- система оповещения о боковой слепой зоне;
- оповещение об автомобилях, движущихся следом;
- адаптивные передние фары;
- камера заднего вида с динамичными направляющими;
- проецируемый на ветровое стекло дисплей.

Безусловно, безаварийная езда – главный приоритет, и эта система должна помочь многим водителям и сработать, если водитель растеряется в сложной ситуации. Единственное, чего не хочется, чтобы в критический момент на экране появилась надпись: «Пожалуйста, перезагрузите систему» [61].

Система SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) – Volvo – один из перспективных проектов, способных изменить нынешнее положение дел в области использования личного транспорта и окружающей среды путем создания безопасных автокараванов или так называемого автопоезда (рисунок 6.10).

Основанный Еврокомиссией в сентябре 2009 года проект *Safe Road Trains for the Environment (SARTRE)* позволяет нескольким машинам двигаться по дороге в организованной колонне. SARTRE был инициирован с целью изучения стратегий и создания технологий испытания для каравана автотранспортных средств на регулярных автомобильных дорогах общего пользования [62].

Система представляет собой схему, где автомобили двигаются за

головной машиной, которой выбирается грузовой автомобиль с водителем-профессионалом. Автомобили выстраиваются с дистанцией 6 м и полностью повторяют движение ведущего грузовика, что позволяет водителям отдохнуть, поесть, поговорить по телефону. По желанию каждый из автомобилей в любой момент может покинуть группу. Программа обратилась к трем краеугольным камням – проблемам транспортировки, окружающей среды, безопасности и перегруженности и в то же время поощряет принятие данной системы водителем через увеличение комфорта в поездке.



Рисунок 6.10 – Организованная колонна-автокараванинг

Введение автопоездов на нормальных дорогах с частными транспортными средствами даст экологические преимущества (приблизительно с 20%-м сокращением выбросов), преимущества в безопасности (сокращение несчастных случаев, вызванных действием водителя), а также сократит перегруженность (более гладкий транспортный поток с потенциальным последовательным увеличением пропускной способности). В январе 2012 года проект SARTRE вошел в заключительную фазу с демонстрацией трех автомобилей и автопоезда. Тестирование проходило на полигоне Хеллеред (Hällered) в Швеции. Испытуемые транспортные средства отлично показали себя, полностью повторяя движения ведущего грузовика на скорости около 90 км/ч.

Беспилотные автомобили концерна Renault-Nissan. Концерн Renault-Nissan объявил о планах выпуска беспилотных автомобилей. Альянс Renault-Nissan поставил перед собой две глобальные задачи на ближайшее будущее: выпустить модели с нулевым выбросом и нулевой смертностью.

Автономное управление позволит ликвидировать вероятность человеческого фактора, который отвечает за 90 % всех ДТП. Хронология выпуска беспилотных автомобилей выглядит следующим образом. В 2016 году Renault-Nissan выпустил модели с «однополосным контролем», то есть

автомобиль может безопасно передвигаться по дорогам, в том числе в плотном потоке машин или пробке (рисунок 6.11).

В 2018 г. появились модели с «многополосным контролем», то есть автомобиль сможет обладать функцией сменяемости полосы. С 2020 года внедряется технология движения по развязкам и перекресткам без участия человека. Renault-Nissan планирует потратить на разработку в этой области около 5 млрд долл. США.

Необходимо отметить, что Renault-Nissan – не единственный производитель, работающий в этом направлении. Крупнейшие компании уже давно работают над аналогичными решениями: Toyota, Ford, Volvo, Tesla. Революционером в данном направлении по праву можно считать компанию Тойота, которая ещё в конце 2015 года заявила о выходе беспилотных такси на дороги Японии. Эксперты прогнозируют, что к 2040 году 75 % мирового автопарка будет составлять беспилотные транспортные средства.



Рисунок 6.11 – Модель с «однополосным контролем» концерна Renault-Nissan

Система Cruise, Comma. Основанная в 2013 году компания Cruise привлекла меньше 20 млн дол. венчурного финансирования, собрала команду из нескольких десятков талантливых разработчиков и за пару лет создала работающие прототипы систем, позволяющие обычной машине ездить самостоятельно. В начале 2016 года была куплена General Motors примерно за миллиард долларов.

Цель, которую ставит перед собой Comma, схожа с Cruise, – превратить любой современный автомобиль с АБС и электроусилителем руля в беспилотный за 1000 дол. Либо как предустанавливаемый на заводе, либо как набор, который можно установить почти самостоятельно.

В Comma используют самые современные алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения вкупе с мощнейшими графическими чипами (GPU) вместо обычных процессоров (рисунок 6.12). Набор сенсоров включает 6 камер, ультразвуковые датчики и панорамный лазерный радар (LIDAR).



Рисунок 6.12 – Один из прототипов Comma

Система беспилотного автомобиля от Tesla. Автономный автопилот Tesla построен на базе Nvidia Drive PX 2. NVIDIA® DRIVE™ PX 2 – это открытая вычислительная платформа с искусственным интеллектом, которая позволяет ускорить разработку и выпуск автомобилей с системами автоматического управления. Энергоэффективный модуль размером с ладонь, обеспечивающий возможности автоматического круиз-контроля, расширяется до мощного суперкомпьютера искусственного интеллекта, способного обеспечить беспилотное управление автомобилем.

В новом автопилоте новый набор сенсоров (12 ультразвуковых радаров и 8 камер) и суперкомпьютер компании Nvidia.

Этого набора датчиков достаточно для того, чтобы делать всё: видеть дорожную обстановку в радиусе 250 метров в любую погоду, считывать дорожные знаки и светофоры, видеть пешеходов и другие препятствия, выезжать из гаража или парковочного места и парковаться по прибытии.

Программное обеспечение называется Tesla Vision. Система машинного зрения построена на NVIDIA CUDA, параллельной вычислительной платформы с помощью графического процессора (GPU) производителя.

В середине октября 2015 года Tesla официально выпустила первую публичную версию Autopilot, сделав первый шаг на пути к беспилотному будущему (рисунок 6.13). Владельцы Model S получили её вместе с обновлением 7.0 операционной системы своих электрокаров.

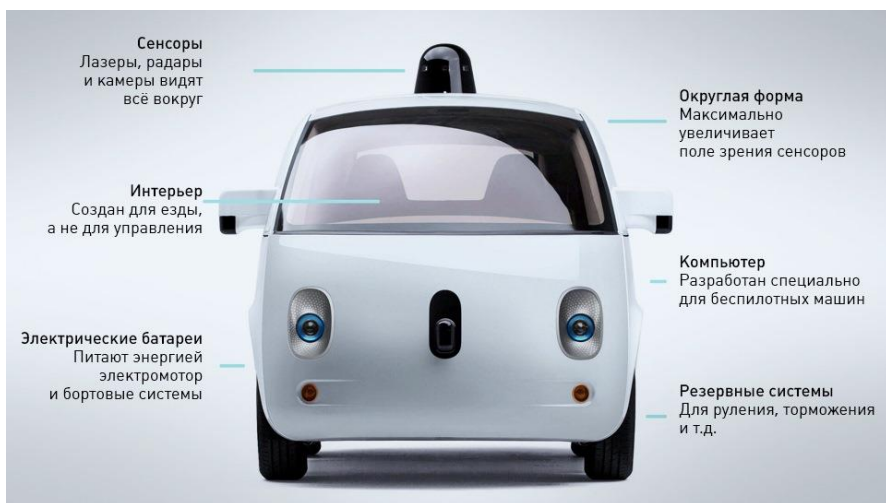


Рисунок 6.13 – Беспилотный автомобиль от Tesla

Машины, выпущенные после октября 2014 г., оснащены набором соответствующих сенсоров и датчиков (рисунок 6.14).



Рисунок 6.14 – Работа Tesla Vision

Подобные системы превентивной безопасности – не новость и уже есть на некоторых современных машинах (например, Driving Assistant Plus на BMW или DISTRONIC PLUS на Mercedes). В чём же тогда прорыв Tesla? А в том, что перед нами первый в мире серийный автомобиль, который способен ехать сам на значительное расстояние (рисунок 6.15). На первом этапе – по шоссе, но это только начало. С концептуальной точки зрения подход Tesla к автономной езде заметно отличается от гугловского.

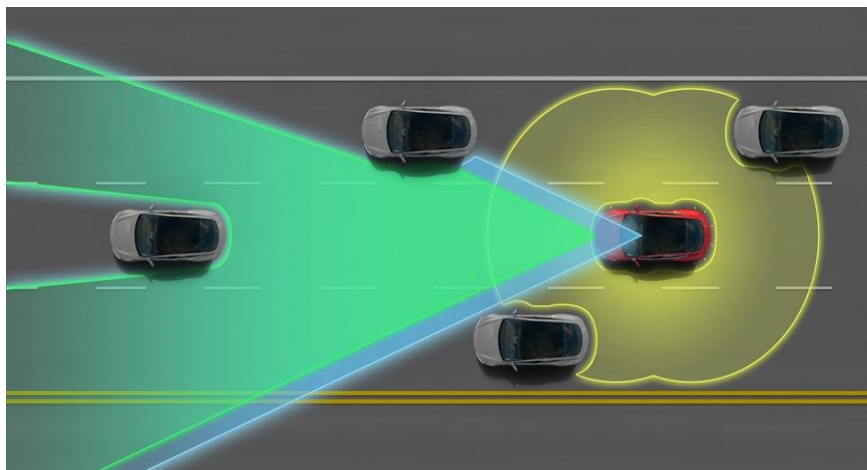


Рисунок 6.15 – Сканирование полосы движения системой «Автопилот Tesla»

Во-первых, автопилот в Tesla сейчас нацелен на решение только одной задачи – избавить человека от долгой и скучной езды по магистрали (рисунок 6.15). Google же хочет, чтобы машина умела ездить сама, вообще и везде. Подход Tesla – 20 % усилий и ресурсов для достижения 80 % результата. Дёшево и эффективно.

Во-вторых, технологическое решение тесловских инженеров значительно проще. Для того, чтобы машина «видела» вокруг и принимала нужные решения, используются камера, радар, ультразвуковые датчики и GPS-модуль. Все эти технологии давным-давно используются в парктрониках, адаптивных круиз-контролях, системах превентивной безопасности, навигаторах. Однако каждая из них по отдельности не обладает достаточной точностью и надёжностью, чтобы водитель мог выпустить руль из рук. Другое дело, когда все четыре датчика объединены в систему – вот тогда совокупного количества и точности этих данных становится достаточно, чтобы компьютер мог вести машину сам. В основе же гугл-каров – панорамный LIDAR-сенсор и сложнейшие алгоритмы, позволяющие машине «видеть» всё вокруг в мельчайших деталях.

Google Self-driving Car видит мир в объёме и со всех сторон (рисунок 6.16). Подход Google: очень сложно, очень дорого, очень круто. Тут нужно понимать, что телеметрические данные, получаемые из автономных машин при реальной езде по реальным дорогам, – это основная «пицца» для алгоритмов машинного обучения, благодаря которым программа оттачивает свои «навыки вождения». У кого больше данных, тот быстрее и лучше научит компьютер управлять автомобилем.

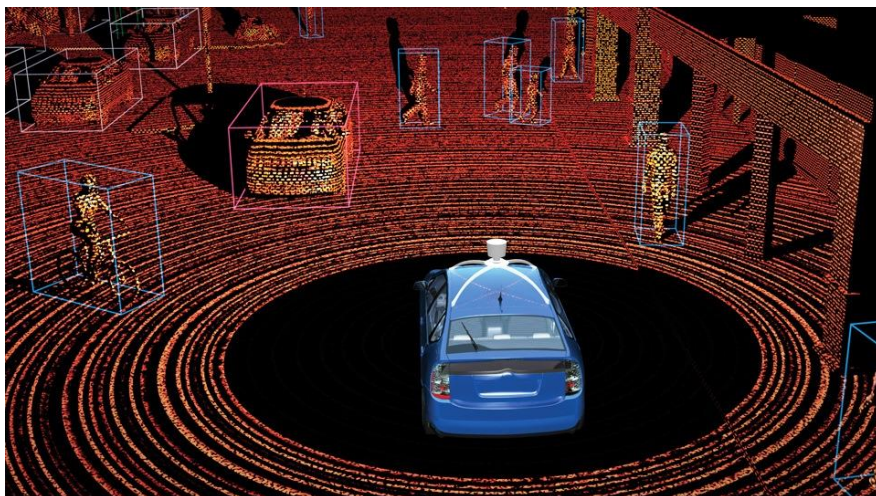


Рисунок 6.16 – Google Self-driving Car «видит мир» в объёме и со всех сторон

Ещё недавно всем казалось, что лидерство Google в сфере беспилотных авто безусловно и недостижимо. За многие годы испытаний прототипы наездили более 2 миллионов километров, накопили петабайты данных, многому научились и продолжают учиться.

Однако теперь ситуация поменялась. Если в распоряжении Google сейчас находится впечатляющий автопарк примерно из двухсот прототипов (лексусы и собственные панда-кары), то у разработчиков Автопилота – это несколько тысяч реальных машин. Причём, в отличие от Google, машины которого в тестовом режиме передвигаются в пределах одного города, Tesla с Автопилотом уже сегодня ездят по всему миру. И передают данные в «центр».

Чем больше данных получено с машин, тем умнее становится система и тем лучше ведёт машину. В Tesla говорят, что Автопилот улучшается каждый день и некоторые владельцы автомобилей Tesla подтверждают это.

Российские беспилотные автомобили. Еще в середине мая 2017 года «Яндекс Такси» провело испытания беспилотного автомобиля (рисунок 6.17). Сначала на закрытой территории недалеко от их главного офиса в Москве. Испытания показали, что прототипы успешно справляются с задачами. Теперь их опробывают на дорогах общего пользования [63].

Система автопилота – это уникальная разработка компании Яндекс: беспилотник может самостоятельно принимать решения, основанные на полученных данных от сервиса «Яндекс. Навигатор». Этот ресурс аккумулирует информацию о пробках на дорогах, ДТП, ограничениях скорости и т. д. В систему робокара интегрирована карта с навигацией, а за «зрение» и ориентацию в пространстве отвечает лидар Velodyne.



Рисунок 6.17 – Беспилотный автомобиль «Яндекс Такси»

Беспилотные автомобили в России разрабатывает не только Яндекс, создана целая ассоциация по развитию автономного, подключенного и электрического транспорта – «Автонет». В ней уже пять участников, включая «КАМАЗ», который тоже создал и испытывает собственные прототипы грузовиков-беспилотников, а также институт НАМИ, создавший беспилотный электробус ШАТЛ.

Пассажирский микроавтобус ШАТЛ – это совместный и довольно успешный проект КАМАЗ и Научно-исследовательского центра НАМИ (рисунок 6.18).



Рисунок 6.18 – Беспилотный автобус ШАТЛ (НАМИ)

Эта интеллектуальная транспортная система, которая обладает следующими характеристиками: максимальная скорость – 40 км/ч, а при автономной езде этот показатель уменьшается до 15–20 км/ч; за навигацию, картографию и вычисления траектории отвечает Яндекс; в прототипе используется собственная разработка НАМИ и КАМАЗ – литиево-ионный аккумулятор. Автобус-беспилотник ШАТЛ можно будет

вызвать с помощью специального приложения (находится на этапе разработки). Транспорт на автопилоте определит оптимальный маршрут, согласно которому будет передвигаться и подбирать пассажиров на заданном направлении.

Беспилотный КАМАЗ. Совместно с компанией Cognitive Technologies КАМАЗ представил первый российский грузовик, которым управляет искусственный интеллект. Серийное производство планируется на 2022 год, а пока системы проходят тестирования.

«Умный» грузовик умеет:

- «видеть» препятствия на дороге на расстоянии до 100 метров;
- выполнять простые маневры: разворот, поворот, змейка;
- передвигаться в автоколонне с соблюдением расстояний;
- останавливаться перед помехами;
- распознавать и понимать дорожные знаки и разметку;
- ехать со скоростью до 60 км/ч.

Весной 2018 стартовал проект «Караван». Это первое в России столь масштабное испытание. На одном участке дороги, каждая по собственной программе, двигались пять единиц техники российского производства. Проезд осуществлялся без водителей. Для контроля процесса разработчики находились в кабинах на пассажирских сиденьях.

После начала движения автомобили протестировали разгон до максимальной скорости 40 км/ч, перестроение из правого в левый ряд, проезд по транспортной развязке, распознавание дорожных знаков, объезд препятствий и торможение. Протяженность маршрута проезда каждой машины составила более 10 км.

Все транспортные средства показали высокое качество маневрирования и бесперебойное функционирование системы высокоточного спутникового позиционирования, а также системы «машинного зрения», обеспечивающего детекцию и распознавание объектов, разметки, дорожных знаков и анализ обстановки. Благодаря передаваемой навигационной информации точность позиционирования движения составляет 3–5 см.

Беспилотный модуль MatrĚshka предназначен для коммерческой перевозки пассажиров и грузов. Разработкой занимается компания BMG («Volgabus») совместно с инновационным центром «Сколково». Проект имеет несколько приоритетных направлений:

- выпуск «умного» пассажирского автобуса на 8–12 мест марки M2B8;
- производство автономного модуля M2C6 по типу пожарных насосных систем, диагностических комплексов, мобильных накопителей энергии;
- разработка открытых грузовых платформ M2 Platform для эффективной логистики.

Прототипы MatrĚshka тестируются на закрытых учебных полигонах в «Сколково», а вот на российских общественных дорогах эти беспилотники появятся не скоро. MatrĚshka отличается своей универсальностью: платформу легко адаптировать под пассажирский салон, грузовую емкость или коммунальную мобильную технику (рисунок 6.19).



Рисунок 6.19 – Русская MatrEshka на колесах: беспилотные автобусы

При условии полной зарядки модуль сможет преодолеть до 130 км. Развивает скорость до 100 км/ч, но на автопилоте она ограничивается до 20 км/ч.

В планах разработчиков вывести автобус в рейс, но это станет возможным, когда будет создана правовая база для соответствующей сертификации беспилотного транспорта.

6.4 Обоснования перехода на беспилотные технологии

Опрос, проведённый на сайте CarInsurance.com, опровергает распространённое мнение, что многие водители негативно относятся к роботам-автомобильям и никогда не согласятся выпустить руль из рук. На самом деле таких «фанатов» не больше 10 %. Остальные 90 % готовы купить беспилотный автомобиль, если при этом страховка станет в пять раз дешевле.

Здесь вопрос не только в страховке, а вообще в экономических преимуществах, которые сулит автоматическое управление машиной. Даже без экономии на страховке водитель экономит на бензине за счёт более рационального разгона/торможения и аккуратного стиля езды робота, экономит на запчастях из-за уменьшения износа деталей (по тем же причинам). В конце концов – банальная экономия на покупке второй машины для супруги или ребёнка, ведь один автомобиль может развести всех по очереди, самостоятельно возвращаясь домой.

Финансовая сторона меняет мнение практически каждого «противника» беспилотных автомобилей. Опрос показал, что наибольшее препятствие для беспилотных автомобилей – скептицизм водителей по поводу возможностей

технологии: 64 % водителей не верят, что компьютерная программа способна управлять автомобилем так же, как человек, а 75 % сказали, что они лично умеют управлять лучше, чем любая программа. Здесь результаты напоминают известный опрос, в котором 90 % респондентов уверены, что их IQ выше среднего, хотя этого не может быть по определению.

В то же время водители осознают, что элементы автоматического управления уже встроены во многие современные автомобили: это анти-блокировочная система тормозов, электронная система стабилизации, круиз-контроль, автоматическая парковка и т. д. Кроме денег есть и другие факторы, которые способны подтолкнуть водителей пересесть на автомобиль с самостоятельным управлением. Например, выделение отдельной полосы для автономных машин с сокращением времени в пути на 50 %.

Возможность отправить машину в супермаркет за покупками, чтобы она на обратном пути забрала вас с работы, – тоже очень удобное решение. При распространении беспилотных автомобилей наверняка в магазинах появятся отделы drive-in, где будут заполнять багажники машин продуктами по списку.

На вопрос, чем водители будут заниматься, когда у них появится больше свободного времени за рулем беспилотного автомобиля, ответы распределились таким образом: обмениваться сообщениями, разговаривать с друзьями – 26 %; другое – 21 %; читать – 21 %; спать – 10 %; смотреть кино – 8 %; играть в игры – 7 %; работать – 7 %

В ближайшие годы элементов автоматического управления будут появляться всё больше.

Экономической выгоды от владения полностью автономного автомобиля практически не будет, а вот в индустрии каршеринга и пассажирских перевозок произойдёт настоящая революция за счёт радикального снижения стоимости поездок.

Для осознания необходимости выпустить руль из своих рук человечество должно понимать, какие экономические перемены его ждут. Эмилио Фраццولي (Emilio Frazzoli) – профессор аэроавиатики и астронавтики из Массачусетского технологического института, директор группы Аэрокосмических встроенных и робототехнических систем (Aerospace Robotics and Embedded Systems group, ARES) – занимается исследованиями в данной области, чтобы подсчитать, каковы же прибыли от перехода на беспилотники. Первым и не сложно подсчитываемым аспектом является сама ценность человеческой жизни, ведь с увеличением числа беспилотников, которые «не ошибаются», число происшествий и сама смертность в результате ДТП снизятся кратно в течение первых пары лет. А если брать в расчет количество исков, связанных с возмещением ущерба от увечий, то затраты на услуги адвоката и судебные расходы в странах Запада сравнимы с ВВП какой-нибудь европейской страны.

Вторым аспектом является увеличение пропускной способности, так как робот может с идеальной, недостижимой человеку точностью выдерживать интервал между машинами, общаясь по компьютерным сетям с соседними машинами и дорожной инфраструктурой, двигаться так, что количество заторов и пробок заметно уменьшится. Кроме того, несклонный к суете киберводитель будет придерживаться именно той скорости, при которой экологический ущерб от работы ДВС минимален.

В третьих, также необходимо учитывать стоимость времени человека, управляющего транспортным средством.

А самым весомым экономическим результатом внедрения робокаров окажется появление принципиально нового рынка, связанного с переходом автомобильной индустрии на сервисную модель бизнеса. Ведь если откинуть моральную составляющую (кстати, немаловажную: для многих взятый в кредит автомобиль, более дорогой, чем позволяют доходы, оказывается важнейшим средством подъёма самооценки), то задача автомобиля проста – безопасно, быстро и комфортно доставить нас с места на место.

В зависимости от выбранной модели обслуживания она окажется или такси, или персональным лимузином (дело в приоритетах обслуживания: больше платишь – более высокий приоритет имеешь), способным отехать на стоянку и вернуться за пассажиром. Или же обслуживающим других пользователей системы.

В течение нескольких десятилетий новые автомобильные технологии могут избавить водителей от необходимости ждать зеленый свет светофора, а также использовать тормоза в автомобилях. Благодаря этим технологиям пропадет необходимость в водительских правах для водителей.

В течение следующих 30 лет использование более автоматизированных технологий может вызвать эффект лавины. Большинство машин будут управляться без помощи водителя. Такие технологии уже просачиваются на потребительский рынок. Системы помощи в парковке, автоматического торможения и системы круиз-контроля уже используются автомобилистами по всему миру.

Рано говорить о том, что на искусственный интеллект можно взвалить весь объем водительских обязанностей, но прогресс не стоит на месте. Программа «Беспилотный автомобиль» от компании Google смогла добиться отличных результатов. В реальных условиях, беспилотный автомобиль смог проехать 1600 километров без участия человека и еще около 250 тысяч с незначительным его участием. Поездка обошлась без происшествий.

В будущем упразднит водительские лицензии. Люди всех возрастов и возможностей смогут пользоваться беспилотным транспортом так же, как они делают это сейчас в троллейбусах и поездах. А Япония уже сейчас достаточно успешно тестирует беспилотные грузовики на автодорогах общего пользования.

В перспективе ожидается появление программ автомобильного обмена. Беспилотная машина отвезет вас к пункту назначения, а затем отправится к другим пассажирам. Это особенно полезно ввиду того, что в наши дни 90 процентов времени автомобиль проводит в припаркованном состоянии. Такие программы оживят движение на дорогах и смогут привести к меньшему потреблению топлива.

Внедрение таких автомобилей не должно повлиять на дорожную инфраструктуру. Дорогам не потребуются капитальные ремонты, ведь они уже способны справиться с появлением автономных транспортных средств. Это было доказано учеными, которые организовали 8000-километровую поездку между Италией и Шанхаем, с которой успешно справилась пара беспилотных автомобилей.

В будущем мы можем попрощаться с красными огнями светофоров и дорожными знаками. Все автомобили будут оснащены датчиками, камерами и радаром, которые позволят контролировать трафик и не допустят ДТП на дорогах. При этом скорость таких автомобилей сможет достигнуть 100 миль/ч уже к 2040 году.

С развитием технологий беспилотные автомобили смогут обеспечить быструю и безопасную поездку. В лучшем случае мы больше никогда не будем опасаться за свою безопасность на дороге, сидя в такой машине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Андронов, М. А.** Безопасность конструкции автомобиля / М. А. Андронов, Ф. Е. Межевич, Ю. М. Немцов. – М. : Машиностроение, 1985. – 167 с.

2 **Афанасьев, Л. Л.** Конструктивная безопасность автомобиля : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация дорожного движения» / Л. Л. Афанасьев, А. Б. Дьяков, В. А. Илларионов. – М. : Машиностроение, 1983. – 212 с.

3 **Болбас, М. М.** Основы промышленной экологии: Автомобильный транспорт / М. М. Болбас, Р. Я. Пармон, Е. Л. Савич. – Минск : Выш. шк., 1993. – 235 с.

4 **Боровский, Б. Е.** Безопасность движения автомобильного транспорта / Б. Е. Боровский. – Л. : Лениздат, 1984. – 304 с.

5 **Бочаров, Е. В.** Безопасность дорожного движения : справ. / Е. В. Бочаров, М. Ю. Замета, В. С. Волошинов. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 284 с.

6 **Вахламов В. К.** Автомобили: Эксплуатационные свойства : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2007. – 240 с.

7 **Вахламов, В. К.** Автомобили: Основы конструкции : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов. – 4-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 528 с.

8 Безопасность транспортных средств. Автомобили : учеб. пособие для вузов / В. А. Гуджов [и др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2010. – 431 с.

9 **Кнороз, В. И.** Шины и колеса / В. И. Кнороз, Е. В. Кленников. – М. : Машиностроение, 1975. – 184 с.

10 Безопасность автотранспортных средств : учеб. для вузов / В. В. Ломакин, [и др.] / под общ. ред. В. В. Ломакина. – М. : МГТУ «МАМИ», 2011. – 299 с.

11 **Лукьянчук, А. Д.** Безопасность транспортных средств : учеб. пособие / А. Д. Лукьянчук, Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2016. – 264 с.

12 **Острецов, А. В.** Шины и колеса для автомобилей и тракторов : учеб. пособие по дисциплине «Конструкция автомобиля и трактора» для студентов вузов, обучающихся по специальности 190201 (150100) «Автомобиле- и тракторостроение» / А. В. Острецов, П. А. Красавин, В. В. Воронин. – М. : МГТУ «МАМИ», 2011. – 85 с.

13 **Рябчинский, А. И.** Пассивная безопасность автомобиля / А. И. Рябчинский. – М. : Машиностроение, 1983. – 176 с.

14 **Рябчинский, А. И.** Экологическая безопасность автомобиля / А. И. Рябчинский, Ю. В. Трофименко, С. В. Шелмаков ; под ред. чл.-кор. РАН В. Н. Луканина. – М. : МАДИ-ГУ, 2000. – 95 с.

15 **Рябчинский, А. И.** Основы сертификации. Автомобильный транспорт : учеб. для вузов / А. И. Рябчинский, Р. К. Фотин. – М. : Академкнига, 2005. – 336 с.

16 **Рябчинский, А. И.** Регламентация активной и пассивной безопасности автотранспортных средств : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / А. И. Рябчинский, Б. В. Кисулenco, Т. Э. Морозова ; под ред. А. И. Рябчинского. – М. : Академия, 2006. – 427 с.

17 **Степанов, И. С.** Конструкция автомобиля : учеб. для вузов : в 3 т. / И. С. Степанов ; под общ. ред. проф. А. Л. Карунина. – М. : Горячая линия – Телеком, 2008. – Т. 3 : Кузова и кабины. – 464 с.

18 **Тарновский, В. Н.** Автомобильные шины: Устройство, работа, эксплуатация, ремонт / В. Н. Тарновский, В. А. Гудков, О. Б. Третьяков. – М. : Транспорт, 1990. – 272 с.

19 Транспорт дорожный. Основные термины и определения. Классификация: ГОСТ 31286–2005. – Введ. 01.09.2006. – Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Минск, 2005. – 17 с.

20 Транспорт дорожный. Массы и размеры. Технические требования и методы испытаний : СТБ 1877–2008. – Введ. 01.12.2008. – Минск : Госстандарт, 2008. – 39 с.

21 Транспорт дорожный. Массы, нагрузки на оси и габариты : СТБ 1878–2008. – Введ. 01.12.2008. – Минск : Госстандарт, 2008. – 5 с.

22 **Яхьяев Н. Я.** Безопасность транспортных средств : учеб. для высш. учеб. заведений / Н. Я. Яхьяев. – М. : Академия, 2011. – 432 с.

23 Надежность автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/16003/nadezhnost-avtomobilej/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

24 Эксплуатация автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.avto-vzglyad.ru/sovety/ekspluaciya/2019-07-26-4-prostyh-sposoba-zastavit-tormozarabotatkak-novye-dazhe-posle-100-000-km-probega/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2Fnews. – Дата доступа : 22.08.2020.

25 Ремонт вакуумного усилителя тормозов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.autoezda.com/remauto/1045-remont-vacuumnogo-usilitelia-tormozov.html>. – Дата доступа : 22.08.2020.

26 Системы освещения автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18652/sistemy-osveshhenija-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

27 Что такое система адаптивного освещения? Устройство и характерные особенности адаптивных фар [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://farainfo.ru/chtotakoe-sistema-adaptivnogo-osveshheniya-ustroystvo-i-harakternyie-osobennosti-adaptivnyih-far/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

28 Адаптивные системы освещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18653/sistemy-osveshhenija-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

29 Проекционный дисплей автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18649/proekcionnyj-displej-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

30 Система кругового обзора автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18617/sistema-krugovogo-obzora-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

31 Система сканирования пространства перед автомобилем [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18622/sistema-skanirovaniya-prostranstvapered-avtomobilem/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

32 Система распознавания дорожных знаков автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18625/cistema-raspoznavaniya-dorozhnyh-znakov-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

33 Системы обнаружения движущихся объектов на проезжей части дороги [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18628/sistemy-obnaruzhenija-dvizhushhij-sja-obektov-na-proezzhej-chasti-dorogi/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

34 Система контроля состояния водителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18634/sistema-kontrolja-sostojaniya-voditelja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

35 Персональные алкотестеры, встроенные в автомобиль [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18637/personalnye-alkotestery-vstroennye-v-avtomobil/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

36 Датчик дождя и освещенности автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18640/datchik-dozhdja-i-osveshhenosti-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

37 Темнеющие зеркала заднего вида автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18645/temnejushhie-zerkala-zadnego-vida-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

38 Антиблокировочная система тормозов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://autoleek.ru/sistemy-bezopasnosti/aktivnaya/antiblokirovochnaya-sistema-tormozov.html>. – Дата доступа : 22.08.2020.

39 Антипробуксовочная система: описание, преимущества, недостатки, устройство [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://seite1.ru/obzory-i-sovety/antiprobuksovochnaya-sistema-opisaniepreimushhestvanedostatki-ustrojstvo/>.html. – Дата доступа : 22.08.2020.

40 Антипробуксовочная система ASR [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://msk.worldautoschool.ru/asr.html>. – Дата доступа : 22.08.2020.

41 Как работает система распределения тормозных усилий EBD [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.drive2.ru/b/1170387/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

42 Антиблокировочная система тормозов (ABS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://quto.ru/Mitsubishi/PajeroSport/II/suv5d/features/1661/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

43 Система распределения тормозных усилий EBD [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.drive2.ru/b/1170386/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

44 Система курсовой устойчивости [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://yandex.by/turbo/s/fastmb.ru/auto_shem/182-sistema-kursovoj-ustojchivosti.html. – Дата доступа : 22.08.2020.

45 Основная система курсовой устойчивости автомобиля при движении [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18486/sistema-kursovoj-ustojchivosti-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

46 Система курсовой устойчивости автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18485/sistema-kursovoj-ustojchivosti-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

47 Система стабилизации управления автомобилем [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18489/sistema-stabilizacii-upravlenija-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

48 Система экстренного торможения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://yandex.by/turbo/s/fastmb.ru/auto_shem/181-sistema-ekstrennogo-tormozheniya.html. – Дата доступа : 22.08.2020.

49 Система автоматического экстренного торможения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://24techno-guide.ru/sistema-avtomaticheskogo-ekstrennogo-tormozheniya.php>. – Дата доступа : 22.08.2020.

50 Системы экстренного торможения при движении и столкновении автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18500/sistemy-jekstrennogo-tormozhenija-pri-dvizhenii-i-stolknovenii-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

51 Система торможения автомобиля двигателем MSR [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18575/sistema-tormozhenija-avtomobilja-dvigatelem-msr/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

52 Системы помощи движению автомобиля по полосе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18586/sistemy-pomoshhi-dvizheniju-po-polose-i-pri-perestroenii-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

53 Системы помощи движению при перестроении автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18587/sistemy-pomoshhi-dvizheniju-popolose-i-pri-perestroenii-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

54 Системы помощи при спуске и подъеме автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18592/sistemy-pomoshhi-pri-spuske-i-podeme-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

55 Система автоматического включения стояночного тормоза автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://extxe.com/18594/cistema-avtomaticheskogo-vkljucheniya-stojanocnogo-tormoza-avtomobilja/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

56 Принцип работы электромобиля, как он устроен, какое в нём напряжение и схема питания от аккумуляторных батарей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://auto.rambler.ru/navigator/42631738/?utm_content=auto_media&utm_medium=read_more&utm_source=corylink. – Дата доступа : 22.08.2020.

57 Что такое электромобиль и как он устроен? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://auto.onliner.by/2020/04/18/elektro-32>. – Дата доступа : 22.08.2020.

58 У Audi появится автопилот для пробок [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://motor.ru/news/2012/01/13/auditram/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

59 Ford's New Traffic Jam Assist Technology Paves the Way to Self-Driving Cars [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://inhabitat.com/fords-new-traffic-jam-assist-technology-paves-the-way-to-self-driving-cars/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

60 Volvo Promises Autonomous Tech by 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.wired.com/2012/10/volvo-autonomous/>. – Дата доступа : 22.08.2020.

61 Система Super Cruise Cadillac – шаг к пробуждению Skynet [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.dealeron.ru/news/623-Skynet>. – Дата доступа : 22.08.2020.

62 Safe Road Trains for the Environment [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment. – Дата доступа : 22.08.2020.

63 Есть ли российские беспилотные автомобили [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bespilot.com/chastye-voprosy/est-li-rossijskie-ba>. – Дата доступа : 22.08.2020.

64 Crashes vs. Congestion –What's the Cost to Society? [Electronic resource]. – Mode of access : http://newsroom.aaa.com/wp-content/uploads/2011/11/2011_AAA_CrashvCongUpd.pdf. – Date of access : 22.08.2020.

Учебное издание

СКИРКОВСКИЙ Сергей Владимирович

КАПСКИЙ Денис Васильевич

ЛАПСКИЙ Сергей Леонидович

ЛУКЬЯНЧУК Анатолий Данилович

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Учебное пособие

Редактор *А. А. Павлюченкова*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 27.12.2022 г. Формат 60x84 1/16
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 20,46. Уч.-изд. л. 20,72. Тираж 100 экз.
Зак. № 2897 Изд. № 19.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель