

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения»

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Конспект лекций для студентов специальности 1-44 01 02
«Организация дорожного движения»**

Учебное электронное издание

Минск БНТУ 2012

УДК 656.13.08:378.147.091.113 (075.8)

Автор:

А.Д.Лукиянчук

Рецензенты:

В.В. Бульбенков, заместитель начальника Управления ГАИ МВД Республики Беларусь;

С.А. Сидоров, доцент кафедры «Автомобили» БНТУ, кандидат технических наук, доцент.

В курсе лекций по дисциплине «Безопасность транспортных средств» приведены основные отечественные и международные нормативные правовые акты, регламентирующие конструктивную безопасность транспортных средств. Рассмотрены эксплуатационные свойства автомобиля, определяющие его активную, пассивную, экологическую и послеаварийную безопасность. Показано значение тяговой и тормозной динамики, управляемости, устойчивости, плавности хода и информативности автомобиля на снижение числа дорожно-транспортных происшествий и тяжести их последствий. Рассмотрена зависимость безопасности движения от технического состояния узлов и систем автомобиля.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел. (017) 292 74 84, факс (017) 331 26 93
Регистрационный № БНТУ/АТФ18-32.2012

© БНТУ, 2012
© Лукьянчук А.Д., 2012

ВВЕДЕНИЕ	6
1. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ	9
2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЕЙ	12
2.1. Автомобиль – основной элемент транспортного потока	12
2.2. Основные эксплуатационные свойства автомобиля	12
2.3 Измерители и показатели эксплуатационных свойств автомобиля.....	13
3. КОМПОНОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЯ	15
3.1. Габаритные параметры автомобиля	15
3.1.1. Динамический коридор автомобиля	17
3.1.1.1. Динамический коридор автомобиля при прямолинейном движении	17
3.1.1.2. Динамический коридор одиночного автомобиля на повороте.....	18
3.1.1.3. Динамический коридор автомобиля с прицепом на повороте	19
3.2 Массовые параметры автомобиля	20
4. ТЯГОВАЯ ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ.....	23
4.1. Измерители и показатели тяговой динамики	23
4.2 Уравнение движения автомобиля.....	24
4.3. Максимальная скорость автомобиля.....	28
4.4. Максимальное ускорение автомобиля	29
4.5. Время и путь разгона автомобиля	30
4.6. Время и путь обгона.....	33
4.6.1. Обгон с постоянной скоростью	34
4.6.2. Обгон с ускорением	36
4.7. Влияние технического состояния автомобиля на тяговую динамику...	38
4.8 Пути повышения тяговой динамики автомобиля	39
5. ТОРМОЗНАЯ ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ	40
5.1. Значение тормозной динамики для безопасности движения. Требования к тормозным системам.....	40
5.2. Силы, действующие на автомобиль при торможении	41
5.3. Процесс торможения автомобиля.....	43
5.4 Замедление, время и путь торможения автомобиля.....	47
5.5. Путь торможения при заданных значениях t_c , t_n и $t_{уст}$	50
6. УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ.....	57
6.5. Устойчивость автомобиля с учетом крена кузова	64
6.6. Устойчивость переднего и заднего мостов.....	67
6.7 Продольная устойчивость автомобиля	71
7. УПРАВЛЯЕМОСТЬ АВТОМОБИЛЯ.....	73
7.1. Значение управляемости автомобиля для безопасности движения.....	73
7.2. Критическая скорость автомобиля по условиям управляемости.....	73
7.3. Поворачиваемость автомобиля.....	75
7.3.1. Шинная поворачиваемость автомобиля	75
7.3.1.1. Критическая скорость автомобиля по уводу шин	79
7.3.2. Креновая поворачиваемость автомобиля	81

7.4. Угловые колебания управляемых колес автомобиля	82
7.5. Стабилизация управляемых колес автомобиля.....	84
7.6. Установка управляемых колес автомобиля.....	86
8. ПЛАВНОСТЬ ХОДА АВТОМОБИЛЯ	88
8.1. Значение плавности хода для безопасности движения	88
8.2. Отрыв колес от дороги.....	89
8.3. Пути повышения плавности хода автомобиля.....	90
8.4. Влияние технического состояния автомобиля на его устойчивость, управляемость и плавность хода	90
9. ИНФОРМАТИВНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ	92
9.1. Сигналы и их свойства.....	92
9.2. Визуальная информативность автомобиля.....	95
9.2.1. Внешняя визуальная информативность автомобиля.....	95
9.2.1.1 Кузов автомобиля	95
9.2.1.2 Световозвращатели	96
9.2.1.3 Система автономного освещения автомобиля	97
9.2.1.4 Пути совершенствования системы автономного освещения автомобиля	103
9.2.1.5 Система внешней световой сигнализации автомобиля.....	105
9.2.1.6 Совершенствование системы внешней световой сигнализации	107
9.2.2 Внутренняя визуальная информативность автомобиля.....	109
9.2.2.1 Панель приборов	109
9.2.2.2 Совершенствование состава контрольных приборов и параметров, подлежащих контролю	113
9.2.3 Обзорность автомобиля.....	114
9.2.4. Звуковая информативность автомобиля.....	118
9.2.5. Тактильная и кинестатическая информативность автомобиля	119
10. РАБОЧЕЕ МЕСТО ВОДИТЕЛЯ.....	120
10.1. Сиденье.....	120
10.2. Органы управления	123
10.3. Физико-химические условия на рабочем месте водителя.	125
10.4. Системы вентиляции, отопления и кондиционирования.....	128
11. ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ	129
11.1. Измерители и показатели пассивной безопасности	129
11.2. Перегрузки, действующие на водителя и пассажиров при ДТП.....	131
11.3. Внутренняя пассивная безопасность.....	131
11.3.1. Уменьшение инерционных нагрузок	132
11.3.2. Ограничение перемещения людей в салоне автомобиля.....	135
11.3.2.1. Ремни безопасности	135
11.3.2.2 Пневматические подушки безопасности	137
11.3.3. Травмобезопасные элементы интерьера.....	138
11.4. Внешняя пассивная безопасность	140
12. ПОСЛЕАВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ	143
12.1. Опасные явления, возникающие после ДТП.....	143
12.2. Требования к послеаварийной безопасности автомобиля	144

13. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ	146
13.1. Влияние автомобиля на окружающую среду	146
13.2. Токсичность отработавших газов автомобилей.....	146
13.3. Методы уменьшения загрязненности окружающей среды автомобильным транспортом.....	147
13.4. Автомобильный шум	148
13.5. Методы снижения уровня шума автомобилей.....	149
ЛИТЕРАТУРА	152

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Беларусь, как и во всех экономически развитых странах мира, автомобильный транспорт занимает ведущее место, как по объему перевозок, так и по транспортной работе, а автомобильный парк республики непрерывно увеличивается.

Увеличение числа автомобилей, улучшение их эксплуатационных свойств, приводит к повышению скорости и интенсивности движения, плотности транспортных потоков, что отрицательно сказывается на уровне безопасности движения.

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 и 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 погодноклиматические условия движения (температура, влажность воздуха, ветер, осадки, 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 возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Дорожно-транспортным происшествием (ДТП) называют событие, возникшее в результате нарушения нормального режима движения хотя бы одного транспортного средства и повлекшее за собой смерть или травмирование людей (увечье, ранение, контузия), повреждение транспортных средств и грузов, искусственных сооружений (зданий, телеграфных столбов, мостов и т.п., зеленых насаждений) или нанесшее другой материальный ущерб.

В каждом ДТП условно можно выделить три фазы: начальную, кульминационную и конечную.

Начальная фаза характеризуется условиями движения автомобиля перед возникновением опасной ситуации, когда участники движения должны принять

все меры для предотвращения или хотя бы снижения тяжести последствий происшествия. Если меры не приняты или их принято недостаточно, то опасная ситуация перерастает в аварийную, когда участники движения уже не располагают технической возможностью предотвратить ДТП. **Кульминационная фаза** характерна событиями, вызывающими наиболее тяжелые последствия (разрушение автомобилей, травмирование водителей, пассажиров и пешеходов). **Конечная фаза** следует вслед за кульминационной и ее конец часто совпадает с прекращением движения автомобиля.

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.

Курс «Безопасность транспортных средств» имеет целью дать студентам основы знаний в области конструктивной безопасности автомобилей и влияния автомобильного транспорта на окружающую среду.

Основными задачами дисциплины являются – изучение конструктивной безопасности автомобиля, ее влияния на возникновение и последствие дорожно-транспортных происшествий, а также ознакомление с отрицательными последствиями автомобилизации на окружающую среду и методами борьбы с вредными выбросами, шумом, создаваемыми транспортными средствами.

Большинство положений и выводов в дисциплине «Безопасность транспортных средств» основывается на знании законов теоретической и прикладной механики, а также теории автомобиля.

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

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

Пассивная безопасность автомобиля – свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП. Пассивная безопасность проявляется в период, соответствующий кульминационной фазе происшествия, когда водитель, несмотря на принятые меры, не может изменить характер движения автомобиля и предотвратить ДТП.

Послеаварийная безопасность автомобиля – свойство 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. Таким аварийными ситуациями, которые могут возникнуть в результате ДТП, являются пожар,

заклинивание дверей, заполнение салона автомобиля водой, если он попал в водоем.

Экологическая безопасность автомобиля – свойство автомобиля, позволяющее уменьшать вред, наносимый человеку и окружающей среде в процессе его нормальной эксплуатации. Основным вредом, наносимым 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.

Все описанные виды безопасности мы будем рассматривать отдельно одни от другого, однако это будет делаться только лишь для простоты 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, например, 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 тоже 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.

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, все это может привести к выходу автомобиля из строя и 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/ЕСЕ/324-Е/ЕСЕ 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 125), в которых содержатся конкретные требования к различным 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), к ремням безопасности и сидениям (Правила ЕЭК ООН №№ 14, 16, 17, 25), к рулевому управлению (Правила ЕЭК ООН №79), к тормозной системе (Правила ЕЭК ООН № 13), к шинам (Правила ЕЭК ООН № 30).

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, обозначаемые соответственно индексами L, M, N, O, T, G.

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

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

- категория 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;

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

- категория 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;

- категория 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;

- категория 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;

- категория L_7 : 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:

- категория M_1 : транспортные средства, имеющие кроме места водителя не более восьми мест для сидения;

- категория M_2 : транспортные средства, имеющие кроме места водителя более восьми мест для сидения, максимальная масса которых не превышает 5т;

- категория M_3 : транспортные средства, имеющие кроме места водителя более восьми мест для сидения, максимальная масса которых превышает 5т.

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

- категория N_1 : транспортные средства, максимальная масса которых не превышает 3,5 т;

- категория N_2 : транспортные средства, максимальная масса которых превышает 3,5 т, но не превышает 12 т;

- категория N_3 : транспортные средства, максимальная масса которых превышает 12 т.

Категория O – прицепы (включая полуприцепы):

- категория O_1 : прицепы, максимальная масса которых не превышает 0,75 т;

- категория O_2 : прицепы, максимальная масса которых превышает 0,75 т, но не превышает 3,5 т;

- категория O_3 : прицепы, максимальная масса которых превышает 3,5 т, но не превышает 10 т;

- категория O_4 : прицепы, максимальная масса которых превышает 10 т.

Категория T – сельскохозяйственные и лесные тракторы.

Категория G – транспортные средства повышенной проходимости.

Необходимо отметить, что буква G для обозначения категории транспортных средств отдельно не применяется. Обозначения категории M и N могут быть дополнены обозначением G. Например, транспортное средство повышенной проходимости категории N_1 обозначается как N_1G .

Разработанные предписания для каждой категории транспортных средств систематически перерабатываются, дополняются и уточняются. Упраздняются старые нормативы и вводятся новые, более жесткие требования. Разрабатываются специальные предписания по методам испытаний различных систем и устройств автомобилей, обеспечивающих повышение их безопасности.

Изменение требований Правил ЕЭК ООН к какой-либо 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 десятой поправкой обозначаются как Правила ЕЭК ООН №13(10).

Транспортные средства всех категорий, производимые в Республике Беларусь или ввозимые на ее территорию, подлежат обязательной сертификации, при проведении которой должно быть подтверждено их соответствие предъявляемым к ним требованиям Правил ЕЭК ООН и национальных стандартов. Сертификацию проводят уполномоченные Органы по сертификации, входящие в структуру Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь.

2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

2.1. Автомобиль – основной элемент транспортного потока

Для современных автомобильных дорог характерно наличие большого количества разнообразных транспортных средств, движущихся одновременно и образующих единый транспортный поток. Параметры движения этого потока зависят от его состава, т.е. от соотношения в нем транспортных средств различного типа.

Состав транспортного потока может быть на разных дорогах различным. В городских условиях он состоит из легковых и грузовых автомобилей, автобусов, троллейбусов, трамваев, мотоциклов и автопоездов. На загородных дорогах трамваи и троллейбусы отсутствуют, число мотоциклов и автобусов уменьшается, зато появляются тракторы и тракторные поезда, а также различного рода сельскохозяйственные и дорожные машины и механизмы (грейдеры, бульдозеры, краны и т.д.).

Наблюдения за транспортными потоками показывают, что основную их массу составляют автомобили, на долю которых приходится, как правило, 75-80% всех транспортных средств. Соответственно высока и доля участия автомобилей в ДТП. В среднем из общего числа происшествий происшествия с автомобилями составляют 80-85%, с тракторами и самоходными механизмами 10-15%, с мотоциклами 2-3%, с трамваями и троллейбусами 1-2%. Таким образом, видно, что автомобиль является основным элементом транспортного потока и от его безопасности во многом зависит безопасность дорожного движения в целом. Поэтому безопасность транспортных средств изучают сейчас в первую очередь применительно к автомобилю. У других транспортных средств рассматриваются лишь специфические особенности, оказывающие влияние на безопасность.

2.2. Основные эксплуатационные свойства автомобиля

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

К основным эксплуатационным свойствам автомобиля относятся: динамика, топливная экономичность, управляемость, устойчивость, проходимость, плавность хода, вместимость, надежность.

Под **динамикой** 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.

Проезжимость – свойство автомобиля работать в тяжелых дорожных условиях и вне дорог (снежная целина, песок, размокший грунт, болотистая местность). Проезжимость 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.

Вместимость автомобиля характеризуется количеством грузов или числом пассажиров, которые могут быть одновременно перевезены автомобилем. Вместимость грузового автомобиля зависит от его грузоподъемности и внутренних размеров кузова. Вместимость пассажирского автомобиля определяется количеством мест для сидения.

Надежность – свойство автомобиля безотказно перевозить грузы и пассажиров в течение определенного срока без ухудшения основных эксплуатационных свойств.

2.3 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, предпринятое для изменения одного из свойств, неизбежно отражается на остальных. Так, для улучшения устойчивости автомобиля конструкторы стремятся расположить центр тяжести как можно ниже, однако 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 замеряют 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, например, 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.

3. КОМПОНОВОЧНЫЕ 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 государственным стандартом СТБ 1878-2008 «Транспорт дорожный. Массы, нагрузки на оси, габариты».

3.1. Габаритные параметры автомобиля

Геометрические параметры автомобиля (габаритные длина L_a и ширина B_a , база L , колея B , радиус поворота R , передний свес C), приведенные на рисунке 1, имеют большое значение для формирования транспортного потока по ширине и длине, а также для его безопасности.

Сначала определим каждый из перечисленных параметров для того, чтобы были понятны дальнейшие рассуждения.

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

L – 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.

У легковых автомобилей колея передних колес, как правило, больше чем задних. Так, например, у автомобиля ВАЗ-2109: $B_{\text{пер}} - B_{\text{зад}} = 30$ мм.

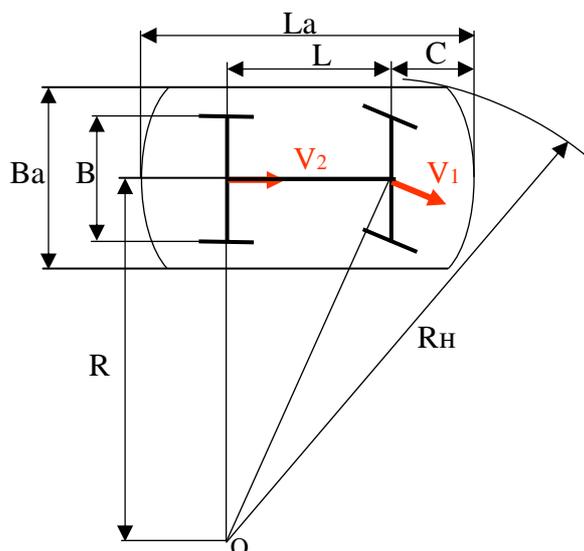


Рис. 1 Основные геометрические параметры автомобиля

При отсутствии увода и скольжения вектор скорости V_2 середины задней оси 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 бампера) называется наружным габаритным радиусом автомобиля R_n .

Габаритная высота H_a имеет значение при проезде автомобилей 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 за столб или мачту.

Учитывая большое влияние геометрических параметров транспортных средств на безопасность движения, СТБ 1878-2008 устанавливает их следующие максимально допустимые значения, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1. Максимально допустимые 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

3.1.1. Динамический коридор автомобиля

3.1.1.1. 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, 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 возмещения (Рисунок 2, положение I).

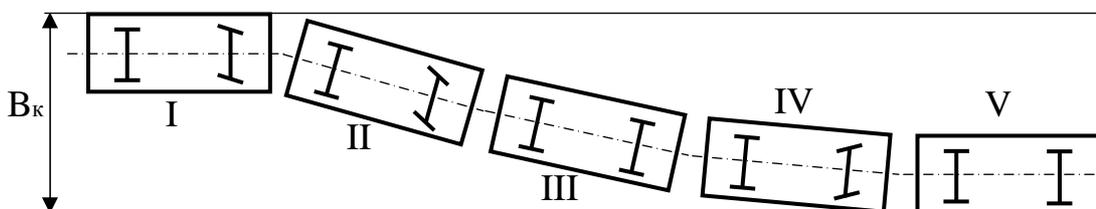


Рисунок 2. Динамический коридор автомобиля при прямолинейном движении

За время реакции водителя автомобиль, двигаясь криволинейно, переместился в положение II. Затем водитель, вращая рулевое колесо, сначала вернул управляемые колеса в нейтральное положение (положение III), а после этого повернув их в обратном направлении (положение IV), установит

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 скорость. Чем меньше ширина полосы движения на дороге и чем больше габаритные размеры автомобиля, тем более жесткие требования предъявляются к водителю, тем более 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 вид:

$$B_k = 0,054V + B_a + 0,3, \text{ м}$$

где: V – в м/с; B_a – в 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.

3.1.1.2. Динамический коридор одиночного автомобиля на повороте

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

Рассмотрим движение одиночного автомобиля на повороте.

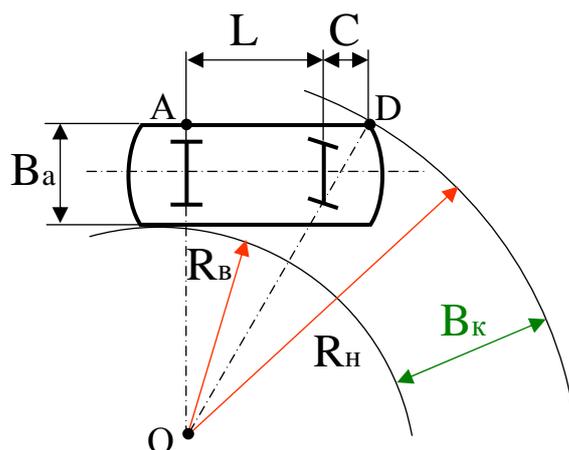


Рисунок 3. Динамический коридор автомобиля при криволинейном движении

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

$$B_k = R_n - R_b, \text{ м}$$

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

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

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

окончательно

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

где B_a – габаритная ширина автомобиля;

L – база автомобиля;

C – передний свес.

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.

3.1.1.3. Динамический коридор автомобиля с прицепом на повороте

Рассмотрим теперь движение автопоезда на повороте.

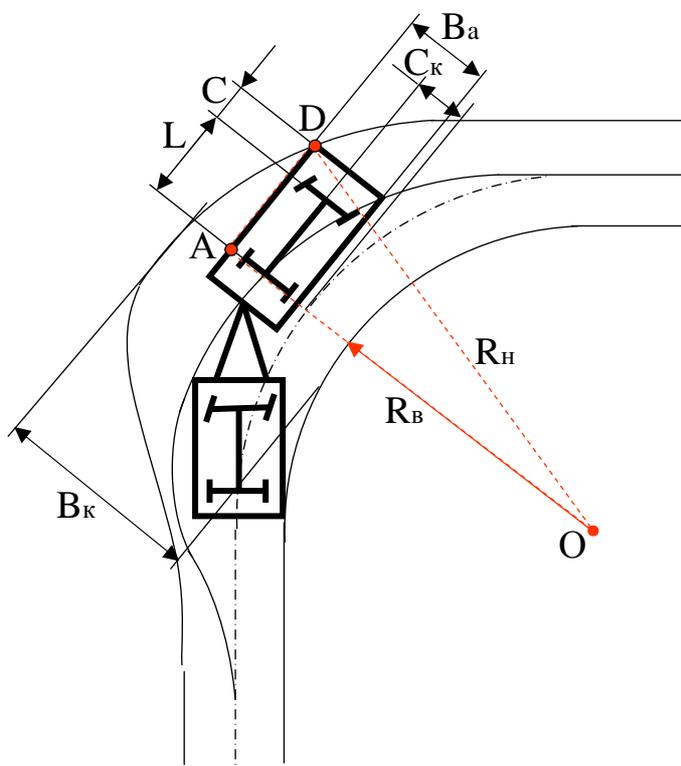


Рисунок 4. Схема движения автомобиля с прицепом на повороте

Как видно из рисунка полоса движения автопоезда имеет сложную конфигурацию. С внешней по отношению к центру поворота стороны она ограничена траекторией края переднего крыла или бампера тягача, то есть

наружным габаритным радиусом R_n автомобиля-тягача, а с внутренней стороны – задним углом прицепа. Ширина динамического коридора при входе в поворот и выходе из него примерно равна габаритной ширине автопоезда. Наибольшей величины динамический коридор достигает в середине поворота и по аналогии с движением одиночного автомобиля на повороте он определится как разность наружного и внутреннего габаритных радиусов поворота:

$$B_k = R_n - R_b, \text{ м}$$

Внутренний габаритный радиус R_b автопоезда определим из прямоугольного треугольника OAD:

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

C_k – сдвиг заднего моста прицепа относительно заднего моста тягача.

Тогда динамический коридор автомобиля с прицепом на повороте будет равен:

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

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, например, 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, управляемыми выполняют задние колеса полуприцепа. 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.).

3.2. 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, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 Максимальные разрешенные общие массы транспортных средств

Наименование транспортного средства	Общая масса, тонн		
	Для дорог с несущей способностью дорожной одежды, кН на ось		
	115	100	60
Грузовой автомобиль, седельный тягач:			
- двухосный	20	18	12
- трехосный	25	24	16
- трехосный, с ведущей осью, имеющей две пары колес, оборудованных 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
Седельный автопоезд:			
- 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
- трехосный тягач с двух- или трехосным полуприцепом 40-футовым ISO-контейнером, используемым для смешанных перевозок	44	(40/44*) ¹⁾	28,5
- трехосный тягач с одноосным полуприцепом	36	35	24
другие седельные автопоезда	41	38	28,5
Автопоезд:			
- двухосные автомобиль-тягач, трактор с одноосным прицепом	32	28	18
- двухосные автомобиль-тягач, трактор с двухосным прицепом	40	36	24
- трехосный автомобиль-тягач с одноосным прицепом	36	34	22

Окончание таблицы 2

Наименование транспортного средства	Общая масса, тонн		
	Для дорог с несущей способностью дорожной одежды, кН на ось		
	115	100	60
- 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
Автобус:			
- двухосный	21	18	18
- трех-, четырехосный	28	24,5/26*	24
- трех-, четырехосный сочлененный	32	28	26
* Для задней пневматической подвески тягача, автобуса, прицепа и полуприцепа			
1) 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 3.

Таблица 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		
Нагрузка на ось, кН						
Одиночные оси						
Ведущие	115	100	60	105	90	55
Не ведущие	100	100	60	90	80	55
Смежные оси грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей, прицепов или полуприцепов, с количеством осей более трех при расстоянии между осями:						
- до 1 м	57	55	40	52	50	36
- от 1 м до 1,3 м включительно	70	65	45	65	60	40
- от 1,3 м до 1,8 м включительно	80	75	50	75	70	45
- от 1,8 м до 2,5 м	95	85	55	90	80	50

Окончание таблицы 3

Типы осей транспортных средств	Несущая способность дорожной одежды, кН на ось					
	115	100	60	115	100	60
	Тип колес					
	Двухскатные			Односкатные		
Нагрузка на ось, кН						
Сдвоенные оси грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей, прицепов или полуприцепов при расстоянии между осями:						
- до 1 м	12,5	11	9	11,5	10	8
- от 1 м до 1,3 м включительно	16	14	10	14	13	9
- от 1,3 м до 1,8 м	18/19*	16/17* (18/19*) ¹⁾	11	17/18*	15/16*	10
- от 1,8 м и более	20	18/20*	11	18	17/18	10,5
Строенные оси грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей, прицепов или полуприцепов при расстоянии между осями:						
- до 1,3 м	21	19,5	13,5	20	18,3	12
- от 1,3 м до 1,8 м включительно	24	22,5	15	24	21/22,5*	13,5
- от 1,8 м и более	26	23	16,5	25	22	15
* Для пневматической подвески						
¹⁾ Для грузового автомобиля, автомобиля-тягача, седельного тягача						

4. ТЯГОВАЯ ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ

4.1. 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 меняются, 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 рассматривать лишь прямолинейное движение автомобиля, а особенности криволинейного движения изучаются в разделах, посвященных устойчивости и управляемости автомобиля.

4.2. Уравнение движения автомобиля

Автомобиль движется в результате действие на него различных сил. Эти силы разделяют на силы, движущие автомобиль, и силы, оказывающее сопротивление его движению.

Движущей силой автомобиля является сила тяги, приложенная к ведущим колесам, которая возникает в результате работы двигателя и взаимодействия ведущих колес и дороги.

К силам сопротивления относятся сила сопротивления дороги, сила сопротивления воздуха и сила инерции автомобиля.

Рассмотрим последовательно эти силы.

Сила тяги P_T представляет собой отношение крутящего момента M_T на полуосях ведущих колес к радиусу их качения r при равномерном движении автомобиля:

$$P_T = M_T / r = M_e \cdot U_{тр} \cdot z_{тр} / r, \text{ Нм},$$

где M_e – эффективный крутящий момент двигателя, Нм; $U_{тр}$ и $z_{тр}$ – передаточное число и КПД трансмиссии.

Мощность от двигателя к ведущим колесам передается агрегатами трансмиссии. При этом часть мощности затрагивается на преодоления трения в зацеплениях зубчатых колес агрегатов трансмиссии, в карданных шарнирах, подшипниках и сальниках, на перемешивание масла в картерах коробки передач, раздаточной коробки и ведущего моста. Все эти потери учитываются коэффициентом полезного действия трансмиссии $\eta_{тр}$, который для различных типов автомобилей при работе двигателя с полной нагрузкой равен:

легковые автомобили	0,90 – 0,92
грузовые автомобили и автобусы	0,85 – 0,90
автомобили повышенной проходимости	0,80 – 0,85

Эффективный крутящий момент двигателя, работающего с полной нагрузкой, т.е. при полной подаче топлива, определяют по данным стендовых испытаний двигателей. При отсутствии экспериментальных данных используют эмпирические формулы.

Наибольшее распространение получила формула:

$$M_e = \frac{N_{e \max}}{\omega_N} \left[a_m + b_m \frac{\omega}{\omega_N} - c_m \left(\frac{\omega}{\omega_N} \right)^2 \right],$$

где: $N_{e \max}$ – максимальная мощность двигателя, кВт; ω_N – угловая скорость коленчатого вала при $N_{e \max}$, рад/с; a_m , b_m и c_m – эмпирические коэффициенты, зависящие от типа двигателя (для четырехтактных бензиновых двигателей – $a_m = b_m = c_m = 1$; для четырехтактных дизелей – $a_m = 0,53$; $b_m = 1,56$; $c_m = 1,09$); ω – текущее значение угловой скорости коленчатого вала двигателя.

Скорость автомобиля V связана с угловой скоростью коленчатого вала двигателя ω следующей зависимостью:

$$V = \omega \cdot r / U_{\text{тр}}, \text{ отсюда } \omega = V \cdot U_{\text{тр}} / r.$$

Поэтому формулу для получения M_e можно записать следующим образом:

$$M_e = \frac{N_{e \max} \cdot r}{V_N \cdot U_{\text{тр}}} \left[a_m + b_m \frac{V}{V_N} - c_m \left(\frac{V}{V_N} \right)^2 \right],$$

тогда силу тяги можно получить так

$$P_T = \frac{N_{e \max} \cdot r}{V_N} \left[a_m + b_m \frac{V}{V_N} - c_m \left(\frac{V}{V_N} \right)^2 \right].$$

В этих формулах V_N – скорость автомобиля, соответствующая максимальной мощности.

Сила сопротивления дороги. Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается затратами энергии, которые можно разделить на две группы: затраты энергии на подъем автомобиля при движении в гору и затраты энергии на деформацию шин и дороги.

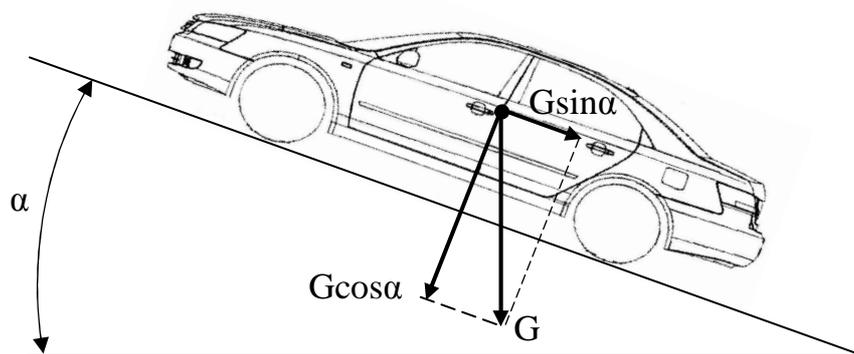


Рисунок 5. Силы, действующие на автомобиль при движении на подъем

Рассмотрим движение автомобиля на подъеме (рисунок 5). Разложим силу веса автомобиля G на две составляющие: силу $G \sin \alpha$, параллельную поверхности дороги, и силу $G \cos \alpha$, перпендикулярную к ней.

Силу $G \sin \alpha$ называют силой сопротивления подъему и обозначают $P_{\text{п}}$.

$$P_{\Pi} = G \cdot \sin \alpha, \text{ Н}$$

Сила сопротивления качению зависит от деформации шины и дороги и определяется коэффициентом сопротивления качению f , который численно равен отношению силы P_k , вызывающей равномерное качение колеса, к нормальной реакции дороги R_z . Отсюда сила сопротивления качению колеса

$$P_k = f \cdot R_z, \text{ Н.}$$

Принимая коэффициент сопротивления качению f одинаковым для всех колес автомобиля, получим силу сопротивления качению автомобиля:

$$P_k = f \cdot G, \text{ Н}$$

или в общем случае

$$P_k = f \cdot G \cdot \cos \alpha, \text{ Н.}$$

При скорости до 15 м/с коэффициент сопротивления качению можно считать постоянным. При движении с большей скоростью f возрастает, так как шина не успевает распрямиться после выхода из области контакта с дорогой, а также возрастает внутреннее трение в покрышке.

Для определения коэффициента сопротивления качению в зависимости от скорости движения пользуются эмпирическими формулами, например:

$$f = f_0 (1 + V^2/1500),$$

где: f_0 – коэффициент сопротивления качению при движении со скоростью до 15 м/с; V – скорость автомобиля.

Средние значения коэффициентов сопротивления качению для различных дорог равны:

Шоссе в отличном состоянии	0,016 – 0,018
в хорошем состоянии	0,018 – 0,020
Булыжная дорога	0,023 – 0,030
Гравийная дорога	0,020 – 0,025
Грунтовая дорога:	
сухая	0,025 – 0,030
после дождя	0,050 – 0,150

Коэффициент сопротивления качению и уклон дороги в совокупности характеризуют качество дороги. Поэтому введено понятие о силе сопротивления дороги P_d равной сумме сил P_k и P_{Π} :

$$P_d = P_k + P_{\Pi} = G \cdot (f \cos \alpha + \sin \alpha), \text{ Н}$$

На дорогах с усовершенствованным покрытием углы подъема α не превышают 4 – 5° и без большой ошибки можно записать

$$P_d = G \cdot (f + \sin \alpha), \text{ Н.}$$

Выражение в скобках называют коэффициентом сопротивления дороги и обозначают буквой ψ , тогда сила сопротивления дороги

$$P_d = \psi \cdot G, \text{ Н.}$$

Сила сопротивления воздуха. При движении автомобиль перемещает перед собой частицы окружающего воздуха и в каждой точке поверхности кузова автомобиля в результате соприкосновения с воздушной средой возникают элементарные силы, нормальные к этой поверхности и касательные к ней. Касательные силы являются силами трения, а нормальные силы создают давление на кузов автомобиля. Для упрощения элементарные силы заменяют сосредоточенной силой сопротивления воздуха P_B . Опытным путем установлено, что сила сопротивления воздуха равна:

$$P_B = K_B \cdot F_B \cdot V^2, \text{ Н},$$

где K_B – коэффициент сопротивления воздуха (коэффициент обтекаемости), зависящий от формы и качества отделки поверхности кузова автомобиля, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$; F_B – лобовая площадь автомобиля, м^2 ; V – скорость автомобиля, м/с .

Коэффициент обтекаемости K_B численно равен силе сопротивления воздуха, создаваемой 1 м^2 лобовой площади автомобиля при его движении со скоростью 1 м/с .

Лобовой площадью F_B автомобиля называют площадь его проекции на плоскость, перпендикулярную продольной оси автомобиля. Определить точное значение лобовой площади достаточно сложно, поэтому пользуются приближенными формулами для определения F_B :

для грузового автомобиля и автобуса: $F_B = B H_a$, где B – колея передних колес, м ; H_a – габаритная высота, м ;

для легкового автомобиля $F_B = 0,78 B_a H_a$, где B_a – габаритная ширина автомобиля, м .

Произведение $K_B F_B$ называют фактором обтекаемости и обозначают буквой W_B , тогда:

$$P_B = W_B \cdot V^2, \text{ Н}.$$

Таким образом, можно написать уравнение равномерного движения автомобиля:

$$P_T - P_K - P_{II} - P_B = 0 \quad \text{или} \quad P_T - P_D - P_B = 0.$$

Сила инерции. При неравномерном движении автомобиля возникают силы инерции, как всей массы автомобиля, так и вращающихся деталей двигателя и трансмиссии, а также колес.

Так называемую, приведенную силу инерции автомобиля P_{II} определяют по следующей формуле:

$$P_{II} = M \cdot j \cdot \delta_{вр}, \text{ Н},$$

где M – масса автомобиля, кг ; j – ускорение автомобиля, м/с^2 ; $\delta_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс.

Коэффициент учета вращающихся масс $\delta_{вр}$ показывает во сколько раз энергия, затрачиваемая при разгоне вращающихся и поступательно движущихся масс автомобиля, больше энергии, необходимой для разгона автомобиля, все детали которого движутся только поступательно.

Для определения $\delta_{вр}$ используется выражение

$$d_{вр} = 1 + \frac{J_M \cdot z_{тр} \cdot u_{тр}^2 + J_K}{M \cdot r^2},$$

где J_M – момент инерции маховика и связанных с ним деталей двигателя и сцепления, J_K – суммарный момент инерции всех колес автомобиля.

Если точное значение моментов инерции J_M и J_K неизвестно, то коэффициент $\delta_{вр}$ определяют по эмпирической формуле

$$d_{вр} = 1 + (d' + d'' U_K^2) \cdot M_a / M,$$

где d' , d'' – эмпирические коэффициенты ($d' \approx d'' \approx 0,03 - 0,05$); U_K – передаточное число коробки передач; M_a – масса автомобиля с полной нагрузкой, кг; M – масса автомобиля с данной нагрузкой, кг.

С учетом изложенного уравнение движения автомобиля в общем виде запишется следующим образом:

$$P_T - P_D - P_B - P_{и} = 0.$$

4.3. Максимальная скорость автомобиля

Максимальную скорость автомобиля можно определить аналитическим или графоаналитическим способами.

Для расчетного определения максимальной скорости подставим в уравнение движения автомобиля выражения для определения сил $P_T, P_D, P_B, P_{и}$.

В результате получим:

$$\frac{N_{емax} z_{тр}}{V_N} \left[a_m + b_m \frac{V}{V_N} - c_m \left(\frac{V}{V_N} \right)^2 \right] - G \cdot [f_0 (1 + V^2/1500) + \sin \alpha] - M \cdot d_{вр} \cdot j - W_B \cdot V^2 = 0$$

Сгруппировав члены с одинаковыми степенями V , получим:

$$A_c V^2 - B_c V - C_c + D_c j = 0,$$

где $A_c = -\frac{N_{емax} z_{тр} c_m}{V_N^3} - \frac{G f_0}{1500} - W_B;$

$$-B_c = \frac{N_{емax} z_{тр} b_m}{V_N^2}; \quad -C_c = \frac{N_{емax} z_{тр} a_m}{V_N} - G(f_0 + \sin \alpha);$$

$$D_c = -M d_{вр}$$

При достижении максимальной скорости автомобиля перестает разгоняться, то есть его ускорение станет равным нулю ($j=0$), тогда получаем квадратное уравнение

$$A_c V^2 - B_c V - C_c = 0$$

Решая это уравнение, находим максимальную скорость автомобиля V_{\max}

$$V_{\max} = \frac{B_c + \sqrt{B_c^2 + 4A_c C_c}}{2A_c}, \text{ м/с.}$$

При графоаналитическом способе определения максимальной скорости автомобиля используют метод силового баланса и поступают следующим образом. Пользуясь формулой для определения силы тяги, определяют ее величину для нескольких значений скорости и по этим точкам строят кривую P_T для высшей передачи в координатах $V - P$. На том же графике строят кривую сопротивления дороги P_d для одного значения угла α и вверх от этой кривой откладывают величины сопротивления воздуха P_v .

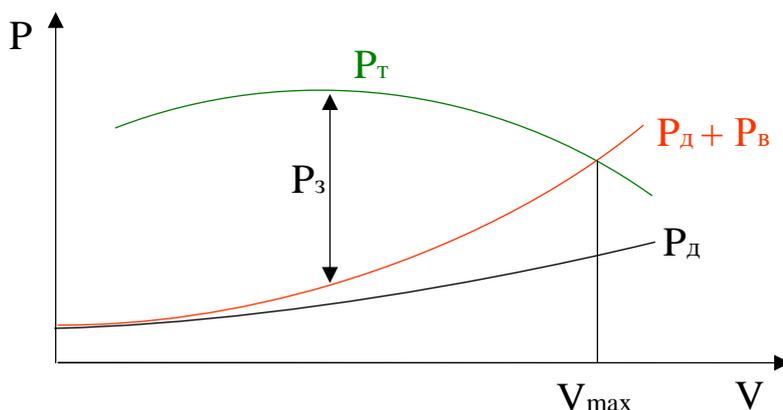


Рис. 6. График определения максимальной скорости автомобиля методом силового баланса

Кривая суммарного сопротивления $P_d + P_v$ определяет силу тяги, необходимую для движения автомобиля по данной дороге с постоянной скоростью. Если кривая силы тяги P_T проходит выше кривой $P_d + P_v$, то отрезки P_3 , заключенные между этими кривыми, представляют собой нереализованную часть (запас) силы тяги. Этот запас можно использовать для разгона автомобиля. Максимальную скорость находят по абсциссе точки пересечения кривых P_T и $P_d + P_v$, т.к. при этом запас силы тяги, а следовательно, и ускорение, равны нулю.

4.4. Максимальное ускорение автомобиля

Максимальное для данного автомобиля ускорение тоже можно определять как аналитическим, так и графоаналитическим способом.

Для аналитического определения ускорения воспользуемся формулой, полученной из уравнения движения автомобиля, для определения максимальной скорости, решив ее, относительно j .

$$j = (-A_c V^2 + B_c V + C_c) / D_c$$

Продифференцировав это выражение по V , и приравняв производную нулю, получим

$$-2A_c V + B_c = 0$$

Отсюда найдем значение скорости, при которой ускорение автомобиля достигает максимального значения

$$V = \frac{B_c}{2A_c}.$$

Подставив это значение V в формулу для определения J , получим максимальное ускорение автомобиля на данной передаче:

$$j_{\max} = \left(\frac{-A_c \cdot B_c^2}{4A_c^2} + \frac{B_c^2}{2A_c} + C_c \right) / D_c$$

или

$$j_{\max} = \left(\frac{-B_c^2 + 2B_c^2}{4A_c} + C_c \right) / D_c$$

Упростив это выражение, получим:

$$j_{\max} = \left(\frac{B_c^2}{4A_c} + C_c \right) / D_c.$$

При графоаналитическом определении j_{\max} задаются несколькими значениями скорости и рассчитывают величины ускорения, например, на высшей передаче коробки при работе двигателя с полной нагрузкой.

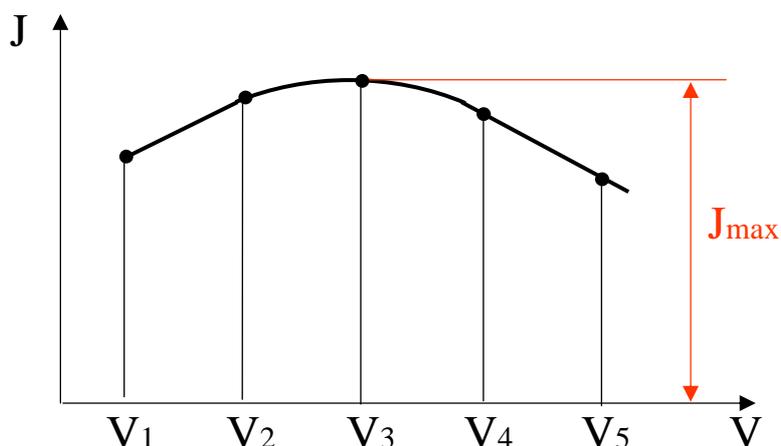


Рис. 7. График ускорений автомобиля

Построив по точкам в координатах $V - j$ кривую ускорений, проводят касательную к ней параллельно оси абсцисс. Ордината точки касания определяет величину ускорения максимально возможного на данной передаче и на данной дороге.

4.5. Время и путь разгона автомобиля

Ускорение автомобиля можно определить по следующей формуле:

$$j = \frac{dV}{dt}$$

отсюда

$$dt = \frac{1}{j} \cdot dV$$

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 графики ускорения автомобиля на всех передачах переднего хода.

Изобразим такой график для автомобиля с 4-х ступенчатой коробкой передач.

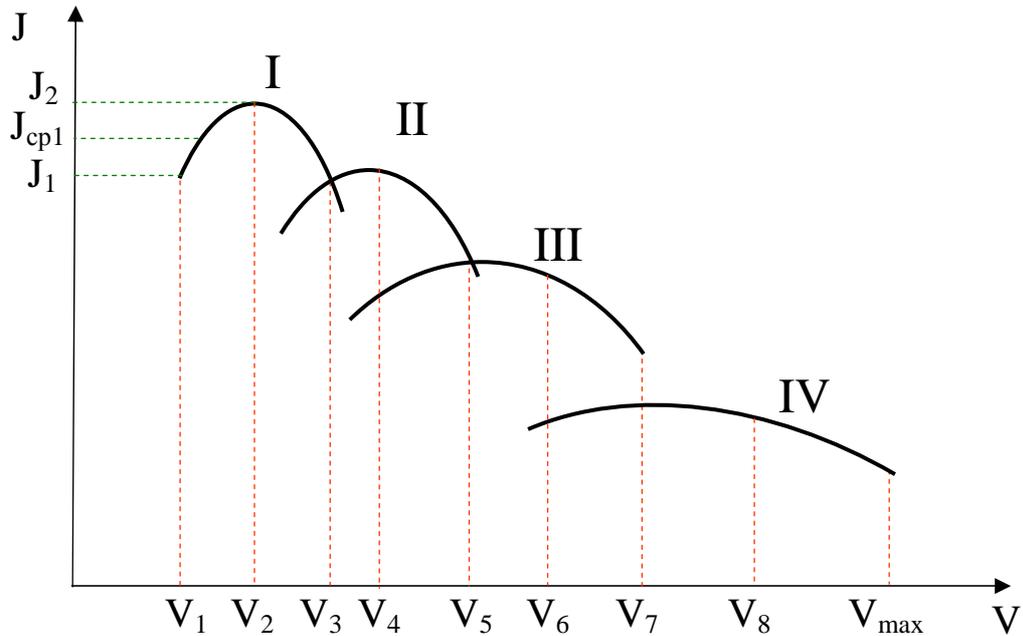


Рисунок 8. График ускорений автомобиля

Затем кривую ускорений разбивают на ряд интервалов скорости, считая, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным средним ускорением. Например, среднее ускорение в интервале скорости от V_1 до V_2

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

Среднее ускорение можно также рассчитать, зная значения скорости в начале и в конце интервала. Так, например, при изменении скорости от V_1 до V_2 среднее ускорение будет равно:

$$j_{cp1} = \frac{V_2 - V_1}{t_1} = \frac{\Delta V_1}{t_1}$$

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 $V_2 - V_3$

$$j_{\text{ср2}} = 0,5 \cdot (j_2 + j_3) \quad \text{и} \quad j_{\text{ср2}} = \frac{V_3 - V_2}{t_2} = \frac{\Delta V_2}{t_2}.$$

Тогда время разгона от V_2 до V_3

$$t_2 = \frac{\Delta V_2}{j_{\text{ср2}}}.$$

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 . 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 9.

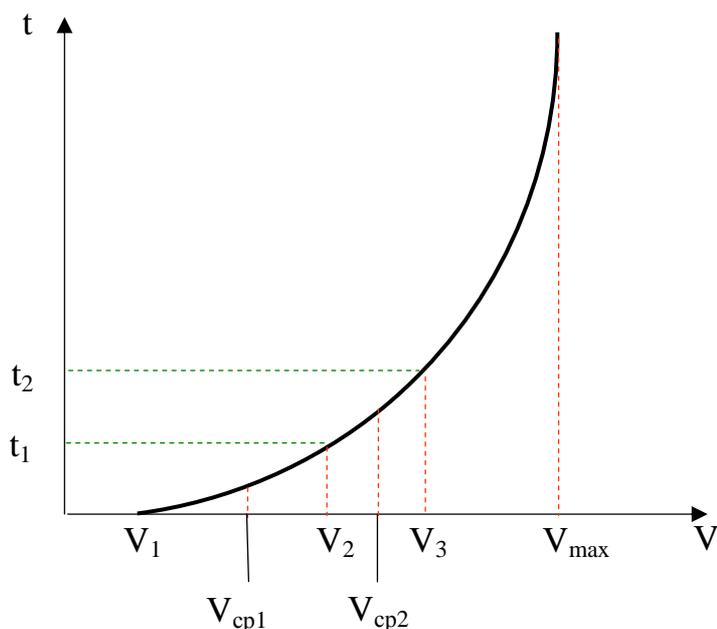


Рис. 9. График времени разгона автомобиля

По мере приближения скорости к максимальной ускорение автомобиля стремится к нулю и разгон становится неощутимым уже при скорости $V = (0,9-0,95) V_{\text{max}}$. 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 $V=100$ км/ч.

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

$$V = \frac{dS}{dt}, \quad \text{а значит} \quad dS = V \cdot dt,$$

и, следовательно, за время t_1 путь разгона определится как:

$$S = V \cdot \int_0^{t_1} dt$$

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 будет равна:

$$V_{\text{ср1}} = 0,5 \cdot (V_1 + V_2).$$

Тогда путь разгона от скорости V_1 до скорости V_2 за время t_1 будет равен:

$$S_1 = V_{\text{ср1}} \cdot t_1.$$

Аналогично для интервала скорости от V_2 до V_3

$$V_{\text{ср2}} = 0,5 \cdot (V_2 + V_3) \quad \text{и} \quad S_2 = V_{\text{ср2}} \cdot t_2.$$

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 10).

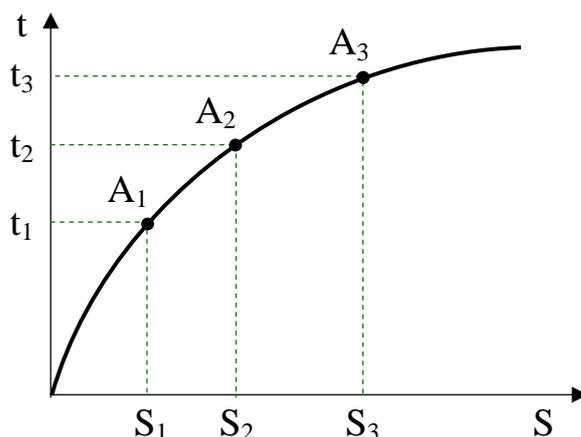


Рисунок 10. График интенсивности разгона автомобиля

4.6. Время и путь обгона

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.

4.6.1. Обгон с постоянной скоростью

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

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.

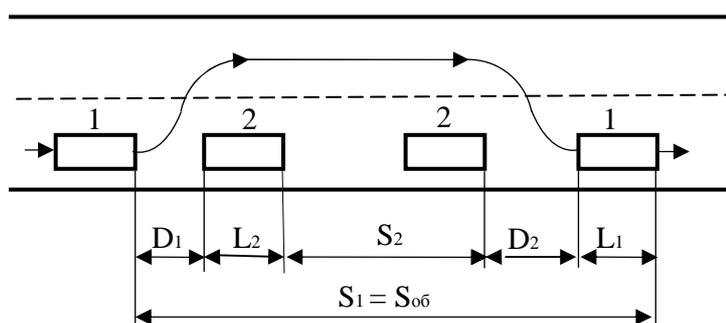


Рисунок 11. Схема обгона автомобиля

Как следует из схемы обгона, путь обгона будет составлять

$$S_{об.} = D_1 + L_2 + S_2 + D_2 + L_1 \quad \text{или} \quad S_{об.} = S_1 = V_1 \cdot t_{об.},$$

где D_1 и D_2 – дистанции безопасности между обгоняемым и обгоняющим автомобилями в начале и в конце обгона, м; L_1 и L_2 – габаритные длины обгоняемого и обгоняющего автомобилей, м; S_2 – путь обгоняемого автомобиля за время обгона, м.

Приравняв выражения для определения пути обгона, с учетом того, что путь обгоняемого автомобиля равен $S_2 = V_2 \cdot t_{об.}$, получим:

$$D_1 + L_2 + V_2 \cdot t_{об.} + D_2 + L_1 = V_1 \cdot t_{об.}$$

Отсюда время обгона
$$t_{об.} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{V_1 - V_2}$$

Тогда путь обгона
$$S_{об.} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{V_1 - V_2} \cdot V_1.$$

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 дистанция 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:

$$D_1 = a_{об} \cdot V_1^2 + 4,0, \text{ м},$$

$$D_2 = b_{об} \cdot V_2^2 + 4,0, \text{ м},$$

где: $a_{об}$ и $b_{об}$ – эмпирические коэффициенты, зависящие от типа обгоняемого автомобиля.

Таблица 4. Значения коэффициентов $a_{об}$ и $b_{об}$

Тип автомобиля	$a_{об}$	$b_{об}$
легковые	0,33	0,26
грузовые средней грузоподъемности	0,53	0,48
грузовые 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 12, на которой изображены зависимости между временем и перемещением автомобилей.

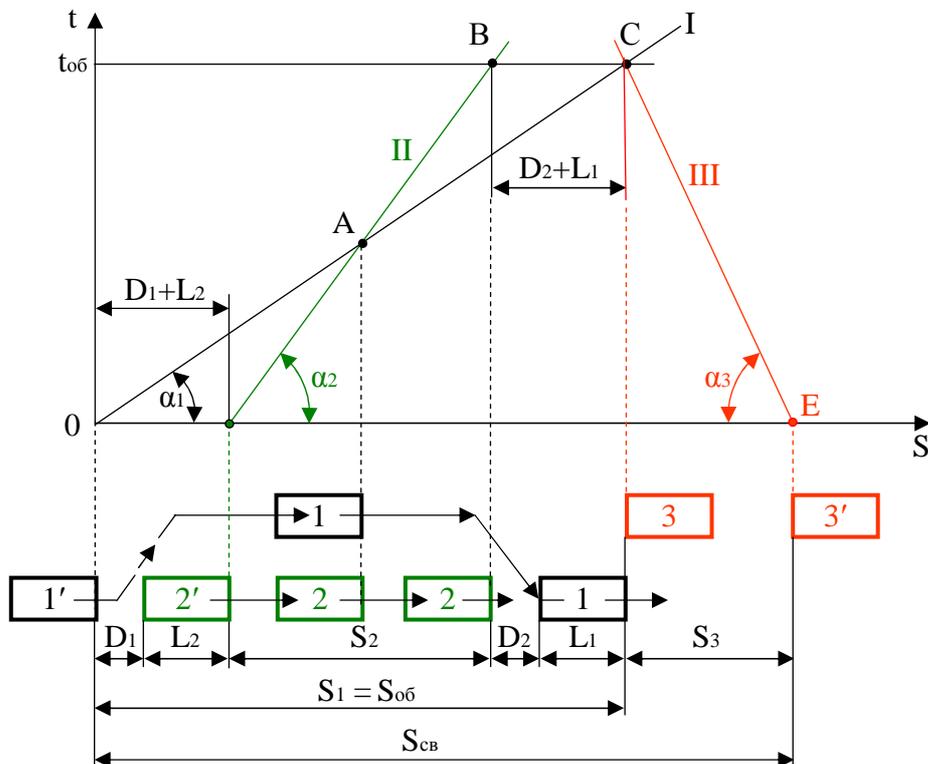


Рисунок 12. Схема и график обгона

Положение обгоняющего, обгоняемого и встречного автомобилей в начальный момент времени отмечены в нижней части схемы соответственно цифрами 1', 2' и 3'. Движение их считаем равномерным и соответствующим зависимости $S = S(t)$, которые представляют собой прямые линии I, II и III. 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 А, пересечения прямых I и II, характеризует момент обгона, когда оба автомобиля поравнялись, после чего обгоняющий автомобиль начинает выходить вперед. Чтобы определить минимально необходимое время и путь обгона, нужно найти на графике такие две точки В и С на линиях I и II, расстояние между которыми по горизонтали было бы равно сумме $D_2 + L_1$. Тогда абсцисса точки С определит путь обгона $S_{об}$, а ордината – время обгона $t_{об}$.

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:

$$S_{св} = S_{об} + S_3 = S_{об} + V_3 \cdot t_{об} = S_{об} + V_3 \cdot \frac{S_{об}}{V_1} = S_{об} \cdot \left(1 + \frac{V_3}{V_1}\right) = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{V_1 - V_2} \cdot V_1 \cdot \frac{V_1 + V_3}{V_1}.$$

Окончательно

$$S_{св} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{V_1 - V_2} \cdot (V_1 + V_3).$$

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 значение $S_{об}$, $t_{об}$ и $S_{св}$, необходимые для безопасного обгона.

4.6.2. Обгон 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 медленно движущийся, уменьшает скорость и движется позади его. 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, представленном на рисунке 13.

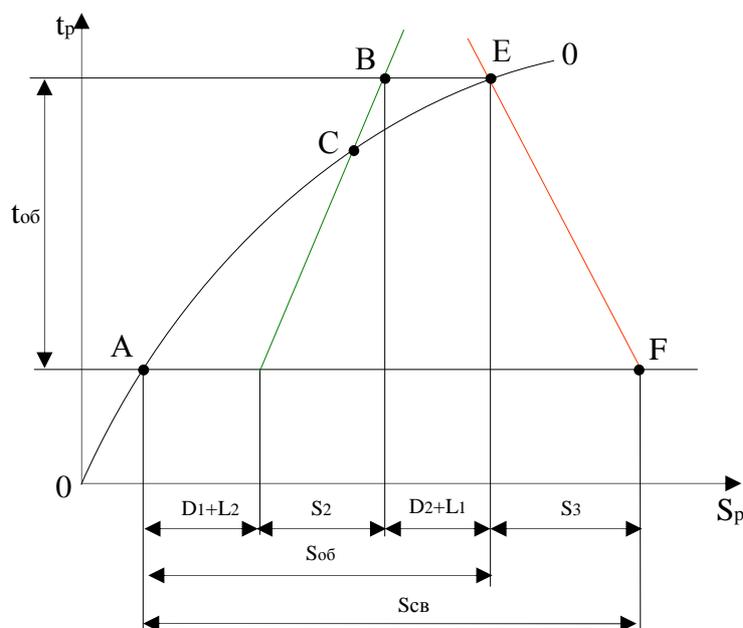


Рисунок 13. График обгона при ускоренном движении обгоняющего автомобиля

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 и E , расстояние между которыми по горизонтали было равно сумме D_2+L_1 .

Зная положение начальной и конечной точки 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 .

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 будет равен:

$$S_{об} = S_1 = V_2 \cdot t_{об} + j \cdot t_{об}^2 / 2$$

С другой стороны
$$S_{об} = D_1 + D_2 + L_1 + L_2 + V_2 \cdot t_{об}$$

Тогда время обгона определится как
$$t_{об} = \sqrt{\frac{2 \cdot (D_1 + D_2 + L_1 + L_2)}{j}}$$
.

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, 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.

4.7. Влияние технического состояния автомобиля на тяговую динамику

Выясним сначала, что такое 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, прежде всего, сказывается 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, 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. Тоже 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 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.

4.8. 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 идет в направлении повышения их литровой мощности, уменьшения 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 и некоторые двигатели 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, что не позволяет оптимизировать процесс смесеобразования. 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.

Улучшение 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 R_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.

5. ТОРМОЗНАЯ ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ

5.1. Значение тормозной динамики для безопасности движения.

Требования к тормозным системам

Во время движения водитель постоянно изменяет скорость автомобиля в соответствии 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 – двигатель. 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.

Полностью удовлетворить все эти требования весьма затруднительно, хотя работа над совершенствованием конструкций тормозных механизмов и тормозного привода постоянно ведется.

5.2. Силы, действующие на автомобиль при торможении

Рассмотрим силы, действующие на автомобиль при торможении (рисунок 14), приняв допущение, что сопротивление дороги и воздуха отсутствуют, а коэффициент учета вращающихся масс равен 1.

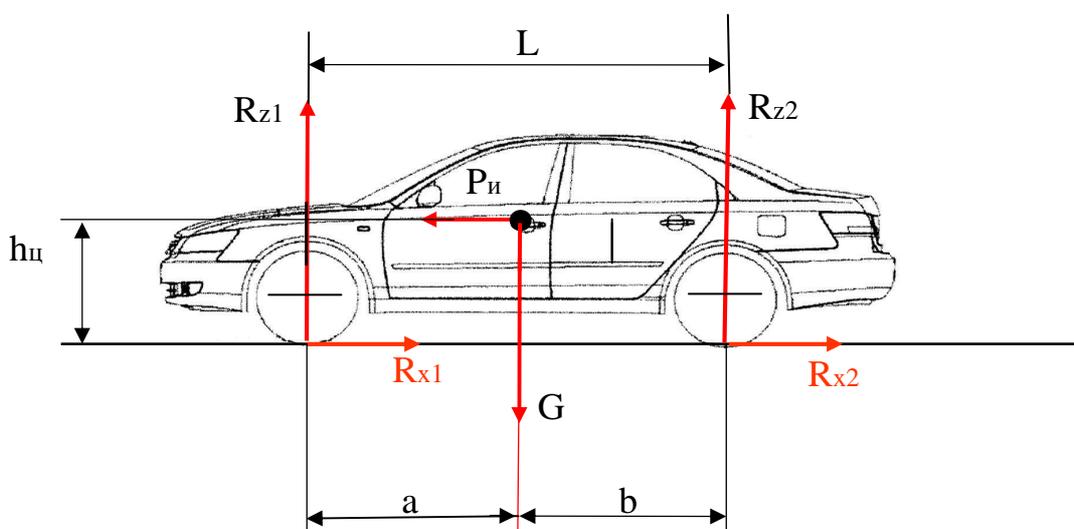


Рисунок 14. Силы, действующие на автомобиль при торможении

На рисунке обозначено:

a , b и $h_{ц}$ – расстояние от центра тяжести автомобиля соответственно до передней и задней осей и до поверхности дороги, м; L – база автомобиля, м; R_{x1} , R_{x2} , R_{z1} , R_{z2} – соответственно касательные и вертикальные реакции дороги на колеса передней и задней осей, Н; $P_{и}$ – сила инерции автомобиля, Н.

При принятых допущениях согласно условиям равновесия можно записать:

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

где M_a – масса автомобиля, кг; j_3 – замедление автомобиля при торможении, м/с²; G – вес автомобиля, Н; g – ускорение свободного падения, м/с².

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

$$R_{x1max} = P_{сц1} = R_{z1} \cdot \varphi_x; \quad R_{x2max} = P_{сц2} = R_{z2} \cdot \varphi_x,$$

где φ_x – коэффициент сцепления шин с дорогой.

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

$$R_{z1} \cdot L - P_{и} \cdot h_{ц} - G \cdot b = 0; \quad -R_{z2} \cdot L - P_{и} \cdot h_{ц} + G \cdot a = 0.$$

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

$$R_{z1} = \frac{G \cdot b + P_{и} \cdot h_{ц}}{L}; \quad R_{z2} = \frac{G \cdot a - P_{и} \cdot h_{ц}}{L},$$

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

Максимальное значение касательных реакций или сил сцепления определится как

$$P_{сц1} = R_{x1max} = R_{z1} \cdot \varphi_x = \frac{G \cdot b + P_{и} \cdot h_{ц}}{L} \cdot \varphi_x; \quad P_{сц2} = R_{x2max} = R_{z2} \cdot \varphi_x = \frac{G \cdot a - P_{и} \cdot h_{ц}}{L} \cdot \varphi_x.$$

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

$$\frac{R_{x1}}{R_{x2}} = \frac{(G \cdot b + P_{и} \cdot h_{ц}) \cdot \varphi_x}{(G \cdot a - P_{и} \cdot h_{ц}) \cdot \varphi_x} = \frac{G \cdot b + \frac{G}{g} \cdot j_3 \cdot h_{ц}}{G \cdot a - \frac{G}{g} \cdot j_3 \cdot h_{ц}} = \frac{b \cdot g + h_{ц} \cdot j_3}{a \cdot g - h_{ц} \cdot j_3}.$$

Как было указано выше $P_{и} = M_a \cdot j_3 = \frac{G}{g} \cdot j_3 = R_{x1} + R_{x2}$,

но при максимальном использовании сцепления шин с дорогой

$$R_{x1max} + R_{x2max} = (R_{z1} + R_{z2}) \cdot \varphi_x = G \cdot \varphi_x.$$

Максимально возможное замедление по условию сцепления шин с дорогой будет равно:

$$j_3 = \frac{R_{x1max} + R_{x2max}}{G} \cdot g = \frac{G \cdot \varphi_x}{G} \cdot g = g \cdot \varphi_x$$

Тогда окончательно при максимально возможном замедлении

$$\frac{R_{x1}}{R_{x2}} = \frac{b + h_{ц} \cdot \varphi_x}{a - h_{ц} \cdot \varphi_x}$$

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 оси блокируются не одновременно. Этот недостаток устраняют путем применения регуляторов давления и антиблокировочных устройств, которые мы рассмотрим позже.

5.3. Процесс торможения автомобиля

Водитель, увидев препятствие, оценивает дорожную обстановку, принимает решение о торможении и переносит ногу с педали подачи топлива на педаль тормоза. Время этих действий водителя – время реакции t_p – находится в пределах 0,3-2,5 с. Оно зависит от квалификации водителя, его возраста, 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 . Оно зависит от конструкции и технического состояния тормозного привода и составляет в среднем от 0,2-0,3 с для гидравлического до 0,6-0,8 с для пневматического привода. У автопоездов с пневматическим приводом тормозов t_c может достигать 2-3 с. В течение времени $t_p + t_c$ автомобиль продолжает двигаться равномерно с начальной скоростью V_0 . В конце этого периода возникают тормозные силы, вызывающие замедление автомобиля.

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

$$R_{x1} = M_{\text{торм1}}/r, \quad R_{x2} = M_{\text{торм2}}/r,$$

где $M_{\text{торм1}}$ и $M_{\text{торм2}}$ – тормозные моменты на колесах переднего и заднего мостов.

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:

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

где K_1 и K_2 – скорости нарастания тормозных сил; для гидросистем $K = 15-30$ кН/с; для пневмосистем $K = 25-100$ 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 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.

Изменение касательных реакций R_{x1} и R_{x2} во времени показано на графике, представленном на рисунке 15.

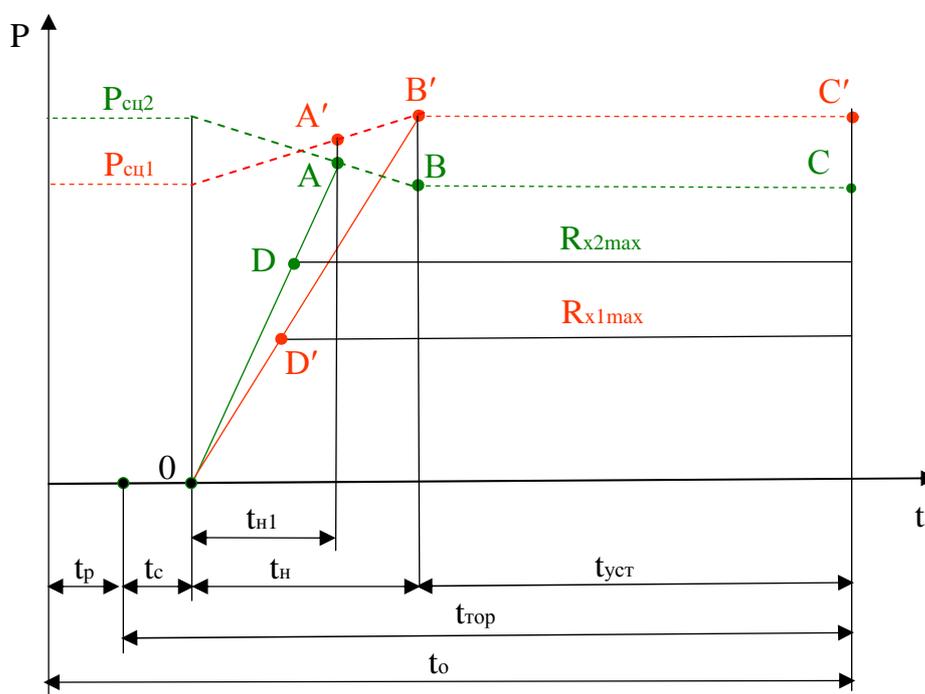


Рисунок 15. График изменения тормозных сил

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

Сила инерции в начальный период торможения

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

Тогда силы сцепления в этот период

$$P_{сц1} = \frac{G \cdot b + (K_1 + K_2) \cdot t \cdot h_{и}}{L} \cdot \varphi_x ;$$

$$P_{сц2} = \frac{G \cdot a - (K_1 + K_2) \cdot t \cdot h_{и}}{L} \cdot \varphi_x$$

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 показана рисунке штриховыми линиями.

За время $t_{н1}$ касательная реакция на колесах одной из осей (для грузовых автомобилей чаще всего задней) достигает предельного значения по условиям сцепления с дорогой, и они блокируются (точка А).

Сила инерции автомобиля после блокировки задних колес будет

$$P_{и} = P_{сц2} + K_1 \cdot t$$

Подставим это значение $P_{и}$ в формулу для определения $R_{сц2}$

$$P_{сц2} = \frac{G \cdot a - (P_{сц2} + K_1 \cdot t) \cdot h_{и}}{L} \cdot \varphi_x$$

Решив это уравнение относительно $P_{сц2}$, получим

$$P_{сц2} = \frac{G \cdot a - K_1 \cdot h_{и} \cdot t}{L + h_{и} \cdot \varphi_x} \cdot \varphi_x$$

Таким образом, касательная реакция R_{x2} (участок АВ) уже не зависит от тормозного момента. Водитель может прикладывать к тормозной педали сколь угодно большое усилие все равно R_{x2} будет равна силе сцепления $P_{сц2}$ и будет уменьшаться.

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 для определения $P_{сц1}$

$$\begin{aligned} P_{сц1} &= \frac{G \cdot b + \left(\frac{G \cdot a - K_1 \cdot h_{и} \cdot t}{L + \varphi_x \cdot h_{и}} \cdot \varphi_x + K_1 \cdot t \right) \cdot h_{и}}{L} \cdot \varphi_x = \\ &= \frac{G \cdot b + \frac{(G \cdot a - K_1 \cdot h_{и} \cdot \varphi_x + K_1 \cdot t \cdot L + K_1 \cdot t \cdot \varphi_x \cdot h_{и}) \cdot h_{и}}{L + \varphi_x \cdot h_{и}}}{L} \cdot \varphi_x = \\ &= \frac{G \cdot b \cdot L + G \cdot b \cdot \varphi_x \cdot h_{и} + G \cdot a \cdot \varphi_x \cdot h_{и} + K_1 \cdot t \cdot L \cdot h_{и}}{L \cdot (L + \varphi_x \cdot h_{и})} \cdot \varphi_x = \end{aligned}$$

$$= \frac{G \cdot b \cdot L + G \cdot \varphi_x \cdot h_{ц} \cdot (a + b) + K_1 \cdot t \cdot L \cdot h_{ц}}{L \cdot (L + \varphi_x \cdot h_{ц})} \cdot \varphi_x,$$

или окончательно

$$P_{сц1} = \frac{G \cdot (b + h_{ц} \cdot \varphi_x) + K_1 \cdot h_{ц} \cdot t}{L + h_{ц} \cdot \varphi_x} \cdot \varphi_x.$$

Таким образом, после блокировки колес задней оси автомобиля сила сцепления передних колес с дорогой $P_{сц1}$ продолжает расти.

Спустя время t_n блокируются и колеса передней оси автомобиля, т.к. предельного значения по условиям сцепления достигает сила R_{x1} (точка В').

После этого касательные реакции на колесах обеих осей автомобиля становятся равными силам сцепления (участки ВС и В'С'), т.е. достигают максимальных значений, и суммарная сила сцепления всех колес, в третьем заключительном периоде торможения будет равна:

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

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

Закон изменения касательных реакций на колесах передней оси в процессе торможения характеризуется линией ОВ'С', а на колесах задней оси – линией ОАВС.

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 D и D', 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 массы неподрессоренных частей автомобиля, что приводит к ухудшению плавности хода. Поэтому максимальные значения касательных реакций 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.

5.4. Замедление, время и путь торможения автомобиля

Измерителями тормозной динамики являются замедление, время и путь торможения, а оценочными показателями являются замедление за период полного торможения (установившегося замедления) и путь автомобиля от начала воздействия водителя на орган управления до полной остановки, т.е. за время $t_c + t_n + t_{уст}$, где t_c – время срабатывания тормозной системы; t_n – время нарастания замедления; $t_{уст}$ – интервал времени, в котором замедление постоянно. 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 времени

$$R_{x2} = K_2 \cdot t_{н1},$$

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

$$P_{сц2} = \frac{G \cdot a - K_1 \cdot t_{н1} \cdot h_{ц}}{L + \varphi_{ч} \cdot h_{ц}} \cdot \varphi_x,$$

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

$$K_2 \cdot t_{н1} = \frac{G \cdot a - K_1 \cdot t_{н1} \cdot h_{ц}}{L + \varphi_{ч} \cdot h_{ц}} \cdot \varphi_x,$$

откуда
$$t_{н1} = \frac{G \cdot a \cdot \varphi_x}{L \cdot K_2 + (K_1 + K_2) \cdot h_{ц} \cdot \varphi_x}$$

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

$$P_{и} = M_a \cdot j_3 = (K_1 + K_2) \cdot t_{н1},$$

откуда
$$j_3 = \frac{K_1 + K_2}{M_a} \cdot t_{н1} = \bar{\sigma}_T \cdot t_{н1} = \frac{dV}{dt}, \text{ где } \bar{\sigma}_T = \frac{K_1 + K_2}{M_a}$$

Выразим dV из формулы для получения j_3'

$$dV = \bar{b}_T \cdot t_{H1} \cdot dt$$

Проинтегрировав это выражение, получаем значение скорости V_1 в конце первого периода

$$V_1 = V_0 - \frac{\bar{b}_T \cdot t_{H1}^2}{2},$$

где V_0 – начальная скорость автомобиля.

Проинтегрировав полученное выражение, получаем значение пути S_1 , проходимого автомобилем за время первого периода t_{H1}

$$S_1 = V_0 \cdot t_{H1} - \frac{\bar{b}_T \cdot t_{H1}^3}{6},$$

В большинстве случаев последним числом в уравнении пути пренебрегают, тогда

$$S_1 \approx V_0 \cdot t_{H1}$$

Продолжительность периода t_H находим из условия равенства касательной реакции R_{x1} на колесах передней оси силе сцепления $P_{сц1}$ в конце этого периода

$$R_{x1} = K_1 \cdot t_H \quad \text{и} \quad P_{сц1} = \frac{G \cdot (b + h_{ц} \cdot \varphi_x) + K_1 \cdot h_{ц} \cdot t_H}{L + h_{ц} \cdot \varphi_x} \cdot \varphi_x.$$

Решая совместно эти уравнения, получаем

$$\frac{G \cdot (b + h_{ц} \cdot \varphi_x) + K_1 \cdot h_{ц} \cdot t_H}{L + h_{ц} \cdot \varphi_x} \cdot \varphi_x = K_1 \cdot t_H$$

или
$$G \cdot (b + h_{ц} \cdot \varphi_x) \cdot \varphi_x + K_1 \cdot h_{ц} \cdot t_H \cdot \varphi_x = K_1 \cdot t_H \cdot L + K_1 \cdot t_H \cdot h_{ц} \cdot \varphi_x,$$

отсюда

$$t_H = \frac{G \cdot (b + h_{ц} \cdot \varphi_x)}{K_1 \cdot L} \cdot \varphi_x.$$

После блокировки колес задней оси сила инерции автомобиля равна

$$P_{и} = P_{сц2} + K_1 \cdot t_H = \frac{(G \cdot a - K_1 \cdot t_H \cdot h_{ц}) \cdot \varphi_x}{L + h_{ц} \cdot \varphi_x} + K_1 \cdot t_H = j_3'' \cdot M,$$

тогда замедление в период времени t_H будет равно:

$$j_3'' = \left(\frac{G \cdot a \cdot \varphi_x - K_1 \cdot h_{ц} \cdot \varphi_x \cdot t}{L + h_{ц} \cdot \varphi_x} + K_1 \cdot t_H \right) \cdot / \cdot M, \text{ или}$$

$$j_3'' = \frac{G \cdot a \cdot \varphi_x - K_1 \cdot h_{ц} \cdot \varphi_x \cdot t_H + K_1 \cdot t_H \cdot L + K_1 \cdot h_{ц} \cdot \varphi_x \cdot t_H}{M \cdot (L + h_{ц} \cdot \varphi_x)} = \frac{G \cdot a \cdot \varphi_x}{M \cdot (L + h_{ц} \cdot \varphi_x)} + \frac{K_1 \cdot L}{M \cdot (L + h_{ц} \cdot \varphi_x)} \cdot t_H$$

Обозначив
$$B_T = \frac{G \cdot a \cdot \varphi_x}{M \cdot (L + h_{ц} \cdot \varphi_x)}; \quad \Gamma_T = \frac{K_1 \cdot L}{M \cdot (L + h_{ц} \cdot \varphi_x)},$$

получим

$$j_3'' = v_T + \Gamma_T \cdot t_H,$$

Проинтегрировав дважды выражение $j_3'' = v_T + \Gamma_T \cdot t_H$, получим сначала скорость автомобиля V_2 , а затем путь автомобиля S_2 для момента блокировки колес передней оси.

В заключительном периоде торможения $t_{уст.}$, когда колеса обеих осей заблокированы, сила инерции равна $P_{ин} = G \cdot \varphi_x$, а замедление $j_3''' = g \cdot \varphi_x$, т.к.

$$j_3''' = \frac{P_{ин}}{M_a} = \frac{G \cdot \varphi_x}{M_a} = g \cdot \varphi_x.$$

Значит, при $\varphi_x = \text{const}$ замедление в этот период торможения постоянно, а автомобиль движется равнозамедленно и его скорость равномерно падает, т.е.

$$V_3 = V_2 - j_3''' \cdot t_{уст.}$$

В конце третьего периода скорость автомобиля $V_3=0$ и его продолжительность определится как

$$t_{уст.} = V_2 / j_3''' = V_2 / g \cdot \varphi_x.$$

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

$$t_{тор.} = t_c + t_H + t_{уст.}$$

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

$$t_o = t_p + t_c + t_H + t_{уст.}$$

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

$$\text{Если } v = \frac{ds}{dt}, \text{ а как мы установили выше } dt = \frac{dV}{g \cdot \varphi_x}, \text{ то } ds = V \cdot dt = \frac{V \cdot dV}{g \cdot \varphi_x}$$

$$\text{Интегрируя это выражение, получаем } S_{уст.} = \frac{V_2^2}{2 \cdot g \cdot \varphi_x} = \frac{V_2^2}{2 \cdot j_{уст.}}$$

Тормозной путь автомобиля

$$S_T = S_c + S_H + S_{уст.}$$

где S_c , S_H и $S_{уст.}$ – путь проходимые автомобилем, соответственно за время t_c , t_H и $t_{уст.}$

Остановочный путь автомобиля

$$S_o = S_p + S_c + S_H + S_{уст.}$$

где S_p – путь, пройденный автомобилем за время реакции водителя t_p .

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 конструктивные особенности автомобиля: массу, расположение центра тяжести, базу, скорости нарастания тормозных сил и т.д.

5.5. Путь торможения при заданных значениях t_c , t_n и $t_{уст}$

Если известны значения t_c , t_n , $j_{уст}$, то тормозной путь можно рассчитать так.

Примем допущение, что в течение времени t_n автомобиль движется равнозамедленно с замедлением, равным $0,5j_{уст}$, и найдем скорость V_2 , соответствующую началу замедления:

$$V_2 = V_0 - 0,5 \cdot j_{уст} \cdot t_n$$

Путь автомобиля за время t_n найдем проинтегрировав выражение для получения V_2

$$S_n = V_0 \cdot t_n - 0,25 \cdot j_{уст} \cdot t_n^2 \approx V_0 \cdot t_n$$

Путь автомобиля за время $t_{уст}$ получим

$$S_{уст} = V_2^2 / 2 \cdot j_{уст} = V_0^2 - V_0 \cdot j_{уст} \cdot t_n + 0,25 \cdot j_{уст}^2 \cdot t_n^2 \approx V_0^2 / 2 \cdot j_{уст} - 0,5 \cdot V_0 \cdot t_n \cdot j_{уст}$$

Следовательно, полный тормозной путь

$$S_T = S_c + S_n + S_{уст} = V_0 \cdot (t_c + 0,5 \cdot t_n) + V_0^2 / 2 \cdot j_{уст}$$

Остановочный путь автомобиля

$$S_0 = V_0 \cdot (t_p + t_c + 0,5 \cdot t_n) + V_0^2 / 2 \cdot j_{уст}$$

При полном использовании сцепления с дорогой всеми колесами автомобиля замедление составляет $j_3 = g \varphi_x$ тогда остановочный путь

$$S_0 = V_0 \cdot (t_p + t_c + 0,5 \cdot t_n) + V_0^2 / 2 \cdot g \cdot \varphi_x$$

Как указывалось раньше, у многих автомобилей достичь одновременной блокировки всех колес не удастся как по причинам конструктивного характера, так и вследствие ухудшения эффективности тормозной системы и износа шин в процессе эксплуатации. Поэтому для приближения результатов расчета к реальным данным в формулы вводят поправочный коэффициент K_3 – коэффициент эффективности торможения, значения которого для сухого асфальтового или цементобетонного покрытия ($\varphi_x = 0,7$) приведены в таблице 5.

Таблица 5. Значения коэффициента эффективности торможения K_3 для различных типов автомобилей

Тип автомобиля	Весовое состояние	
	без нагрузки	с полной нагрузкой
Легковые автомобили	1,10 – 1,15	1,15 – 1,20
Грузовые массой до 10 т и автобусы длиной до 7,5 м	1,1 – 1,3	1,5 – 1,6
Грузовые массой более 10 т и автобусы длиннее 7,5 м	1,4 – 1,6	1,6 – 1,8

С учетом коэффициента K_3 формулы для замедления, остановочного времени и пути приобретают следующий вид:

$$j_{\text{уст}} = g \cdot \varphi_x / K_3$$

$$t_0 = t_p + t_c + 0,5 \cdot t_n + K_3 \cdot V_0 / g \cdot \varphi_x$$

$$S_0 = (t_p + t_c + 0,5 \cdot t_n) \cdot V_0 + K_3 \cdot V_0^2 / 2 \cdot g \cdot \varphi_x$$

При низком коэффициенте сцепления φ_x величина тормозных сил у любого автомобиля достаточна для доведения всех его колес до блокировки. Поэтому при $\varphi_x \leq 0,4$ следует принимать $K_3 = 1$ для автомобилей всех типов.

5.5. 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% аварий 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, а также неправильной регулировкой, попаданием масла, тормозной жидкости или воды на поверхности трения, наличием 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 0,5мм 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, возрастание времени срабатывания системы t_c . Так, при движении автомобиля со скоростью 30 км/ч с последующим торможением при зазоре $\Delta_3 = 0,25$ мм время t_c составляет 0,15 – 0,25с, а при зазоре $\Delta_3 = 0,5$ мм оно увеличивается до 0,4 – 0,45с. 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 0,5МПа до 0,3МПа у грузового автомобиля, движущегося со скоростью 30 км/ч, тормозной путь увеличивается почти вдвое.

Замасливание фрикционных накладок может уменьшить замедление и увеличить тормозной путь 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 тормозной системы, непосредственно не влияющие на показатели тормозной динамики, сказываются на работоспособности узлов и деталей тормозной системы, уменьшая ее надежность. Так, износ

цилиндропоршневой группы компрессора вызывает попадание масла в тормозную систему, а неправильная регулировка регулятора давления – работе системы с повышенным давлением. Обе неисправности ведут к ускоренному износу резиновых элементов (шлангов, диафрагм тормозных камер), вызывая их внезапные разрывы, ведущие к ДТП.

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

5.6. 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 с дорогой всех колес, 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, автоматически уменьшающие давление тормозной жидкости в приводе тормозных механизмов задних колес в зависимости от вертикальной нагрузки.

Ранее мы отмечали, что на путь и время торможения значительное влияние оказывает величина зазора Δ_3 между фрикционной накладкой и тормозным барабаном или диском. Для автоматической регулировки этого зазора в процессе эксплуатации используются специальные устройства в приводе тормозов.

Для облегчения труда водителя и повышения эффективности тормозной системы применяют усилители тормозного привода: вакуумные, гидровакуумные и пневматические.

Вакуумный усилитель устанавливается между тормозной педалью и главным тормозным цилиндром, гидровакуумный усилитель – между главным тормозным цилиндром и тормозной гидравлической магистралью. Принцип их действия одинаков и основан на действии разряжения во впускном трубопроводе двигателя. Оба усилителя имеют корпус, разделенный диафрагмой на две полости. При нажатии на тормозную педаль одна полость соединяется с атмосферой, а вторая – с впускным трубопроводом двигателя. Вследствие различного давления по обе стороны диафрагмы создается

дополнительное усилие, действующее на шток главного тормозного цилиндра. Коэффициент усиления таких усилителей составляет 2 – 2,5.

Пневмоусилитель 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 воздуха из пневмосистемы автомобиля. Водитель ногой только управляет краном подачи воздуха.

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 16.

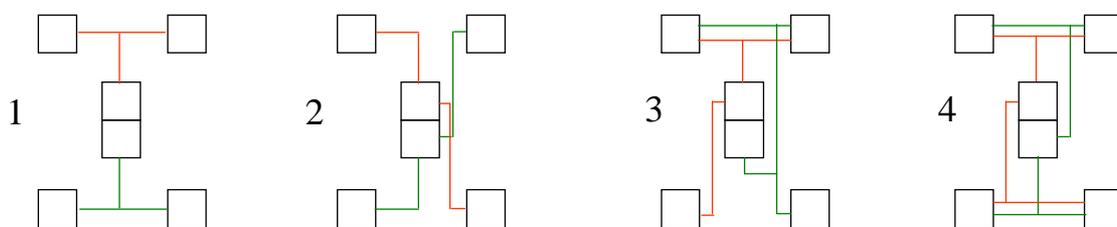


Рисунок 16. Схемы двухконтурных тормозных приводов

При первой схеме один контур приводит в действие тормозные механизмы передних колес, а другой – 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 при 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.

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 устанавливать по две пары рабочих тормозных цилиндров.

Наиболее эффективным с точки зрения улучшения тормозных свойств и повышения безопасности движения является применение антиблокировочных

систем (АБС), автоматически предотвращающих блокировку колес при торможении.

Конструкции АБС разнообразны, но в любой из них используется зависимость коэффициента сцепления φ_x от степени проскальзывания колеса λ , которая определяется по формуле:

$$\lambda = (V_k - \omega_k r) / V_k,$$

где V_k и ω_k – соответственно линейная скорость центра колеса и его угловая скорость.

При $V_k = \omega_k r$ имеет место чистое качение колеса и $\lambda = 0$. При $V_k > \omega_k r$ колесо катится с проскальзыванием и $0 < \lambda < 1$. Если $\omega_k r = 0$, то $\lambda = 1$, колесо движется не вращаясь, возникает его блокировка. При $V_k < \omega_k r$ колесо движется с пробуксовкой и $\lambda < 0$. При $V_k = 0$ колесо вращается, но автомобиль остается на месте и λ стремится к $-\infty$.

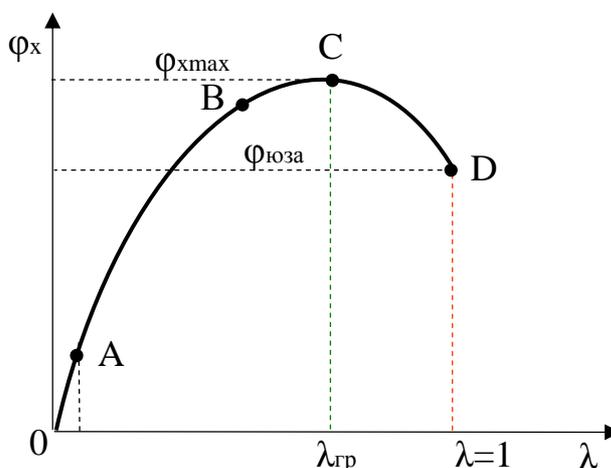


Рисунок 17. Зависимость коэффициента сцепления φ_x от степени проскальзывания колеса λ

На рисунке представлена экспериментальная зависимость $\varphi_x = f(\lambda)$. При отсутствии тормозного момента колесо автомобиля нагружено только силами сопротивления движению, касательная реакция дороги невелика. Соответственно малы касательная деформация шины, коэффициент сцепления φ_x и степень проскальзывания λ (участок ОА). При возникновении тормозного момента возрастает касательная реакция дороги, вызывающая увеличение касательной деформации шины и упругое проскальзывание ее элементов относительно дороги. Коэффициент φ_x в этот период изменяется примерно пропорционально λ (участок АВ), а взаимодействие шины с дорогой определяется в основном трением покоя. Дальнейший рост тормозного момента вызывает прогрессивное увеличение числа скользящих элементов шины в зоне контакта до тех пор, пока φ_x не достигнет максимума (точка С). Максимальный коэффициент φ_{xmax} и граничная степень проскальзывания $\lambda_{гр}$ соответствуют наиболее эффективному режиму торможения. При дальнейшем увеличении тормозного момента по дороге скользит почти вся зона контакта и,

поскольку трение скольжения меньше трения покоя, касательная реакция дороги уменьшается в связи с уменьшением φ_x . Это снижает эффективность торможения, приводя в итоге к блокировке колеса, при которой степень проскальзывания $\lambda=1$, а коэффициент сцепления $\varphi_x = \varphi_{\text{юза}}$ (точка D). Коэффициент сцепления $\varphi_{\text{юза}}$ после блокировки колеса меньше $\varphi_{x \text{ max}}$ при движении автомобиля по сухому покрытию на 10-15%, а по мокрому – на 20-30%.

Основным назначением АБС, которые входят в штатную комплектацию большинства современных автомобилей, является регулирование тормозного момента, при котором степень проскальзывания колеса была бы близка к $\lambda_{\text{тр.}}$, 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.

Современные автомобили, кроме АБС, оснащаются рядом различных систем, помогающих водителю безопасно управлять автомобилем.

EBD (Electronic Brake Distribution) – система распределения тормозных усилий. В этой системе электроника не только контролирует вращение каждого колеса, не допуская полной его блокировки, но и распределяет тормозные силы таким образом, чтобы исключить влияние заторможенных колес на способность автомобиля «держаться на дороге». Особенно ярко проявляются возможности этой системы при торможении в повороте или на разнородном покрытии, когда под одними колесами – относительно чистый асфальт, а под другими – лед. В такой ситуации обычный автомобиль начнет разворачиваться или бросит в сторону. Система EBD позволяет стабилизировать начавшееся вращение автомобиля.

ESP (Electronic Stability Program) – электронная система динамической стабилизации. Такая система может также называться ECS, VDS, DSC или DSTC. Данная система призвана бороться с возможными срывами в занос автомобиля при маневрировании в сложных погодных условиях на высокой скорости. Принцип работы основан на создании противодействующего поворачивающего момента за счет выборочного подтормаживания колес на дуге поворота. Электроника может также нейтрализовать такие опасные факторы, как чрезмерно резкий поворот рулевого колеса в аварийной ситуации, слишком высокая скорость входа в поворот или при их комбинации.

5.6. Незавершенный обгон, его путь и время

Изучая тяговую динамику автомобиля, мы рассматривали процесс обгона, когда обгоняющий автомобиль возвращался на свою полосу движения впереди обгоняемого. В практике часто встречаются случаи, когда водителю, начавшему обгон, не удается его закончить из-за внезапного появления препятствия либо из-за неверного первоначального расчета. При этом водитель должен уменьшить скорость и возвратиться на прежнюю полосу движения позади автомобиля, которого он намеревался обогнать. Такой обгон называется

незавершенным. Рассмотрим схему такого обгона, представленную на рисунке 18.

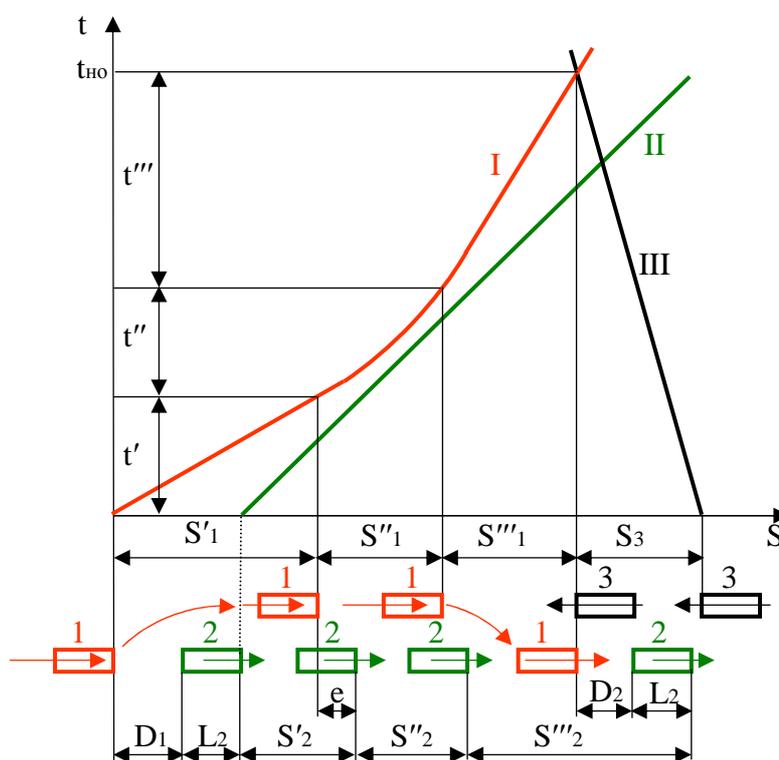


Рисунок 18. Схема незавершенного обгона

Вначале незавершенного обгона (время t') обгоняющий автомобиль, двигаясь со скоростью V_1 , выезжает на встречную полосу движения. Затем, решив отказаться от обгона, водитель этого автомобиля снижает скорость до скорости V_1' , меньшей скорости обгоняемого автомобиля V_2 и ведя автомобиль с этой скоростью, пропускает вперед обгоняемый автомобиль и возвращается на прежнюю полосу движения (время t''). Возможность выполнения такого маневра зависит как от тяговой, так и от тормозной динамики автомобиля.

Перемещение обгоняющего автомобиля на первом этапе обгона

$$S_1' = V \cdot t' = D_1 + L_2 + S_2' - e,$$

где S_2' – перемещение обгоняемого автомобиля на первом этапе, т.е. за время t' ; e – расстояние между передними частями обгоняющего и обгоняемого автомобилей в момент окончания первого этапа. Если обгоняющий автомобиль не опередил обгоняемый, то « e » имеет знак «минус», если опередил то – знак «плюс».

Перемещение обгоняемого автомобиля на первом этапе

$$S_2' = V_2 \cdot t'$$

Следовательно, время первого этапа можно получить, подставив значение S_2' в выражение для получения S_1'

$$t' = \frac{D_1 + L_2 - e}{V_1 - V_2}$$

Скорость обгоняющего автомобиля в конце второго этапа V_1' , определим, считая, что обгоняющий автомобиль движется при торможении равнозамедленно с постоянным замедлением j_3

$$V_1' = V_1 - j_3 \cdot t''$$

отсюда
$$t'' = \frac{V_1 - V_1'}{j_3}$$

Перемещение обгоняющего автомобиля в течение второго этапа обгона

$$S_1'' = V_1 \cdot t'' - 0,5 \cdot j_3 \cdot (t'')^2$$

Время t_1''' , необходимое для возвращения обгоняющего автомобиля на свою полосу движения, и путь его при этом S_1''' находим из следующих соображений.

В соответствии со схемой незавершенного обгона можно записать

$$S_1'' + S_1''' + L_2 + D_2 = S_2'' + S_2''' + e$$

Поскольку $S_1''' = V_1' \cdot t'''$ и $S_2''' = V_2 \cdot t'''$

$$S_1'' + V_1' \cdot t''' + L_2 + D_2 = S_2'' + V_2 \cdot t''' + e,$$

отсюда
$$t''' = \frac{S_1'' + L_2 + D_2 - e - S_2''}{V_2 - V_1'}$$

Путь обгоняющего автомобиля за время t'''

$$S_1''' = \frac{S_1'' + L_2 + D_2 - e - S_2''}{V_2 - V_1'} \cdot V_1'$$

Зная время и путь движения обгоняющего автомобиля на каждом этапе, находим путь и время незавершенного обгона

$$S_{\text{н.о.}} = S_1' + S_1'' + S_1''' \text{ и } t_{\text{н.о.}} = t' + t'' + t'''$$

Для того чтобы водитель, убедившись в опасности начатого обгона, успел его прервать и своевременно вернуться на прежнюю полосу движения необходимо, чтобы в момент начала обгона расстояние до встречного автомобиля, движущегося со скоростью V_3 , было

$$S_{\text{св}} \geq S_{\text{н.о.}} + V_3 \cdot t_{\text{н.о.}}$$

6. УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

6.1. 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_3 и началу опрокидывания $V_{опр.}$.

Потеря поперечной устойчивости при прямолинейном движении может наступить, если автомобиль движется по косоугору, т. е. по дороге с поперечным уклоном. В этом случае показателями поперечной устойчивости являются максимальный (критический) угол косоугора, соответствующий началу поперечного скольжения колес β_3 и максимальный (критический) угол косоугора, 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.

6.2. Курсовая устойчивость автомобиля

Нарушение курсовой устойчивости при прямолинейном движении автомобиля может быть из-за 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 отсутствия буксования для заднеприводного автомобиля $P_T \leq P_{сц2}$.

Сила тяги при ускоренном движении

$$P_T = G \cdot \left(f + \sin \alpha + \frac{D_{\text{вп}} \cdot j}{g} \right) + W_B V^2.$$

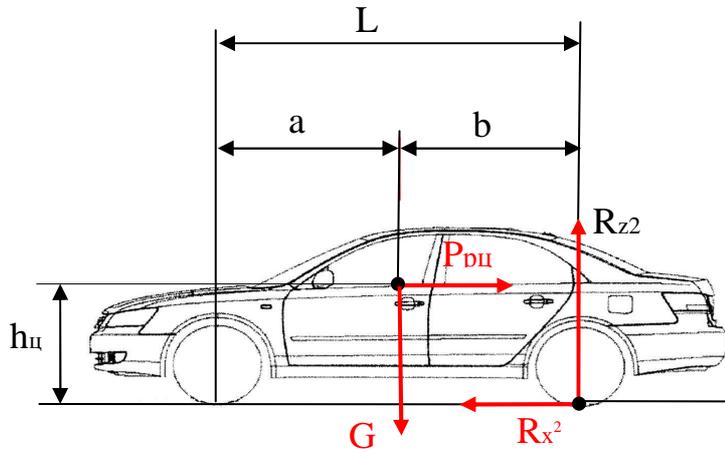


Рисунок 19. Силы, действующие на автомобиль при разгоне

Как видно из рисунка 19, при разгоне сила инерции автомобиля уравнивается касательной реакцией на ведущих колесах

$$P_{\text{и}} = R_{x2} = R_{z2} \cdot \varphi_x,$$

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

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

Тогда сила сцепления будет $P_{\text{сц2}} = \frac{G \cdot a \cdot \varphi_x}{L - \varphi_x \cdot h_{\text{ц}}}.$

Приравняв силу сцепления и силу тяги, получим

$$G \cdot \left(f + \sin \alpha + \frac{D_{\text{вп}} \cdot j}{g} \right) + W_B \cdot V^2 = \frac{G \cdot a \cdot \varphi_x}{L - \varphi_x \cdot h_{\text{ц}}}$$

Отсюда максимально допустимая скорость прямолинейного движения автомобиля без пробуксовки ведущих колес

$$V_{\text{букс.}} = \sqrt{\frac{G}{W_B} \left(\frac{a \cdot \varphi_x}{L - \varphi_x \cdot h_{\text{ц}}} - f - \sin \alpha - \frac{D_{\text{вп}} \cdot j}{g} \right)}$$

Из полученного выражения видно, что $V_{\text{букс.}}$ уменьшается при уменьшении коэффициента сцепления φ_x и 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 $V_{\text{букс}}$. 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 $V_{\text{букс}}$. 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 аварии, только в результате неправильных или несвоевременных действий водителя.

6.3. 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.

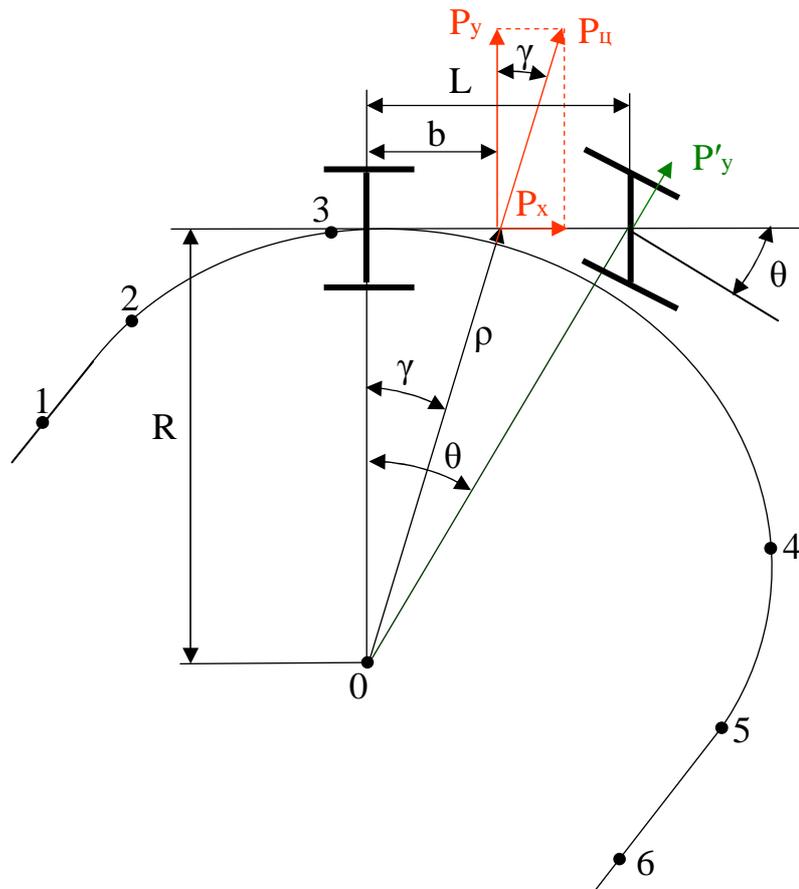


Рисунок 20. Схема криволинейного движения автомобиля

Из рисунка 20 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 δ , 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.

Из приведенной схемы радиус поворота автомобиля определится как

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg} \delta}$$

При углах поворота управляемых колес $\delta \leq 20^\circ$ можно записать $R = \frac{L}{\delta}$

При равномерном движении по дуге постоянного радиуса центробежная сила

$$P_{\text{ц}} = M \cdot \omega^2 \cdot c,$$

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

С учетом того, что

$$\omega = V/R \text{ и } c = R \cdot \cos \gamma,$$

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

$$P_{\text{ц}} = M \cdot V^2 / R \cdot \cos \gamma,$$

а ее поперечная составляющая $P_y = P_{\text{ц}} \cdot \cos \gamma = \frac{M \cdot V^2}{R} = M \cdot V^2 \cdot \frac{\delta}{L}$

В этих формулах γ – угол между радиусом c 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 и пропорциональна скорости автомобиля и угловой скорости поворота управляемых колес $\omega_{\text{у.к.}}$

$$P'_y = M_1 \cdot V \cdot \omega_{\text{у.к.}} = \frac{M \cdot V \cdot b \cdot \omega_{\text{у.к.}}}{L}$$

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

$$P_{\text{сум.}} = P_y + P'_y = \frac{M \cdot (V^2 \cdot \delta \pm V \cdot b \cdot \omega_{\text{у.к.}})}{L}.$$

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

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

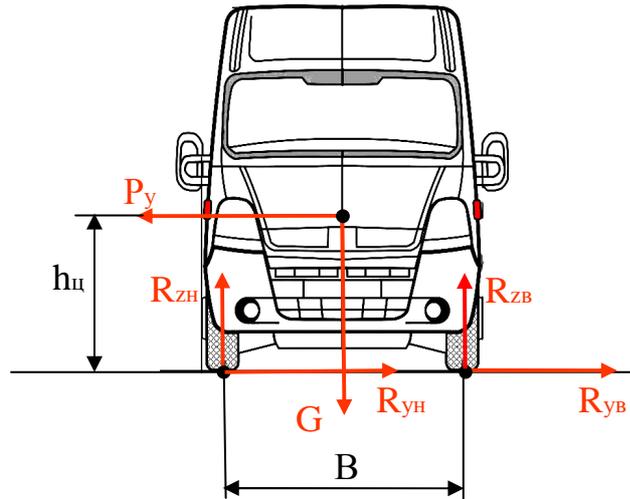


Рисунок 21. Схема сил, действующих на автомобиль при криволинейном движении

Как видно из схемы, приведенной на рисунке 21, 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:

$$R_{zB} \cdot B = \frac{G \cdot B}{2} - P_y \cdot h_{ц},$$

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 $R_{zB} = 0$,

$$\frac{G \cdot B}{2} = P_y \cdot h_{ц}$$

Подставив вместо силы P_y ее значение, получим выражение для критической скорости по условиям опрокидывания

$$\frac{GB}{2} = \frac{M \cdot V^2}{R} \cdot h_{ц} = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R} \cdot h_{ц},$$

тогда

$$V_{\text{опр}} = \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2 \cdot h_{\text{ц}}}}$$

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

В результате действия 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:

$$R_{\text{yH}} + R_{\text{yB}} = G \cdot \varphi_y = P_y = \frac{M \cdot V^2}{R},$$

где φ_y – коэффициент поперечного сцепления шин с дорогой.

Отсюда критическая скорость по условиям скольжения

$$V_3 = \sqrt{\frac{G \cdot \varphi_y \cdot R}{M}},$$

но $\frac{G}{M} = g$, тогда окончательно $V_3 = \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi_y}$

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.

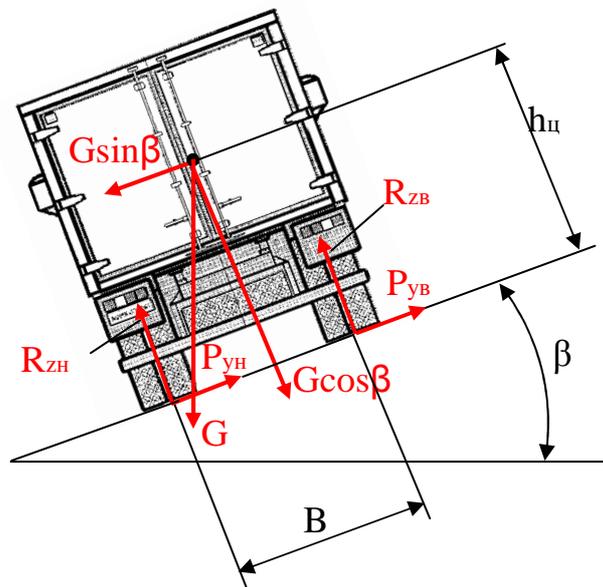


Рисунок 23. Схема сил, действующих на автомобиль при движении по косогору

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

$$- R_{\text{yB}} \cdot B - G \cdot \sin \beta \cdot h_{\text{ц}} + G \cdot \cos \beta \cdot \frac{B}{2} = 0.$$

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

$$\frac{G \cdot \sin \beta \cdot h_{ц}}{G \cdot \cos \beta} = \frac{G \cdot \cos \beta}{G \cdot \cos \beta} \cdot \frac{B}{2}$$

или
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{B}{2h_{ц}}$$

Критический угол косогора по условиям опрокидывания

$$\beta_{\text{опр.}} = \operatorname{arctg} \cdot \frac{B}{2h_{ц}}$$

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

$$G \cdot \sin \beta = R_{\text{yh}} + R_{\text{yb}}$$

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

$$R_{\text{yh}} + R_{\text{yb}} = G \cdot \cos \beta \cdot \varphi_y$$

Тогда

$$G \cdot \sin \beta = G \cdot \cos \beta \cdot \varphi_y \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} \beta = \varphi_y$$

Следовательно, критический угол косогора по условиям заноса

$$\beta_3 = \operatorname{arctg} \varphi_y$$

6.5. Устойчивость автомобиля с учетом крена кузова

Ранее мы считали, что автомобиль является твердым телом. В действительности он представляет собой сложную систему масс с шарнирными и упругими связями. Можно выделить две основные группы масс: подрессоренные массы G_k (кузов), вес которых воспринимается подвеской, и неподрессоренные массы G_H (мосты и колеса), вес которых воспринимается шинами.

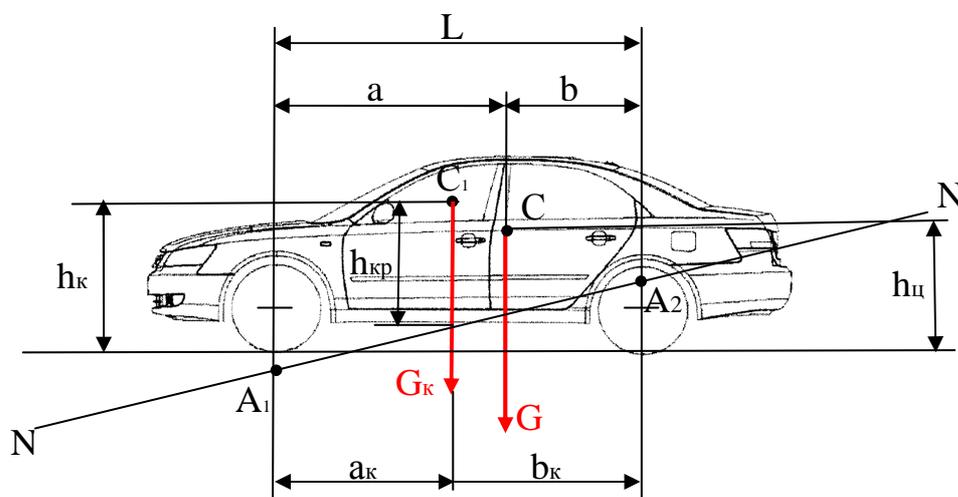


Рисунок 24. Ось крена кузова

Как видно из рисунка, центр тяжести C_1 подрессоренных масс не совпадает с центром тяжести C всего автомобиля. Точка C_1 расположена выше точки C и обычно ближе к переднему мосту, поэтому $h_k > h_c$ и $b_k > b$.

Под действием поперечных сил кузовов автомобиля поворачивается в поперечном направлении, при этом упругие элементы подвески деформируются. Ось крена называют прямую NN , относительно которой поворачивается кузов. Точки A_1 и A_2 пересечения оси крена с вертикальными плоскостями, проведенными через середины мостов автомобиля, называется центрами крена: A_1 – передний, A_2 – задний. Их положение зависит от конструкции подвески. При независимой подвеске центр крена расположен близко к поверхности дороги. При зависимой – он находится несколько выше центра колеса. Поэтому у легковых автомобилей с передней независимой и задней зависимой подвесками ось крена наклонена вперед. У грузовых – ось крена примерно параллельна дороге.

Рассмотрим движение автомобиля с учетом крена кузова на повороте, схема которого представлена на рисунке 25.

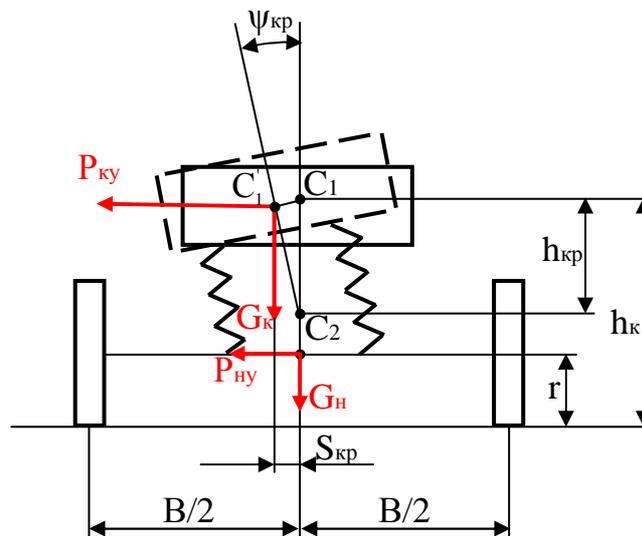


Рисунок 26. Схема поперечного крена кузова

К центру тяжести кузова C_1 приложен его вес G_k и поперечная сила $P_{ку}$, а к центру тяжести неподдресоренных масс C_2 – их вес G_n и поперечная сила $P_{ну}$. Под действием силы $P_{ку}$ кузов поворачивается на угол $\psi_{кр}$ и точка C_1 смещается в точку C_1' . Обычно $\psi_{кр} \leq 10^\circ$, поэтому можно считать $h_k \approx \text{const}$. Тогда поперечное смещение центра тяжести кузова

$$S_{кр} = h_{кр} \cdot \text{tg}\psi_{кр} \approx h_{кр} \cdot \psi_{кр},$$

где $h_{кр}$ – плечо крена (расстояние от центра тяжести кузова до оси крена).

Моменты сил $P_{ку}$ и G_k уравниваются моментом упругих сил подвески:

$$P_{ку} \cdot h_{кр} + G_k \cdot S_{кр} = C_{у.а.} \cdot \psi_{кр},$$

где $C_{y.a.}$ – угловая жесткость подвески (отношение момента, вызывающего поперечный крен кузова, к углу крена). До включения ограничителей подвески можно считать $C_{y.a.} \approx \text{const}$.

С учетом того, что $S_{кр} = h_{кр} \cdot \psi_{кр}$, получим угол крена

$$\psi_{кр} = \frac{P_{ку} \cdot h_{кр}}{C_{y.a.} - G_k \cdot h_{кр}}.$$

Определим критическую скорость автомобиля по условиям опрокидывания с учетом крена кузова.

Для этого составим уравнение моментов сил относительно середины контакта наружных колес с дорогой в момент отрыва внутренних колес от дороги.

$$P_{ку} \cdot h_k - G_k \cdot (0,5 \cdot B - h_{кр} \cdot \psi_{кр}) + P_{ну} \cdot r - 0,5 \cdot B \cdot G_H = 0$$

Пренебрегая малыми моментами сил $P_{ну}$ и G_H получим

$$P_{ку} \cdot h_k - G_k \cdot (0,5 \cdot B - h_{кр} \cdot \psi_{кр}) = 0$$

Поперечная составляющая центробежной силы подрессоренных масс

$$P_{ку} = \frac{G_k \cdot V^2}{g \cdot R}.$$

После подстановки значений $\psi_{кр}$ и $P_{ку}$ в уравнение моментов сил получаем

$$\frac{G_k \cdot V^2 \cdot h_k}{g \cdot R} - 0,5 \cdot G_k \cdot B + \frac{G_k^2 \cdot V^2 \cdot h_{кр}^2}{g \cdot R \cdot (C_{y.a.} - G_k \cdot h_{кр})} = 0$$

Решив полученное уравнение относительно V , найдем критическую скорость автомобиля по опрокидыванию с учетом крена кузова

$$V_{опр.} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot B \cdot R \cdot g}{h_k + \frac{G_k \cdot h_{кр}^2}{C_{y.a.} - G_k \cdot h_{кр}}}}$$

Сравнение формулы для определения критической скорости автомобиля по опрокидыванию без учета крена кузова с полученной показывает, что в последнем случае критическая скорость меньше (в среднем на 10-15%). Для уменьшения вероятности опрокидывания следует увеличивать угловую жесткость подвески и уменьшать плечо крена. Для увеличения $C_{y.a.}$ устанавливают стабилизаторы поперечной устойчивости, позволяющие уменьшать угол крена кузова без увеличения вертикальной жесткости подвески.

Из рисунка видно, что на автомобиль в процессе криволинейного движения действуют два момента: опрокидывающий момент силы $P_{ку}$ и восстанавливающий момент силы веса G_k . При равенстве этих моментов внутренние колеса автомобиля начинают отрываться от дороги. Если после

этого опрокидывающий момент увеличится из-за возрастания скорости движения автомобиля V или уменьшения радиуса поворота R , то автомобиль начнет опрокидываться.

Однако отрыв колес от дороги не всегда ведет к опрокидыванию автомобиля. Если опрокидывающий и восстанавливающий моменты равны, то автомобиль может двигаться только на внешних колесах. Это явление можно наблюдать на автородео, когда опытный водитель, манипулируя рулевым колесом, ведет автомобиль довольно долго на внешних колесах.

6.6. Устойчивость переднего и заднего мостов

Рассматривая поперечную устойчивость автомобиля, мы предполагали, что при заносе колеса обоих мостов начинают скользить в поперечном направлении одновременно. На практике сначала начинают скользить колеса либо переднего, либо заднего моста, поэтому рассматривать необходимо не устойчивость автомобиля в целом, а одного из его мостов.

При качении на колесо, как видно из рисунка 27, действуют касательная R_x , поперечная R_y и нормальная R_z реакции дороги.

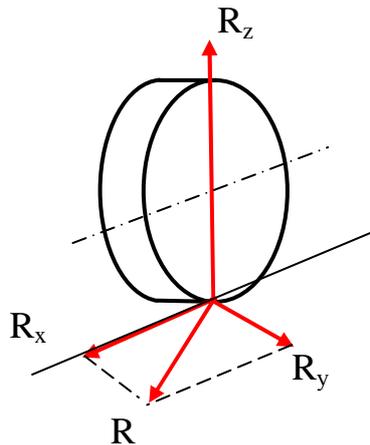


Рисунок 27. Силы, действующие на колесо при качении

Для качения колеса без поперечного и продольного проскальзывания необходимо соблюдения условия

$$P_{\text{сн}} = R_z \varphi \geq \sqrt{R_x^2 + R_y^2}.$$

Отсюда

$$\varphi \geq \sqrt{\frac{R_x^2}{R_z^2} + \frac{R_y^2}{R_z^2}} = \sqrt{\chi^2 + \frac{R_y^2}{R_z^2}},$$

где $\chi = \frac{R_x}{R_z}$ – удельная касательная реакция:

– для колеса, нагруженного тяговой силой $\chi = \frac{P_T}{R_z}$;

– для колеса, нагруженного тормозной силой $\chi = \frac{P_{\text{ТОР}}}{R_z}$

– для ведомого колеса, нагруженного силой сопротивления качению
 $\varphi = \frac{P_K}{R_Z} = \frac{R_Z f}{R_Z} = f$.

Рассмотрим силы, действующие на автомобиль, при движении на повороте.

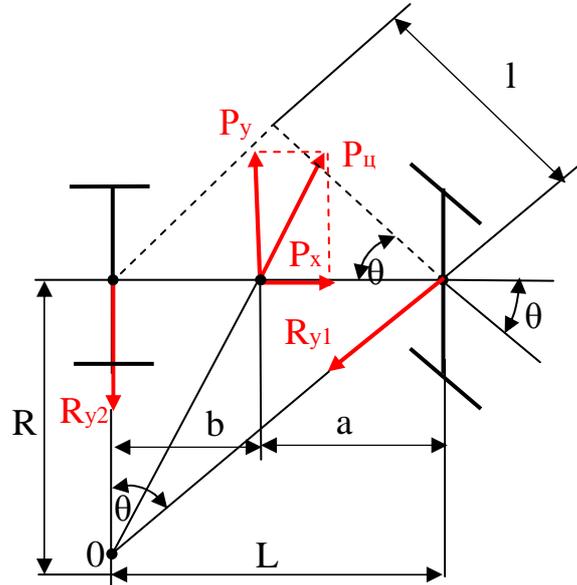


Рисунок 28. Силы, действующие на автомобиль на повороте

На рисунке обозначено:

$P_{ц}$ – центробежная сила, действующая на автомобиль на повороте;

P_y – поперечная составляющая центробежной силы $P_{ц}$.

P_x – продольная составляющая центробежной силы $P_{ц}$.

R_{y1} и R_{y2} – поперечные реакции дороги на колесах переднего и заднего мостов соответственно.

Для определения реакций R_{y1} и R_{y2} составим уравнения равновесия относительно середин переднего и заднего мостов

$$R_{y2} \cdot L - P_y \cdot a = 0; \quad R_{y1} \cdot l - P_y \cdot b = 0; \quad l = L \cdot \cos \theta$$

отсюда
$$R_{y1} = P_y \cdot \frac{b}{L \cdot \cos \theta}; \quad R_{y2} = P_y \cdot \frac{a}{L}$$

С учетом того что
$$P_y = \frac{M \cdot V^2}{R} = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R}$$

получаем значения поперечных реакций дороги, действующих на передний и задний мосты автомобиля
$$R_{y1} = \frac{G \cdot V^2 \cdot b}{g \cdot R \cdot L \cdot \cos \theta}, \quad R_{y2} = \frac{G \cdot V^2 \cdot a}{g \cdot R \cdot L}$$
.

Подставив полученные значения поперечных реакций дороги в формулу $\varphi \geq \sqrt{\psi^2 + \frac{R_y^2}{R_z^2}}$, определим критические скорости автомобиля по заносу переднего и заднего мостов.

Для переднего моста

$$\varphi = \sqrt{\psi^2 + \frac{R_{y1}^2}{R_{z1}^2}} = \sqrt{\psi^2 + \left(\frac{G \cdot V^2 \cdot b}{g \cdot R \cdot L \cdot \cos \alpha \cdot R_{z1}} \right)^2}, \text{ но } R_{z1} = G_1 = G \cdot \frac{b}{L},$$

тогда

$$\varphi = \sqrt{\psi^2 + \left(\frac{G \cdot V^2 \cdot b \cdot L}{g \cdot R \cdot L \cdot \cos \alpha \cdot G \cdot b} \right)^2} = \sqrt{\psi^2 + \left(\frac{V^2}{g \cdot R \cdot \cos \alpha} \right)^2}$$

отсюда

$$V_{1\text{ск}} = \sqrt{g \cdot R \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{\varphi^2 - \psi^2}}.$$

Аналогично для заднего моста

$$\varphi = \sqrt{\psi^2 + \left(\frac{G \cdot V^2 \cdot a}{g \cdot R \cdot L \cdot R_{z2}} \right)^2}, \text{ но } R_{z2} = G_2 = G \cdot \frac{a}{L},$$

тогда

$$\varphi = \sqrt{\psi^2 + \left(\frac{G \cdot V^2 \cdot a \cdot L}{g \cdot R \cdot L \cdot G \cdot a} \right)^2} = \sqrt{\psi^2 + \left(\frac{V^2}{g \cdot R} \right)^2}$$

отсюда

$$V_{2\text{ск}} = \sqrt{g \cdot R \cdot \sqrt{\varphi^2 - \psi^2}}.$$

Анализ полученных выражений показывает, что критическая скорость по заносу с учетом продольных сил, действующих на колеса автомобиля, на 10-20% меньше, чем без их учета.

Рассмотрим автомобиль, движущийся криволинейно по дуге радиуса R (рисунок 29).

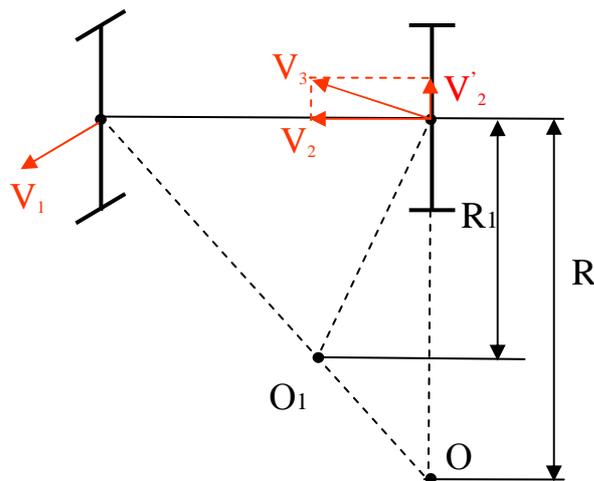


Рисунок 29. Схема заноса заднего моста

Если его скорость V превысит критическое значение $V_{\text{ск}2}$, то колеса заднего моста будут скользить в поперечном направлении с некоторой

скоростью V_2' . В результате сложения скоростей задний мост начнет перемещаться по направлению вектора V_3 и радиус поворота R уменьшится до значения R_1 . Уменьшение радиуса вызовет увеличение центробежной силы, что в свою очередь приведет к дальнейшему уменьшению радиуса и увеличению центробежной силы. Таким образом, автомобиль будет двигаться по дуге непрерывно уменьшающегося радиуса. Такое движение автомобиля называется заносом, который чрезвычайно опасен, т.к. развивается очень быстро и может привести к выходу автомобиля за пределы полосы движения или к опрокидыванию.

Если создались такие условия, при которых скорость автомобиля V превысила критическое значение $V_{кр1}$, начнется поперечное скольжение переднего моста со скоростью V_1' (рисунок 30).

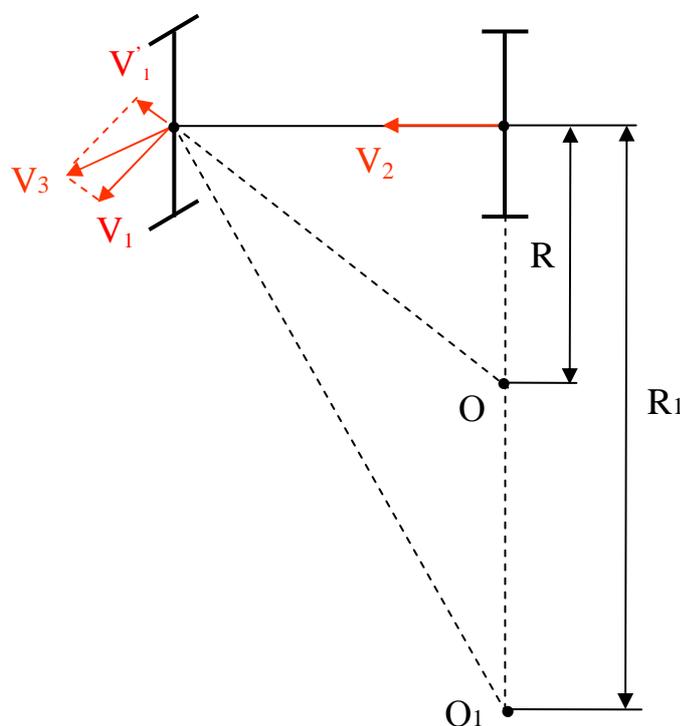


Рисунок 30. Схема заноса переднего моста

В этом случае передний мост перемещается по направлению вектора V_3 и радиус поворота R увеличивается до R_1 . Увеличение радиуса поворота приводит к уменьшению центробежной силы, и скорость поперечного скольжения переднего моста V_1' уменьшается в результате чего занос передних колес автоматически прекращается.

Для того чтобы прервать начавшийся занос заднего моста автомобиля, необходимо прежде всего уменьшить касательную реакцию на ведущих колесах, прекратив торможение или уменьшив подачу топлива, т.е. уменьшить величину μ . Кроме того, необходимо повернуть передние колеса в сторону заноса заднего моста.

Пусть в момент начала заноса передние колеса были в нейтральном положении и центр поворота находился в точке O (рисунок 31). После поворота

передних колес на угол θ , вектор скорости переднего моста V_1 повернется на такой же угол и центр поворота сместится в точку O_1 . Радиус поворота автомобиля R увеличится до R_1 , что уменьшит центробежную силу, вызвавшую занос.

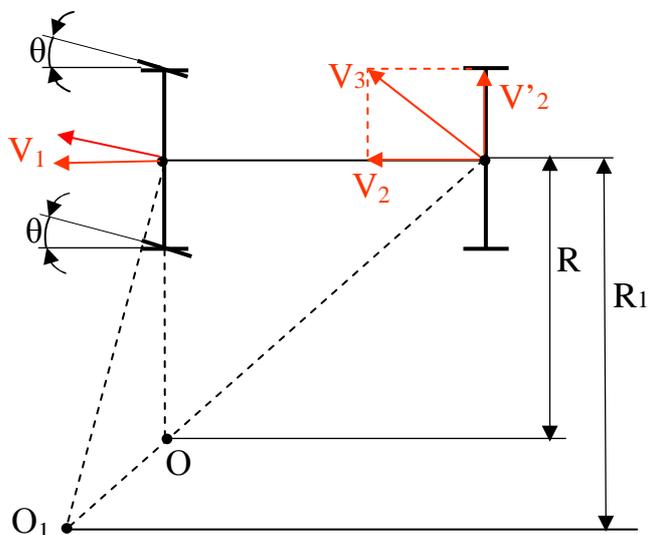


Рисунок 31. Схема вывода автомобиля из заноса

Для более активного противодействия заносу заднего моста нужно повернуть рулевое колесо на еще больший угол, вследствие чего центр поворота переместится по другую сторону автомобиля и центробежная сила, изменив свое направление, будет препятствовать заносу. Поэтому чтобы не начался занос заднего моста в противоположную сторону необходимо тотчас после прекращения заноса вернуть управляемые колеса в нейтральное положение.

6.7. 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, вызывающее сползание автомобиля, например, во время преодоления автопоездом крутого подъема большой длины.

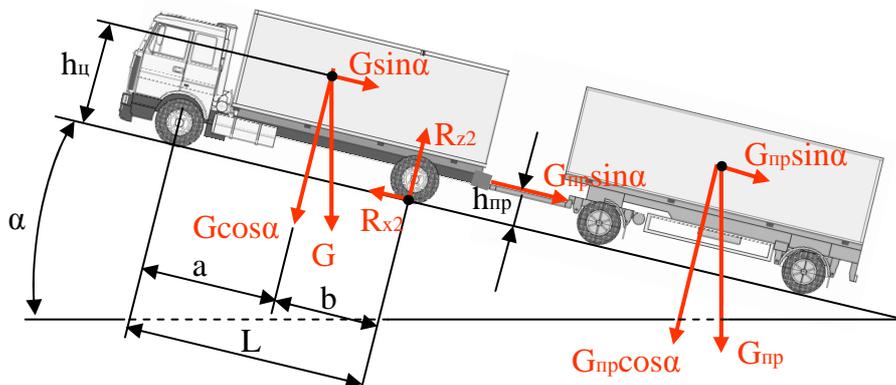


Рисунок 32. Схема движения автопоезда на подъем

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

Из условий равновесия тягача имеем

$$R_{x2} = (G + G_{np}) \cdot \sin\beta$$

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

$$G \cos\beta \cdot a + G \sin\beta \cdot h_{ц} - R_{z2} \cdot L + G_{np} \cdot \sin\beta \cdot h_{np} = 0,$$

где G_{np} – вес прицепа; h_{np} – высота сцепного устройства.

Выразим из этого уравнения R_{z2}

$$R_{z2} = \frac{G \cdot \cos\beta + G \cdot \sin\beta \cdot h_{ц} + G_{np} \cdot \sin\beta \cdot h_{np}}{L}$$

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

$$R_{x2} = R_{z2} \cdot \varphi_x = \frac{G \cdot \cos\beta + G \cdot \sin\beta \cdot h_{ц} + G_{np} \cdot \sin\beta \cdot h_{np}}{L} \cdot \varphi_x$$

Приравняем два выражения для определения R_{x2}

$$(G + G_{np}) \cdot \sin\beta = \frac{G \cdot \cos\beta + G \cdot \sin\beta \cdot h_{ц} + G_{np} \cdot \sin\beta \cdot h_{np}}{L} \cdot \varphi_x$$

или

$$L \cdot (G + G_{np}) \cdot \sin\beta = (G \cdot \cos\beta + G \cdot \sin\beta \cdot h_{ц} + G_{np} \cdot \sin\beta \cdot h_{np}) \cdot \varphi_x$$

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

$$L \cdot G \cdot \operatorname{tg}\beta + L \cdot G_{np} \cdot \operatorname{tg}\beta = G \cdot a \cdot \varphi_x + G \cdot h_{ц} \cdot \varphi_x \cdot \operatorname{tg}\beta + G_{np} \cdot h_{np} \cdot \varphi_x \cdot \operatorname{tg}\beta$$

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

$$\operatorname{tg}\beta_{\text{букс}} = \frac{G \cdot a \cdot \varphi_x}{G \cdot (L - h_{ц} \cdot \varphi_x) + G_{np} \cdot (L - h_{np} \cdot \varphi_x)}$$

или

$$\beta_{\text{букс}} = \operatorname{arctg} \cdot \frac{G \cdot a \cdot \varphi_x}{G \cdot (L - h_{ц} \cdot \varphi_x) + G_{np} \cdot (L - h_{np} \cdot \varphi_x)}$$

Согласно полученному выражению критический угол $\beta_{\text{букс}}$ в большой степени зависит от коэффициента сцепления φ_x . Для автопоездов при коэффициенте сцепления $\varphi_x = 0,3$ этот угол не превышает $4-6^\circ$. Этим объясняется часто наблюдаемое в зимнее время буксование ведущих колес тягача автопоезда на сравнительно пологих подъемах.

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

$$\bar{\alpha}_{\text{букс}} = \text{arctg} \cdot \frac{a \cdot \varphi_x}{L - h_{\text{ц}} \cdot \varphi_x}.$$

Для одиночных автомобилей классической компоновки с колесной формулой 4x2 критический угол подъема $\bar{\alpha}_{\text{букс}}$ находится в пределах 10-12°.

Для переднеприводного одиночного автомобиля

$$\bar{\alpha}_{\text{букс}} = \text{arctg} \cdot \frac{b \cdot \varphi_x}{L + h_{\text{ц}} \cdot \varphi_x}.$$

Для двухосного полноприводного автомобиля максимальное значение касательных реакций на колесах $R_{x1} + R_{x2} = (R_{z1} + R_{z2}) \cdot \varphi_x = G \cdot \cos \bar{\alpha} \cdot \varphi_x$. Из условий равновесия имеем $R_{x1} + R_{x2} = G \cdot \sin \bar{\alpha}$.

Приравняв эти выражения и разделив полученное уравнение на $\cos \bar{\alpha}$, получим

$$\bar{\alpha}_{\text{букс}} = \text{arctg} \cdot \varphi_x$$

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

7. УПРАВЛЯЕМОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

7.1. 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 «рысканию» 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.

7.2. Критическая скорость автомобиля по условиям управляемости

Если автомобиль на повороте достиг такой скорости, при которой управляемые колеса скользят в поперечном направлении, то в этом случае их поворот не изменяет направление движения автомобиля, т.е. автомобиль теряет управляемость. Определим эту, так называемую критическую скорость по условиям управляемости. Мы частично касались этого вопроса в разделе

«Устойчивость автомобиля», но тогда при определении условий устойчивости переднего моста автомобиля мы учитывали только действие центробежной силы, а вернее ее поперечной составляющей, действующей на передний мост, которая, как мы определили, равняется

$$P_{y1} = P_y \cdot \frac{b}{L \cdot \cos \alpha} = \frac{M \cdot V^2 \cdot b}{L \cdot R \cdot \cos \alpha},$$

но $\frac{M \cdot b}{L} = M_1$, где M_1 – масса автомобиля, приходящаяся на передний мост.

Тогда

$$P_{y1} = \frac{M_1 \cdot V^2}{R \cdot \cos \alpha}.$$

При движении на повороте автомобиля классической компоновки на его передний мост кроме центробежной силы действует толкающая сила от задних колес P . Продольная составляющая этой силы P_x параллельна плоскости вращения управляемых колес, а поперечная P_y перпендикулярна к ней.

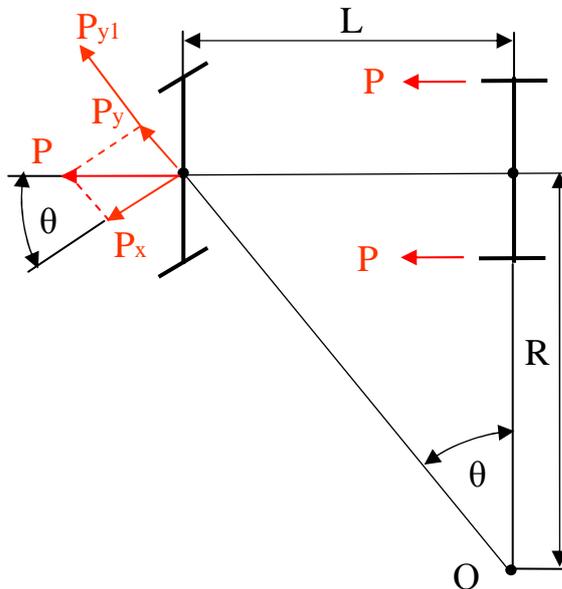


Рисунок 33. Силы, действующие на передний мост автомобиля на повороте

При равномерном движении продольная составляющая P_x равна силе сопротивления качению колес переднего моста $P_x = P_{к1} = G_1 \cdot f$, а поперечная составляющая – $P_y = P_x \cdot \operatorname{tg} \alpha = G_1 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

Складываясь, силы P_{y1} и P_y образуют суммарную поперечную силу $P_{\text{сум}}$, которая стремится вызвать боковое скольжение управляемых колес.

$$P_{\text{сум}} = P_{y1} + P_y = \frac{M_1 \cdot V^2}{R \cdot \cos \alpha} + G_1 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Известно, что условием качения колеса без скольжения является

$$P_{\text{ц}} = R_z \cdot \varphi = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$$

$$\text{откуда } P_y = \sqrt{R_z^2 \cdot \varphi^2 - P_x^2}$$

Подставим в полученное выражение значения входящих в него сил, действующих на передние колеса

$$\frac{M_1 \cdot V^2}{R \cdot \cos \alpha} + G_1 \cdot f \cdot \operatorname{tgi} = \sqrt{G_1^2 \cdot \varphi^2 - G_1^2 \cdot f^2}.$$

Так как $M_1 = \frac{G_1}{g}$, то $\frac{V^2}{g \cdot R \cdot \cos \alpha} + f \cdot \operatorname{tgi} = \sqrt{\varphi^2 - f^2}$, но $R = \frac{L}{\operatorname{tgi}}$

тогда $\frac{V^2}{g \cdot L \cdot \cos \alpha} \cdot \operatorname{tgi} + f \cdot \operatorname{tgi} = \sqrt{\varphi^2 - f^2}$.

Решив полученное уравнение относительно V , определим критическую скорость автомобиля по условиям управляемости

$$V_{\text{упр.}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{\varphi^2 - f^2}}{\operatorname{tgi}} - f \right) \cdot g \cdot L \cdot \cos \alpha}$$

На дорогах с твердым покрытием коэффициент сцепления φ обычно во много раз превосходит коэффициент сопротивления качению, 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.

7.3. Поворачиваемость автомобиля

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

7.3.1. Шинная поворачиваемость автомобиля

Качение эластичного колеса, нагруженного поперечной силой, имеет свои особенности, т.к. такое колесо может катиться без скольжения под некоторым углом к своей плоскости. Такое качение колеса называют уводом, а угол, который вектор скорости центра колеса образует с его плоскостью вращения, называют углом увода $d_{\text{ув}}$.

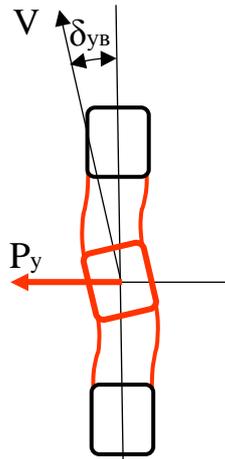


Рисунок 34. Увод колеса под действием поперечной силы

Поперечная сила P_y и угол увода $d_{ув.}$ связаны следующей зависимостью:

$$P_y = K_{ув.} \cdot d_{ув.}$$

где $K_{ув.}$ – коэффициент сопротивления уводу (первая производная от поперечной силы по углу увода), Н/рад.

Величина $K_{ув.}$ зависит от многих факторов, из которых наибольшее значение имеют вертикальная и касательная реакции, приложенные к колесу, и наклон колеса к вертикали. Зависимость угла увода от поперечной силы имеет сложный характер, однако при малых углах $d_{ув.}$ (до $4-6^\circ$) ее считают примерно линейной, а коэффициент сопротивления уводу постоянным. Для легковых автомобилей коэффициент сопротивления уводу принимают $K_{ув.} = 15-40$ кН/рад; для грузовых и автобусов – $K_{ув.} = 60-120$ кН/рад.

Для автомобиля с жесткими шинами углы увода передних и задних колес отсутствуют, то есть $d_1 = d_2 = 0$, и траектория его движения зависит только от угла поворота управляемых колес и.

При воздействии поперечной силы на автомобиль с эластичными шинами вследствие их увода он будет двигаться по траектории отличной от той, по какой он бы двигался на жестких шинах. Кривизна этой траектории зависит от соотношения углов увода передних колес d_1 и задних d_2 .

Рассмотрим движение автомобиля на повороте при углах увода колес $d_1 = d_2 \neq 0$. Как видно из схемы, представленной на рисунке 35, в этом случае вследствие увода центр поворота находится не в точке O , как у автомобиля с жесткими шинами, а в месте пересечения перпендикуляров к векторам скоростей переднего и заднего мостов V_1 и V_2 (точка O_1).

Поэтому можно записать

$$L = R_3 \cdot \operatorname{tg}(\alpha - d_1) + R_3 \cdot \operatorname{tg} d_2,$$

где R_3 – радиус поворота автомобиля на эластичных шинах.

Получим из этого выражения R_3

$$R_3 = \frac{L}{\operatorname{tg}(\alpha - d_1) + \operatorname{tg} d_2}$$

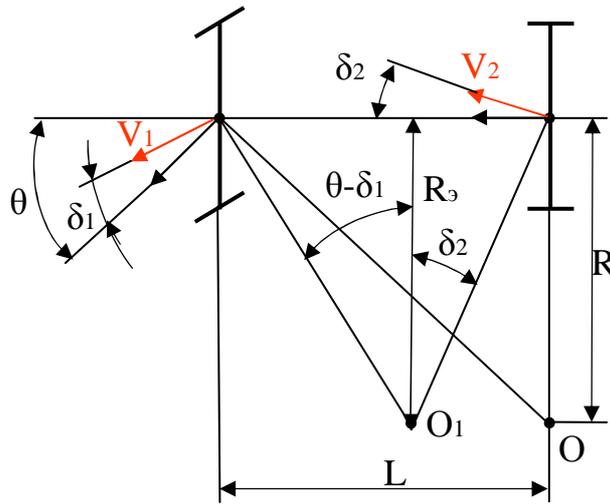


Рисунок 35. Схема движения на повороте автомобиля с эластичными шинами при углах увода колес $d_1 = d_2 \neq 0$

Поскольку эти углы обычно невелики, то можно записать

$$R_3 = \frac{L}{\delta_1 - \delta_2},$$

а при равенстве углов увода $d_1 = d_2 \neq 0$ получаем

$$R_3 = \frac{L}{\delta} = R.$$

Хотя в этом случае радиусы поворота $R_3 = R$, траектория движения автомобиля с жесткими шинами не совпадает с траекторией движения автомобиля с эластичными шинами, так как центры поворота O и O_1 занимают различные положения, а шинную поворачиваемость в этом случае называют нейтральной.

Рассмотрим движение автомобиля на повороте, когда углы увода $d_1 > d_2$

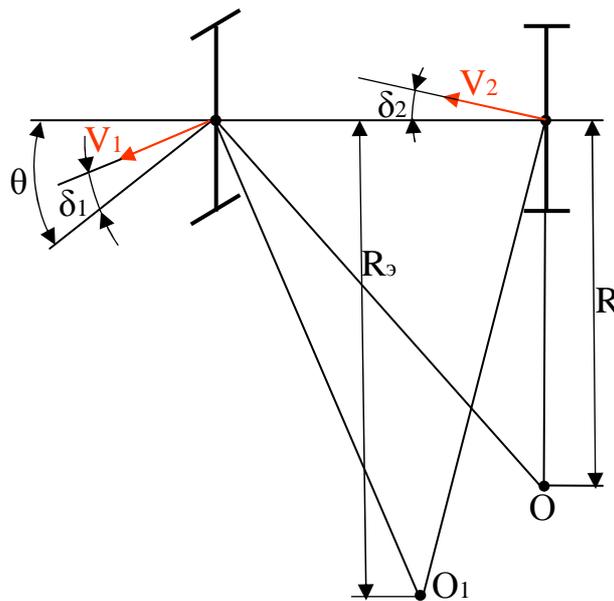


Рисунок 36. Схема движения на повороте автомобиля с эластичными шинами при углах увода колес $d_1 > d_2$.

Как видно из рисунка, при углах увода $d_1 > d_2$ радиус поворота $R_3 > R$ и для движения автомобиля на эластичных шинах по кривой радиусом R управляемые колеса нужно повернуть на больший угол, чем при жестких шинах. В этом случае шинную поворачиваемость автомобиля называют недостаточной.

Если углы увода $d_1 < d_2$ (рисунок 37), то радиусы поворота $R_3 < R$. Это означает, что для движения автомобиля с эластичными шинами по кривой радиусом R управляемые колеса нужно повернуть на меньший угол, чем при жестких шинах и шинную поворачиваемость называют излишней.

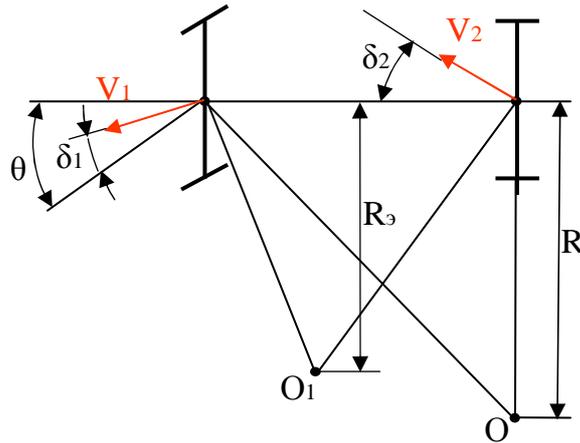


Рисунок 37. Схема движения на повороте автомобиля с эластичными шинами при углах увода колес $d_1 < d_2$

Выясним какой шинной поворачиваемостью должен обладать автомобиль для безопасного движения.

Рассмотрим прямолинейное движение автомобиля с излишней поворачиваемостью при воздействии на него какой-либо боковой силы P_y (например, сила ветра, бокового толчка от неровностей дороги, поперечного наклона дороги).

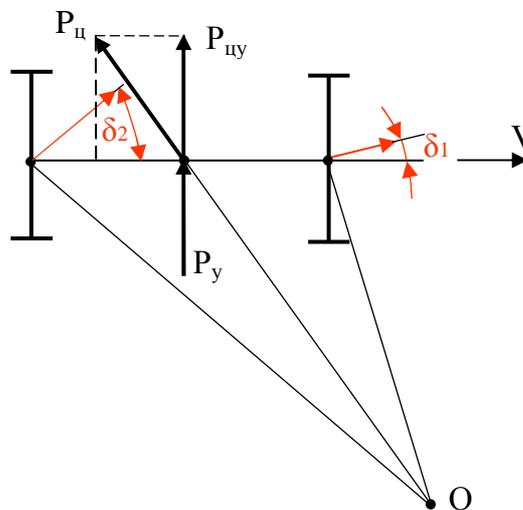


Рисунок 38. Силы, действующие на автомобиль с излишней поворачиваемостью

Как видно из рисунка, такой автомобиль начинает поворачиваться вокруг центра O , хотя управляемые колеса находятся в нейтральном положении. В результате его движения по кривой возникает центробежная сила $P_{ц}$, поперечная составляющая которой $P_{цy}$ направлена в сторону действия возмущающей силы P_y и увод увеличивается. Это приводит к дальнейшему увеличению центробежной силы и если водитель не повернет управляемые колеса в противоположную сторону, то автомобиль начнет двигаться по кривой непрерывно уменьшающегося радиуса, что может привести к заносу или опрокидыванию.

Если при прямолинейном движении боковая сила P_y воздействует на автомобиль с недостаточной поворачиваемостью, то он тоже начнет поворачиваться вокруг центра O , хотя управляемые колеса находятся в нейтральном положении (рисунок 39).

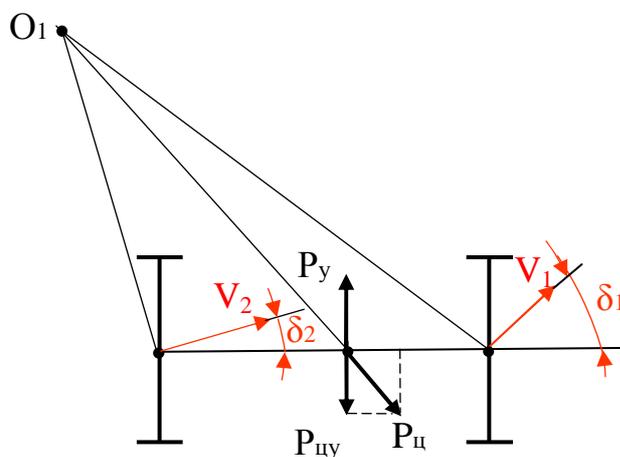


Рисунок 39. Силы, действующие на автомобиль с недостаточной поворачиваемостью

В результате поворота автомобиля возникает центробежная сила $P_{ц}$, поперечная составляющая которой $P_{цy}$ направлена в сторону противоположную действию возмущающей силы P_y , и увод шин быстро уменьшается.

Таким образом, автомобиль с недостаточной поворачиваемостью более устойчив и лучше сохраняет заданное направление движения, чем автомобиль с излишней поворачиваемостью. Кроме того, автомобиль с излишней поворачиваемостью может при достижении определенной скорости утратить управляемость.

7.3.1.1. Критическая скорость автомобиля по уводу шин

Определим эту критическую скорость, при которой вследствие увода шин автомобиль теряет управляемость.

$$\text{Ранее мы определили, что } R_s = \frac{L}{i - d_1 + d_2}$$

Определим отсюда угол поворота управляемых колес

$$и = \frac{L}{R_3} - (d_2 - d_1)$$

Углы увода d_1 и d_2 пропорциональны поперечным силам P_{y1} и P_{y2} , которые в свою очередь пропорциональны квадрату скорости

$$d_1 = \frac{P_{y1}}{K_{ув1}} = \frac{M_1 \cdot V^2}{R_3 \cdot K_{ув1}};$$

$$d_2 = \frac{P_{y2}}{K_{ув2}} = \frac{M_2 \cdot V^2}{R_3 \cdot K_{ув2}},$$

где $K_{ув1}$ и $K_{ув2}$ – коэффициенты сопротивления уводу шин, соответственно переднего и заднего мостов; M_1 и M_2 – массы, отнесенные к переднему и заднему мостам.

При повышении скорости движения автомобиля углы увода также возрастают. При этом у автомобиля с излишней шинной поворачиваемостью угол увода d_2 растет быстрее угла увода d_1 .

При некоторой скорости правая часть выражения для определения и оказывается равной нулю. При этой скорости автомобиль начинает двигаться криволинейно, хотя управляемые колеса находятся в нейтральном положении.

Для определения критической скорости по уводу $V_{ув}$ принимаем $и = 0$, тогда

$$0 = \frac{L}{R_3} - \left(\frac{M_2 \cdot V^2}{R_3 \cdot K_{ув2}} - \frac{M_1 \cdot V^2}{R_3 \cdot K_{ув1}} \right)$$

или

$$L = V^2 \left(\frac{M_2}{K_{ув2}} - \frac{M_1}{K_{ув1}} \right)$$

откуда

$$V_{ув} = \sqrt{\frac{L}{\frac{M_2}{K_{ув2}} - \frac{M_1}{K_{ув1}}}}$$

Управление автомобилем, имеющим излишнюю 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 и 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 аварии.

У автомобиля с недостаточной или с нейтральной шинной поворачиваемостью критическая скорость по уводу отсутствует, т.к. при $d_1 > d_2$ подкоренное выражение отрицательно и $V_{ув}$ является мнимой величиной, а при $d_1 = d_2$ она равна бесконечности.

7.3.2. Креновая поворачиваемость автомобиля

Креновая поворачиваемость автомобиля связана с конструкцией его подвески.

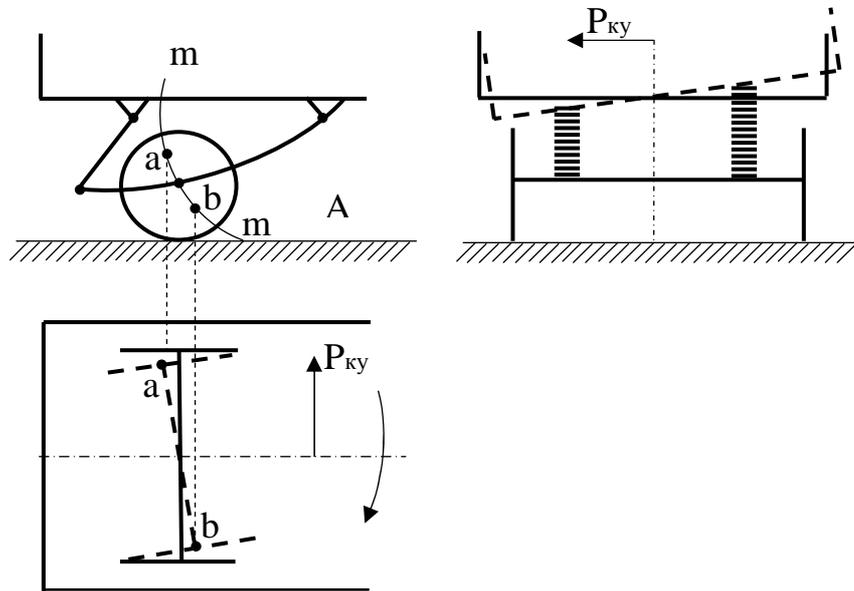


Рисунок 40. Поворот моста автомобиля при крене кузова

На рисунке показан задний мост автомобиля с рессорной подвеской, при совершении правого поворота. Передние концы рессор соединены с кузовом простым шарниром, а задние – с помощью серьги. При прогибах рессоры задний мост перемещается по дуге mm . При повороте под действием поперечной силы P_y кузов автомобиля наклоняется, вызывая сжатие левых рессор и распрямление правых. Левая рессора, сжимаясь, перемещает мост назад (в точку a), а правая распрямляясь, перемещает мост вперед (в точку b). В результате мост автомобиля поворачивается в горизонтальной плоскости.

Если углы поворота переднего и заднего мостов не одинаковы по величине или направлению, то автомобиль вследствие крена кузова поворачивается, хотя управляемые колеса находятся в нейтральном положении.

Поэтому по аналогии с шинной поворачиваемостью автомобиль, у которого угол поворота передней оси больше угла поворота задней оси, имеет недостаточную креновую поворачиваемость, а автомобиль, у которого угол поворота задней оси больше угла поворота передней имеет излишнюю креновую поворачиваемость.

На рисунке 41 изображены автомобили, у которых передняя и задняя оси поворачиваются в противоположных направлениях. При действии одной и той же возмущающей поперечной силы P_y автомобиль A повернется вправо, а автомобиль B – влево. Возникающая при этом центробежная сила P_c у автомобиля A направлена в противоположную сторону по сравнению с поперечной силой P_y , а у автомобиля B – в ту же сторону. Поэтому автомобиль

А лучше сохраняет направление движения под действием возмущающих поперечных сил. В этом случае можно сказать, что автомобиль А имеет недостаточную, а автомобиль В – излишнюю креновую поворачиваемость.

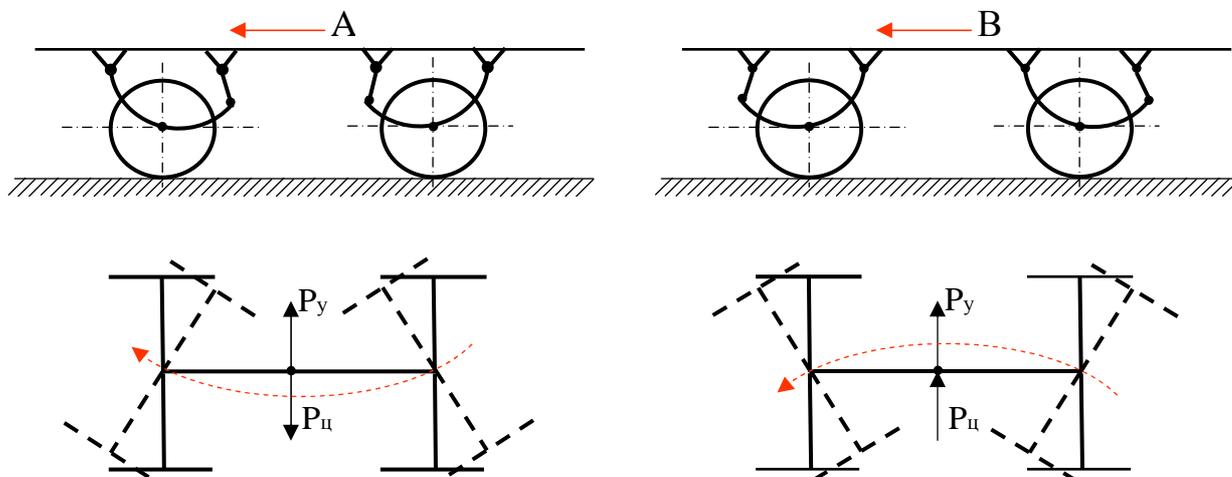


Рисунок 41. Схема движения автомобилей с различной креновой поворачиваемостью

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.

7.4. Угловые колебания управляемых колес автомобиля

В процессе движения управляемые колеса автомобилей, имеющих зависимую подвеску, могут колебаться вместе с передним мостом в вертикальной плоскости, а вместе с рулевой трапецией – вокруг шкворней (осей поворота) в горизонтальной плоскости.

Угловые колебания управляемых колес вокруг шкворней недопустимы, потому что детали ходовой части и рулевого привода воспринимают при этом значительные знакопеременные нагрузки, что может привести к их поломкам, а колебания с большой амплитудой приводят к потере управляемости. Наиболее опасными являются устойчивые колебания колес, так как они непрерывно повторяются (самовозбуждаются).

Причинами, вызывающими такие колебания, являются гироскопическая связь между поворотом управляемых колес вокруг шкворней и перекосом переднего моста, а также неуравновешенность колес (дисбаланс).

Передние колеса движущегося автомобиля представляют собой гироскопы и реагируют на всякое угловое перемещение их оси вращения. При наезде одного из колес на неровность дороги происходит перекос переднего

моста. Управляемые колеса наклоняются, и изменяется положение их оси вращения. Это приводит к возникновению гироскопического момента M'_r , который действует в горизонтальной плоскости и поворачивает управляемые колеса вокруг шкворней (рисунок 42).

Поворот колес вокруг шкворней вызывает появление другого гироскопического момента M''_r , действующего в вертикальной плоскости и стремящегося увеличить перекос моста и наклон колес.

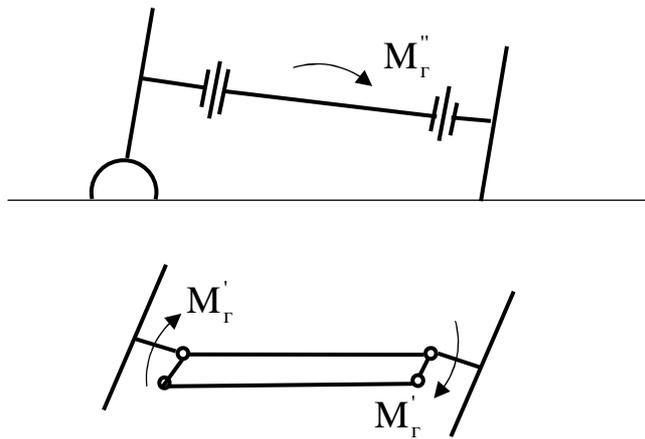


Рисунок 42. Схема возникновения самовозбуждающихся колебаний управляемых колес при зависимой подвеске

Таким образом, перекос переднего моста вызывает угловые колебания управляемых колес вокруг шкворней, которые в свою очередь увеличивают перекос моста, то есть обе колебательные системы связаны между собой и влияют друг на друга. С увеличением скорости движения гироскопическая связь усиливается. Возникнув, колебания продолжаются и после того, как колесо съехало с неровности.

Наряду с рассмотренными собственными колебаниями могут появляться и вынужденные колебания, вызванные периодической возмущающей силой. Такая сила может возникнуть, например, при вращении неуравновешенного колеса (рисунок 43).

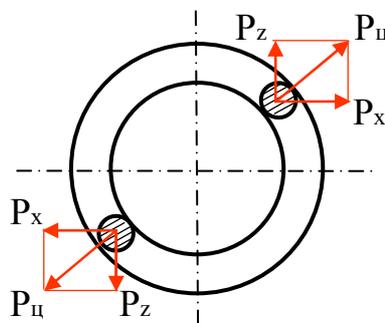


Рисунок 43. Силы, действующие на неуравновешенное колесо

При вращении такого колеса появляется центробежная сила $P_{ц}$, которую можно разложить на вертикальную силу P_z и горизонтальную P_x . Под

действием силы P_z колесо стремится переместиться в вертикальном направлении, а под действием силы P_x – повернуться относительно шкворня. Так как при качении колеса направление действия сил P_z и P_x изменяются на противоположные, то возникает виляние колеса.

Основным средством устранения такого опасного явления, как угловые колебания управляемых колес, явилось применение независимой передней подвески, при которой ось вращения колес при их вертикальном перемещении остается параллельной сама себе и при наезде колеса на неровность не возникает гироскопический момент. Кроме того, колеса автомобиля подвергают динамической балансировке.

7.5. Стабилизация управляемых колес автомобиля

При движении на управляемые колеса автомобиля всегда действуют различные силы (толчки от неровностей дороги, боковой ветер, 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 44). При такой установке шкворней поворот управляемых колес в любую сторону от нейтрального положения сопровождается приподниманием передней части автомобиля. Этому препятствует сила ее веса, стремящаяся вернуть управляемые колеса в нейтральное положение.

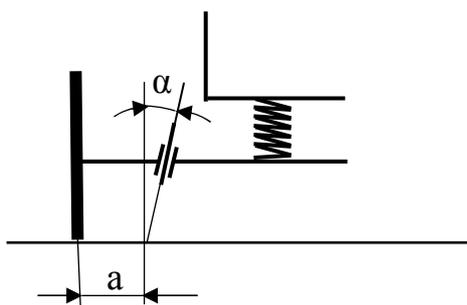


Рисунок 44. Поперечный наклон шкворня управляемого колеса

Возникающий таким образом стабилизирующий эффект зависит от массы автомобиля, приходящейся на управляемые колеса, угла поперечного наклона шкворня α и плеча обкатки a (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, то она не может создать стабилизирующий момент, так как отсутствует плечо ее действия (рисунок 45а).

Для создания такого плеча шкворни поворотных цапф наклоняют в продольной плоскости на угол β , в результате чего образуется плечо b_β (рисунок 45б).

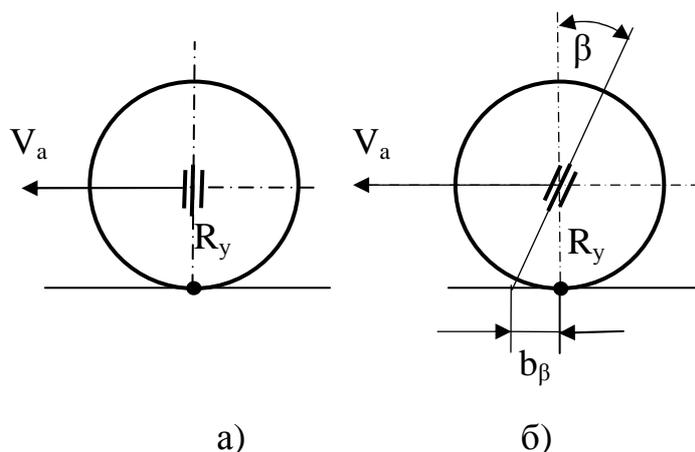


Рисунок 45. Стабилизация управляемых колес автомобиля за счет наклона шкворня в продольной плоскости

Под действием поперечной силы P_y , действующей на управляемое колесо на повороте, происходит также его увод на угол δ . 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 46).

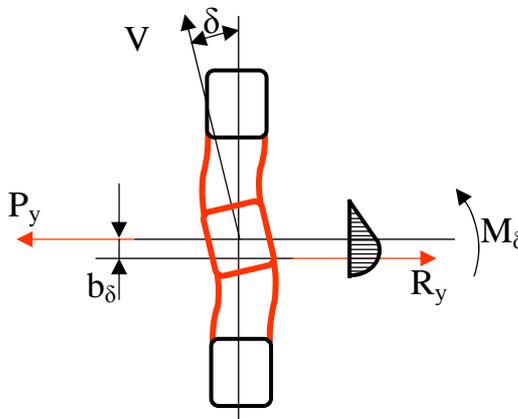


Рисунок 46. Стабилизация управляемых колес автомобиля за счет увода эластичных шин

В результате этого возникает стабилизирующий момент M_d даже в случае отсутствия продольного наклона шкворня. Таким образом, суммарный стабилизирующий момент, возникающий при продольном наклоне шкворня и вследствие увода $M_{ст.} = R_y \cdot b$, где $b = b_{\beta} + b_{\delta}$ – общее плечо устойчивости, на котором приложена боковая реакция R_y (рисунок 47).

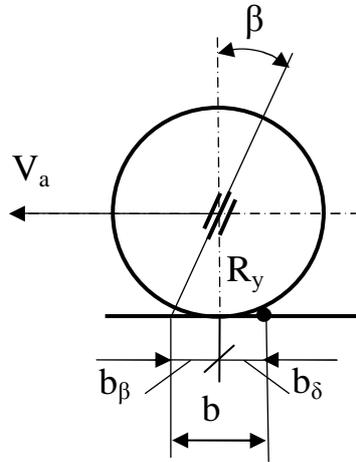


Рисунок 47. Стабилизация управляемых колес автомобиля за счет наклона шкворня в продольной плоскости и увода эластичных шин

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

7.6. 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 «а», не увеличивая поперечного наклона шкворня (рисунок 48). В результате этого касательные реакции дороги в контакте шин, достигающие в случае торможения или ударов о неровности дороги весьма значительной величины, не создают больших поворачивающих моментов, что облегчает управление автомобилем.

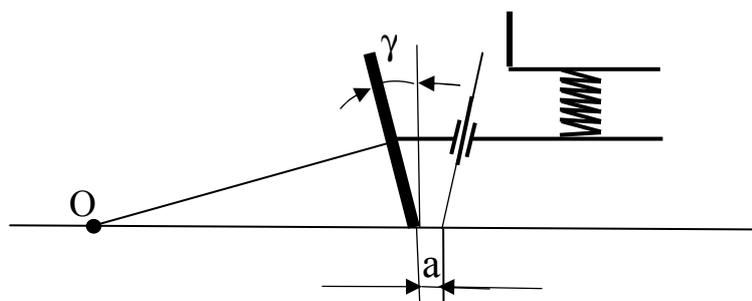


Рисунок 48. Развал управляемых колес

Кроме того, при наличии развала возникает осевая сила, которая прижимает колесо к внутреннему подшипнику ступицы и тем самым предотвращает вилание 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 опорой поверхностью.

Поэтому если рулевое колесо находится в нейтральном положении и сцепление шин достаточно велико, то колеса будут двигаться прямолинейно, но в контакте шин с дорогой возникнут элементарные боковые реакции, направленные в сторону наклона (рисунок 49).

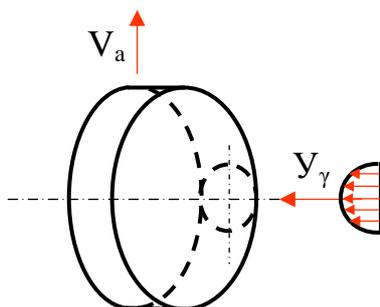


Рисунок 49. Силы, действующие на наклоненное колесо

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

Для нейтрализации силы Y_r , действующей в контакте с дорогой управляемых колес установленных с развалом, им придается схождение в горизонтальной плоскости (рисунок 50).

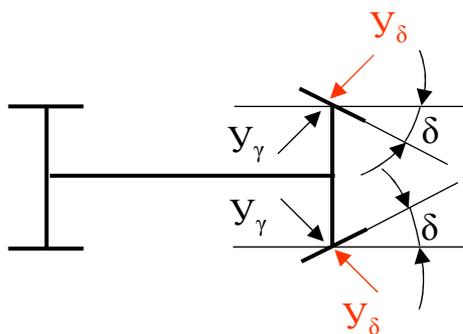


Рисунок 50. Схождение управляемых колес

Вследствие этого управляемые колеса катятся с уводом, угол которого d равен половине угла схождения. При этом возникают силы Y_d , перпендикулярные к плоскостям колес, и моменты $M_d = Y_d \cdot b_d$, стремящиеся повернуть их в сторону, противоположную схождению. В итоге боковые реакции Y_r и Y_d направлены в противоположные стороны и их действие в зависимости от соотношения между углами развала и схождения в той или иной мере взаимно нейтрализуются.

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

8. ПЛАВНОСТЬ ХОДА АВТОМОБИЛЯ

8.1. 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 подвижного состава.

Ухудшение безопасности при больших колебаниях кузова автомобиля связано с повышением утомляемости водителя и возможности отрыва колес от дороги.

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

Восприятие колебаний сопровождаются напряжением мышц торса. У сидящего человека колебания передаются на позвоночник, вызывая его деформацию. Для водителей, имеющих большой стаж работы на автомобиле, характерны пояснично-седалищные боли (ишиас). Колебания вредно отзываются 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.

8.2. 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 и вынужденных колебаний и возникновение резонанса и, как следствие, отрыв колеса от дороги.

Колеса также могут оторваться от дороги при проезде автомобилем единичной неровности. В момент удара жесткого колеса о неровность дороги, на него в месте контакта с неровностью действует реакция дороги R , проходящая через центр колеса (рисунок 51).

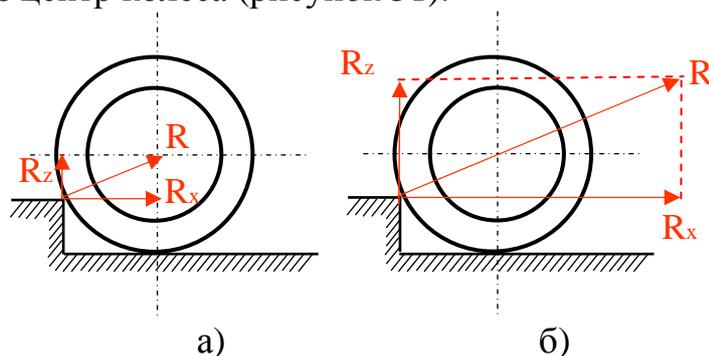


Рисунок 51. Наезд колеса на неровность

Это 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 (рисунок 51а) сила инерции невелика, вертикальная и горизонтальная составляющие тоже незначительны. При большой скорости наезда на неровность (рисунок 51б) 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.

8.3. Пути повышения плавности хода автомобиля

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

В качестве упругого элемента подвески все 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. Сиденья делают отдельно от спинки. Подушки сидений 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 поддрессоривается вся кабина тягача.

8.4. 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. 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 сторон автомобиля установлены шины с различной степенью износа, то при торможении из-за разности величин тормозных сил возникает поворачивающий момент, который может привести к аварии. 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. 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 трудно контролируемым, 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, приводящее к потере управляемости автомобилем, может быть вызвано заклиниванием рулевого управления вследствие поломки деталей рулевого механизма, заедания сухарей в шаровых шарнирах или неисправности противоугонного 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 они медленно затухают. Кроме того, в этом случае возможны отрывы колес от дороги, что влияет на безопасность движения.

9. ИНФОРМАТИВНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

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 качества воспринимаемой водителем информации, в том числе информации, источником которой является автомобиль.

Информативность – свойство транспортного средства обеспечивать участников движения информацией, необходимой для безопасного функционирования системы водитель – автомобиль – дорога (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).

9.1. Сигналы и их свойства

Водитель, выполняющий работу, должен постоянно получать информацию об изменениях, происходящих в окружающей среде, о состоянии

автомобиля и о собственных действиях. Это 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 герметически 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 его 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 поставляет 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 достигнуть 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, достаточна 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, освещенности 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 упрощается, 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 автомобилем доля участия зрения уменьшается, и 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 событие или маловероятное.

9.2. Визуальная информативность автомобиля

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.

9.2.1. Внешняя визуальная информативность автомобиля

Внешней визуальной информативностью обладают кузов автомобиля, световозвращатели, система автономного освещения и система внешней световой сигнализации.

9.2.1.1 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, светлые тона, почти в два раза реже попадают в аварии, 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, следует окрашивать автомобили - это оранжевый, желтый, красный и белый.

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 и маркировки назначения автомобиля. Немаловажную роль играет хорошая читаемость специальных надписей на

оперативных автомобилях («милиция», «скорая медицинская помощь», «аварийная служба» и т.д.).

Следует учитывать, что цвета высокой чистоты с большим коэффициентом отражения (яркие), а также многоцветовая гамма при кратковременном наблюдении действуют возбуждающие 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 встречных автомобилей.

9.2.1.2 Световозвращатели

В темное время суток подвижной состав автомобильного транспорта может находиться на проезжей части улиц или дорог или в непосредственной близости от них (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 темное время суток является оснащение их специальными световозвращающими знаками, размещенными на кузове автомобиля.

Световозвращающее отражение характеризуется тем, что свет возвращается обратно к источнику излучения по направлениям близким к направлению его падения. Устройства из искусственных световозвращающих материалов, обладая исключительно высокой отражающей способностью, надежно работают в различных погодных условиях, не ослепляя водителя.

Световозвращатели согласно международным стандартам 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.

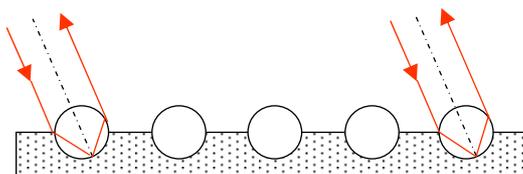


Рисунок 52. Простейший световозвращатель

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.

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.

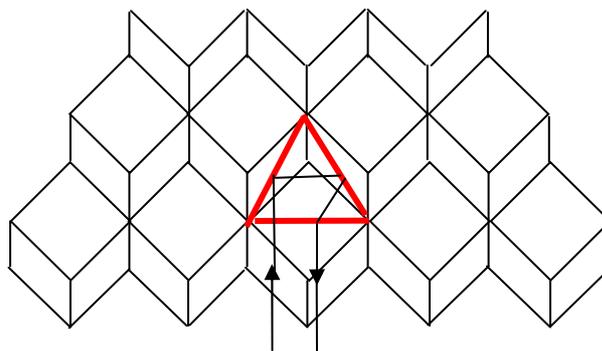


Рисунок 53. Плоскопризмный световозвращатель

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.

Для автомобиля обязательно наличие двух задних красных световозвращателей не треугольной формы. На транспортных средствах длиной более 8 м, а также на прицепах и полуприцепах на боковых поверхностях устанавливают дополнительно световозвращатели оранжевого цвета. Прицепы и полуприцепы, кроме задних и боковых световозвращателей, должны иметь спереди два световозвращателя белого цвета.

Требования к световозвращателям формулируются Правилами ЕЭК ООН № 3, согласно которым световозвращатели делятся на три категории: I категория – для автомобилей; II категории – для медленно движущихся транспортных средств; III категория – для прицепных транспортных средств. Световозвращатели I и II групп могут иметь любую форму (не похожую на буквы) и должны вписываться в окружность диаметром 200 мм; световозвращатели III категории имеют треугольную форму.

Все автомобильные световозвращатели, отвечающие требованиям Правил ЕЭК ООН, являются плоскопризмными.

9.2.1.3 Система автономного освещения автомобиля

В темное время суток при слабом освещении значительно усложняется работа водителя из-за ухудшения 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

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

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

Геометрическая видимость (дальность видимости) служит основной характеристикой условий видимости, т.к. с ней связаны важнейшие параметры движения – скорость и остановочный путь автомобиля.

При движении автомобиля в темное время суток водителю необходима видимость 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 (направлении дороги; расположении основных геометрических элементов и элементов обустройства дороги, регулирующих дорожное движение; препятствиях в виде пешеходов и других участников движения; разрушениях, выбоинах и случайных предметах на проезжей части). Перечисленные источники информации обычно находятся на некотором расстоянии от оси зрения водителя, поэтому обеспечение видимости необходимо не только по оптической оси зрения водителя, но и в пределах необходимых для него углов видимости.

Для создания необходимых условий видимости дороги автомобиль достаточно оборудовать фарами четырех типов: ближнего света, дальнего света, широкоугольно-противотуманного света, скоростного света.

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

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 или желтым, но обязательно одинаковым.

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 не менее двух фар дальнего света, расположенных спереди автомобиля на равном расстоянии от плоскости его симметрии, на одинаковой высоте и в одной плоскости. Они могут быть белого или желтого цвета.

Фары широкоугольно-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.

Цвет противотуманных фар должен быть белым или желтым, но обязательно одинаковым для обеих фар, установленных на автомобиле. Установка противотуманных фар является факультативной.

Применение фар скоростного света (фар-прожекторов) возможно при малоинтенсивном движении на прямых участках дорог на автомобилях, к которым предъявляются повышенные требования безопасности,

Фары ближнего света. Наиболее распространенными являются головные фары ближнего света с европейской и с американской асимметричными системами светораспределения.

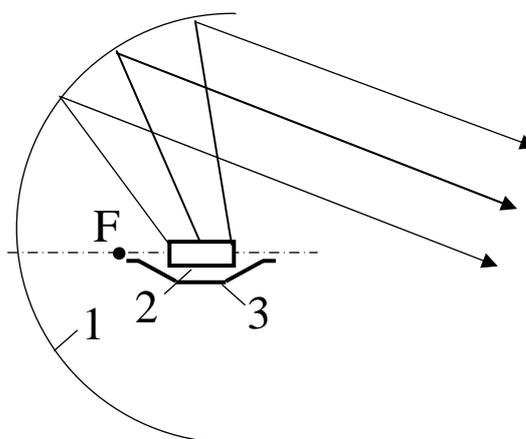


Рисунок 54. Фара ближнего света с европейской системой светораспределения.

В фарах с европейской системой светораспределения оптический элемент сделан в виде параболического отражателя 1 с углом охвата более 180° . Нить накала ближнего света (цилиндрической формы) 2 расфокусирована вперед по оптической оси. При этом образуется быстросходящийся световой пучок. Часть его, отраженная от верхней части отражателя, направлена вниз, т.е. на дорогу, а часть, отраженная от нижней части – вверх. Чтобы исключить пучки света, идущие от нижней части отражателя вверх, т.е. в сторону глаз водителя встречного автомобиля, нить накала ближнего света перекрывается снизу непрозрачным экраном 3. Экран имеет специальную конструкцию: его правый край горизонтален, а левый наклонен вниз под углом 15° к горизонту. Благодаря этому часть светового пучка, отраженная от сектора левой нижней части отражателя, открываемого срезом экрана, направляется вправо, чем достигается значительное увеличение силы света в направлении правой стороны дороги и правой обочины.

Световой пучок ближнего света такой фары имеет ярко выраженный асимметричный характер и резкую светло-темную границу, правая часть которой поднимается под углом 15° .

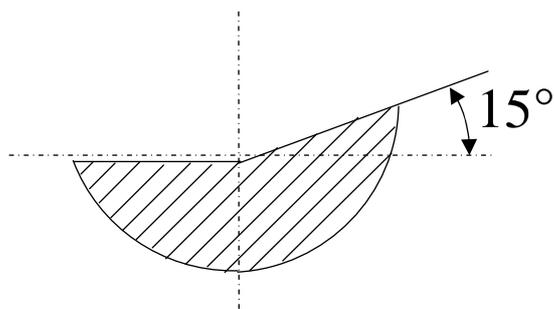


Рисунок 55. Форма светового пучка европейской фары.

Фара с американской системой распределения ближнего света также имеет параболический отражатель с углом охвата более 180° . Нить накала ближнего света расфокусирована вверх и влево, при этом работает весь отражатель.

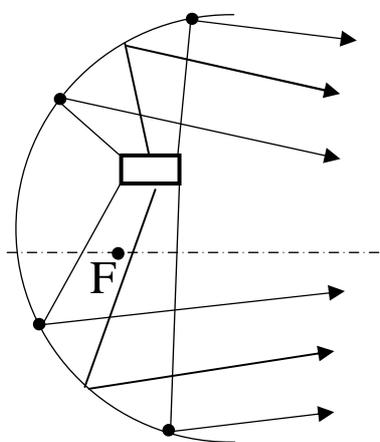


Рисунок 56. Фара ближнего света с американской системой светораспределения.

Лучи исходящие от нижней части отражателя направлены вверх и влево. Стекло рассеиватель в этом случае имеет большое значение (по сравнению с рассеивателем фары европейского типа), т.к. система его микроэлементов служит для перераспределения лучей, направленных вверх и влево (от вершинной части отражателя), вниз и вправо. Необходимость изменения с помощью рассеивателя структуры светового пучка, значительно усложняет его конструкцию и ужесточает требования к точности изготовления микроэлементов.

Благодаря особенностям светооптической схемы преимущественно освещается правая сторона дороги, а сила света в направлении глаз водителя встречного автомобиля снижается. Кроме того, 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 носит асимметричный характер, но не имеет четких светло-темных границ.

Сравнивая принципиально различные европейскую и американскую системы распределения ближнего света, необходимо отметить следующее: основой европейской системы является требование – не ослеплять водителя встречного автомобиля, которому отвечают все образцы европейских фар; основой американской системы является требование – хорошо освещать дорогу, а требование не ослеплять водителя встречного автомобиля выполняется по возможности.

Фары дальнего света. Такие фары как с европейской, так и американской системами 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, расположенной в фокусе отражателя. При этой светотехнической схеме все лучи, исходящие от нити накала, попав на поверхность отражателя, отражаются в направлениях, параллельных оптической оси, образуя узкий пучок большой силы света с незначительным углом рассеяния.

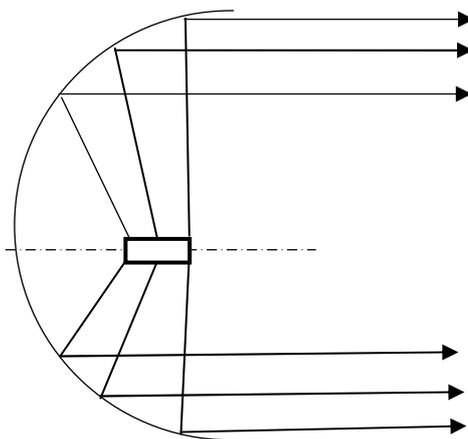


Рисунок 57. Фара дальнего света.

Пройдя через рассеиватель, имеющий на внутренней стороне отклоняющие призмы, часть светового пучка перераспределяется необходимым образом, что создает на дороге достаточно узкий пучок значительной силы света, обеспечивающий удовлетворительную дальность видимости.

Фары широкоугольно-противотуманного света. При прохождении через слой туманной атмосферы световой поток частично поглощается и частично рассеивается. Доля поглощенного потока мала по сравнению с рассеянным, поэтому можно считать, что ослабление светового потока происходит в результате его рассеяния частицами атмосферы.

При просматривании дороги и препятствий на ней в свете фар во время тумана на яркость поверхности препятствия и 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 условия контраста.

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. Снижение контраста тем больше, чем концентрированнее световой пучок.

При высокой точности изготовления элементов рассеивателя противотуманных фар обеспечивается расширение светового пучка в горизонтальной плоскости и, тем самым достигается достаточная видимость дороги и препятствий на ней в темное время суток в условиях низкой прозрачности атмосферы, а следовательно, появляется возможность увеличения скорости автомобиля при одновременном повышении безопасности движения.

Оптический элемент противотуманной фары состоит из лампы накаливания, нить которой расположена в фокусе параболического отражателя, экрана перед лампой, препятствующего выходу прямых лучей лампы, а также рассеивателя с вертикальными цилиндрическими линзами, служащими 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 углом расширения светового пучка.

Угол расширения светового пучка противотуманной фары в горизонтальной плоскости должен быть не менее 60° . У лучших образцов фар угол рассеяния превышает 120° . Эта особенность светораспределения противотуманных фар позволяет использовать их при движении автомобиля по горизонтальным участкам дорог с закруглениями, особенно малых радиусов, т.к. благодаря большому углу рассеяния световой пучок освещает и участок дороги, лежащий за поворотом еще до изменения направления движения автомобиля.

Фары скоростного света. Такого типа фары (фары-прожекторы) устанавливаются на автомобили, водителям которых, исходя из особых требований безопасности движения (междугородные и международные автобусы) необходимо создать очень хорошие условия видимости дороги и объектов на ней. Видимость в этом случае должна приближаться к дневной, т.е. должна быть обеспечена дальность видимости не менее 200 м и угол рассеяния светового пучка в горизонтальной плоскости не менее 30° .

Оптический элемент фары-прожектора имеет светооптическую схему, принципиально подобную схеме фары дальнего света. Он состоит из параболического отражателя, однонитевой лампы накаливания повышенной мощности (до 300 Вт) и рассеивателя с несложным набором микроэлементов. Все лучи, исходящие от нити накала отражаются параллельно оптической оси и образуют узкий световой пучок значительной силы света. Проходя через микроэлементы отражателя, световой пучок несколько рассеивается в горизонтальной плоскости.

Следует отметить, что на автомобилях других типов применение фар скоростного света строго ограничивается, т.к. автомобиль с ними при высокой

интенсивности движения может стать источником повышенной опасности для всех участников движения.

9.2.1.4 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 в колбе. Пары галогена, вступая в реакцию с вольфрамом, осажденным 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 (соответственно ближний и дальний свет) выдает световой поток в пределах 400-550 лм (люмен - единица светового потока), а близкая к ней по мощности галогенная лампа категории Н4 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 у обычных ламп накаливания, и может достигать 400 м (у лучших образцов обычных фар – 120-150 м).

В оптических элементах односветовых фар используются однонитевые галогенные лампы типов Н₁, Н₂ и Н₃, стандартизованные ЕЭК ООН. Они отличаются друг от друга в основном различной конструкцией цоколя. Двухнитевая галогенная лампа, предназначенная для установки в двухсветовые фары, получила обозначение Н₄.

Ксеноновые лампы. Они получили свое название из-за того, что колбы таких ламп наполнены газом – ксеноном и имеют индекс D. Они весьма надежны и обладают большей светоотдачей (при электрической мощности 35-40 Вт световой поток достигает 3200 лм). Срок службы газоразрядных ламп - 1500 часов. 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 на голову 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 лм против 1500 лм). А поскольку нити накала нет, то и перегорать нечему — ксеноновые газоразрядные лампы служат гораздо дольше обычных. Лампы накаливания имеют очень низкую светоотдачу (15 лм/Вт) и львиная доля электроэнергии тратится на обогрев окружающей среды. У галогенных ламп этот показатель составляет 24 лм/Вт, а у ксеноновых – 80-90 лм/Вт.

Но устроены газоразрядные лампы 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.

Сложность конструкции ограничила первоначальное применение газоразрядных ламп режимом только ближнего света, а дальний свет обеспечивала галогенная лампа. Объединить ближний и дальний свет в одной фаре, так называемый биксенон, конструкторы смогли через шесть лет, причем существует два способа его получения. В фаре фирмы «Bosch» переключение режимов света осуществляется экраном, который в режиме ближнего света выдвигается и отсекает часть лучей. При включении дальнего света – экран прячется и не препятствует световому потоку. В фаре фирмы «Hella» газоразрядная лампа с помощью соленоида перемещается вдоль оптической оси, и ее светящийся разряд попадает либо в фокус отражателя (дальний свет), либо перед фокусом (ближний свет).

Компенсаторы нагрузки. Известно, что направление светового пучка фар меняется в зависимости от степени загрузки автомобиля, от конструкции и состояния элементов подвески, шин и т.д. В этой связи необходима возможность изменения положения фар при изменении загрузки автомобиля. Такие устройства по принципу действия разбить на две группы: принудительного действия и автоматические.

Компенсаторы принудительного действия могут управляться снаружи или дистанционно из кабины. Устройства, управляемые снаружи, встроены в фару, всегда имеют механический привод и имеют две или три ступени регулирования. При 2-х ступенях – первая ступень соответствует положению фар при порожнем, а вторая при загруженном автомобиле. При 3-х ступенях: первая ступень – нагрузка только на переднем сиденье, вторая – на переднем и заднем; третья – на переднем, заднем и в багажнике. Дистанционные компенсаторы принудительного действия могут иметь электрический или гидравлический привод. В первом случае отражатель фары поворачивается с помощью реверсивного электродвигателя, во втором – с помощью жидкости.

Автоматические компенсаторы изменяют положение оптических элементов фар без вмешательства водителя в зависимости от нагрузки и бывают электрические и гидравлические.

Устройство с электроприводом, например, от реверсивного электродвигателя работает следующим образом. Электродвигатель, который

изменяет положение фар, управляется с помощью электронного устройства, реагирующего на изменение индуктивности катушек, сердечники которых связаны с подвеской автомобиля.

Гидравлические системы автоматического регулирования фар состоят из систем задающих и исполнительных цилиндров. Задающие цилиндры устанавливаются на шасси автомобиля, а штоки их поршней соединяются с мостами. Исполнительные цилиндры связаны с фарами. В случае изменения нагрузки поршень задающего цилиндра перемещается на большую или меньшую величину. Соответственно в исполнительном цилиндре перемещается поршень, шток которого изменяет угол наклона фары в вертикальной плоскости.

Поворачивающиеся фары. Попытки повернуть фары автомобиля вслед за управляемыми колесами предпринимались сразу после появления самих фар. Ведь это удобно — освещать ту часть дороги, куда поворачивает автомобиль. Однако механическая связь фар и рулевого колеса не позволяла соотносить угол поворота лучей со скоростью движения, и, так называемый «адаптивный» свет был запрещен.

Теперь идея поворота фар в горизонтальной плоскости реализуется на новом уровне с применением электронного управления. Самое простое решение — дополнительная «боковая» лампа в фаре, которая загорается при повороте рулевого колеса или включении указателя поворота, на скорости до 70 км/ч. Подобные фары имеют, к примеру, Audi A8 и Porsche Cayenne. Следующая ступень — действительно поворотные фары. В них биксеноновая фара с учетом скорости движения, угла поворота рулевого колеса и угловой скорости автомобиля вокруг вертикальной оси («датчик поворота») поворачивается вслед за рулевым колесом в пределах 15° - 22° наружу и на 7° внутрь. Такими фарами оснащаются и BMW, и Mercedes, и Lexus, и даже Opel Astra.

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 всем многообразии все такие устройства состоят из фотоэлектронного датчика, устанавливаемого в передней части автомобиля, и электрорелейного блока. При освещении датчика светом фар встречного автомобиля происходит переключение дальнего света фар на ближний, а когда освещение исчезает — снова на дальний. При этом предусмотрена и возможность ручного переключения.

9.2.1.5 Система внешней световой сигнализации автомобиля

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 и пешеходов; полностью исключать двойственное толкование.

Число, расположение, цвет и видимость сигналов регламентируются международными стандартами.

К настоящему времени установлен минимальный комплект обязательных для каждого транспортного средства светосигнальных приборов: указатели поворотов, сигналы торможения, габаритные огни, 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, которые устанавливаются в задней части автомобиля. Сигналы торможения должны иметь красный цвет.

Габаритные огни (передние и задние) предназначены для обозначения габаритов автомобиля в темное время суток или в условиях пониженной видимости. Автомобиль должен иметь два передних габаритных огня белого цвета и два задних красного цвета

Указатели поворотов (передние и задние) 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.

Боковые повторители указателей поворотов 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.

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 освещать всюлицевую поверхность заднего номерного знака, не попадая своими прямыми лучами в поле зрения водителей других транспортных средств. Фонарь должен иметь бесцветный рассеиватель.

Огонь преимущественного права проезда транспортного средства обязателен 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, однако в случае совершения ДТП не освобождаются от ответственности.

Кроме перечисленных обязательных сигналов, существуют дополнительные световые сигналы и фонари: фонари заднего хода, стояночные огни, световой указатель автопоезда, сигнал аварийного состояния автомобиля, указатели увеличения габаритов, задние противотуманные фонари, боковые габаритные огни.

Фонари (фары) заднего хода. Устанавливаются на задней части автомобиля (один или два). 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 правильнее их называть фарами заднего хода.

Стояночные огни обычно располагают на передней или задней стойках кузова. Их функция – обозначать автомобиль, находящийся на стоянке, все остальные огни которого выключены. Передние стояночные огни должны быть белого цвета, а задние – красного, часто они конструктивно выполняются в одном корпусе.

Световой указатель автопоезда выполняют в виде трех фонарей с рассеивателями оранжевого цвета. Они устанавливаются на крыше кабины автомобиля-тягача как опознавательный сигнал наличия у него прицепа или полуприцепа и включается при движении автомобиля в любое время суток.

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.

Задние противотуманные фонари. Это 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 противоположенной стороне движения, т.е. при правостороннем движении противотуманный фонарь устанавливается слева, а при левостороннем – справа. Согласно стандарту задние противотуманные фонари устанавливаются не выше 1200 мм и не ниже 400 мм от поверхности дороги.

Боковые габаритные фонари. Согласно европейским стандартам такие фонари следует устанавливать на автомобили длиной более 6 м, а также на прицепы и полуприцепы. Боковые габаритные фонари размещаются по длине и высоте транспортного средства также как и боковые световозвращатели.

9.2.1.6 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 рекомендуемых 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), работая 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.

Существующее низкое расположение приборов внешней световой сигнализации автомобиля не полностью отвечает современным требованиям в связи со значительным увеличением плотности и интенсивности транспортных потоков. В этих условиях водитель видит только сигналы ближайших транспортных средств, т.к. световые приборы автомобилей движущихся на удалении, закрыты от него соседними транспортными средствами. Это затрудняет водителю прогнозирование изменений в транспортном потоке, когда возмущения транспортного потока возникают на периферии. Поэтому очевидно, что сигнальные фонари целесообразно устанавливать (или дублировать) на большей высоте.

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 м; 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 не могут, поэтому 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.

9.2.2 Внутренняя визуальная информативность автомобиля

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.

9.2.2.1 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 информацию:

- о состоянии систем автомобиля, обеспечивающих безопасность движения;
- 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) объединяют в 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 автомобиле малого класса. В состав приборной панели, состоящей из 4-х приборов, кроме перечисленных приборов, как правило, устанавливаются тахометр, реже амперметр или вольтметр. В случае применения 5 приборов к указанным четырем добавляется амперметр или вольтметр, а чаще указатель давления масла в двигателе. В состав панели из шести приборов входят спидометр, тахометр, указатели запаса топлива и температуры охлаждения жидкости, амперметр или вольтметр и указатель давления масла в двигателе.

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 охлаждения жидкости, аварийный запас 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 ту и другую 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 это минимизация времени считывания показаний, а требование в точности считывания отступает на второй план. Выполнение этого основного требования возможно при рациональной компоновке панели приборов и подборе оптимальных параметров отдельных индикаторов.

При проектировании приборной панели исходя 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 их 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 не 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 стараются компенсировать 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 и, с другой стороны, не менять уровень световой адаптации и не 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 3Вт. 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: красный, оранжевый, зеленый и голубой. 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.

9.2.2.2 Совершенствование состава контрольных приборов и параметров, подлежащих контролю

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 параметров автомобиля, его агрегатов и систем. Большинство таких устройств предназначены для контроля за состоянием систем и агрегатов автомобиля, непосредственно обеспечивающих безопасность движения. Они, как правило, включают в себя датчики, размещенные 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. Скорость, как правило, может задаваться водителем с помощью специальных клавиш. 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 аварии.

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. Эти приборы работают по принципу сравнения количества топлива, протекающего по трубопроводу в единицу времени, со скоростью движения. 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 водителю предотвратить столкновение 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.

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, предельное содержание вредных веществ в салоне автомобиля 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 данные 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.

9.2.3 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 вождения автомобиля, тем больше водитель зависит от одного органа чувств – зрения, вместо большого сенсорного комплекса.

Под обзорностью автомобиля понимают его конструктивное свойство, определяющее объективную возможность для водителя беспрепятственно видеть путь движения и объекты, которые могут помешать безопасному движению. 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 обычно дополнительными источниками информации об окружающей среде движения.

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 таком 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 автомагистрали 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 обзора 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. Например, при угловом размере передней боковой стойки кабины, равном 5° , водитель не видит пешехода уже на расстоянии 6 м, а автомобиль средних размеров – на расстоянии 46 м. Вследствие этого место для стоек и форму их поперечного сечения выбирают с учетом бинокулярности зрения человека.

Стеклоочистители. Большое значение для обеспечения хорошей обзорности независимо от метеорологического состояния окружающей среды имеют стеклоочистители, а также система обдува и обогрева стекол. 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, площади очищаемой поверхности ветрового стекла и по типу привода.

Исходное положение 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.

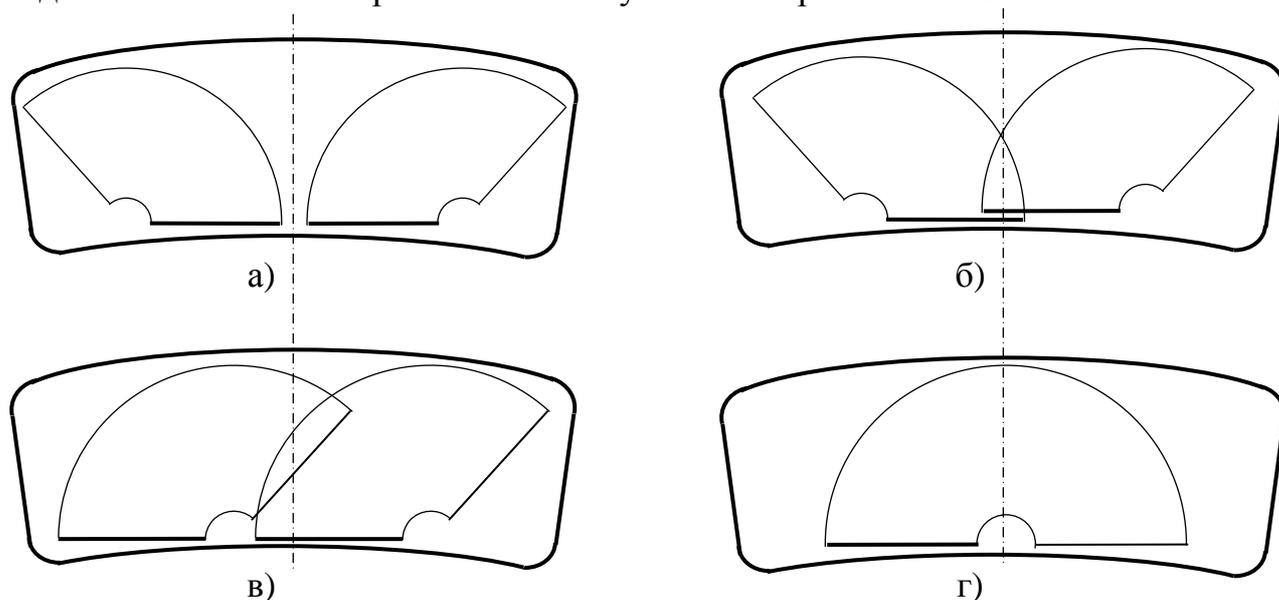


Рисунок 58. Схемы привода щеток стеклоочистителей.

При работе по схеме 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 (схема б). Однако и в этом случае верхняя часть лобового стекла остается неочищенной. При параллельном движении щеток (схема 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 щеток. Небольшие лобовые стекла (ЗАЗ-1102, ОКА) очищаются при помощи одной щетки (схема г).

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.

Для грузовых автомобилей рекомендуются следующие параметры обзорности через зеркала заднего вида (рис. 59).

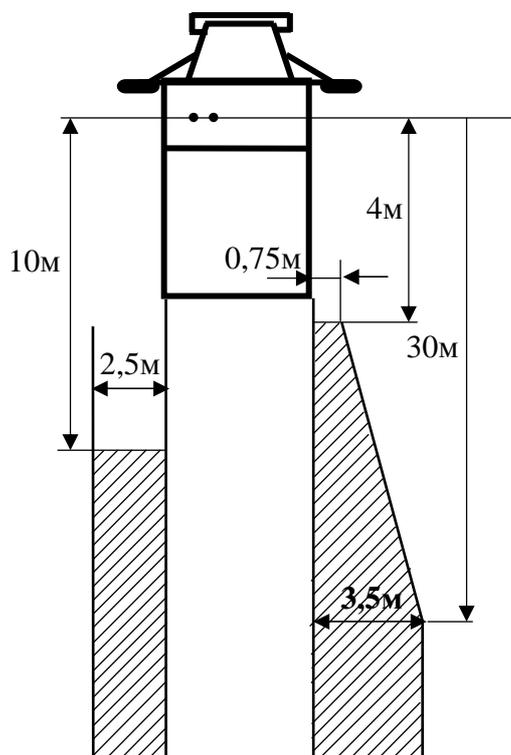


Рисунок 59. Обзорность через зеркала заднего вида.

Поле зрения левого наружного зеркала должно обеспечивать видимость части горизонтальной дороги шириной минимум 2,5м, ограниченную справа вертикальной плоскостью, проходящую через левый край габаритной ширины, и заключенную между линией, расположенной на расстоянии 10 м позади глаз водителя и горизонтом.

Поле зрения правого наружного зеркала должно быть таким, чтобы водитель видел часть горизонтальной дороги шириной минимум 3,5 м, ограниченную слева вертикальной плоскостью, проходящую через правый край габаритной ширины и заключенную между линией, распложенной на расстоянии 30 м позади глаз водителя и линией горизонта. Кроме того, водитель должен иметь возможность видеть часть дороги шириной 0,75 м, распложенную на расстоянии 4 м, позади вертикальной плоскости, проходящей через глаза водителя.

9.2.4. Звуковая 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 распространяются по 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 услышанными 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 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.

9.2.5. Тактильная и кинестатическая информативность автомобиля

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 органов 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, то поэтому 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 выполняются 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.

10. 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.

10.1. Сиденье

Сиденье состоит из остова, подушки, спинки и амортизирующего устройства. Эти основные узлы могут быть изготовлены как отдельно, так и совместно.

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.

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 полезную

площадь кабины. Спинки сидений легковых автомобилей выполняются откидными.

Посадка водителя считается удобной, если части его тела образуют углы, исключающие излишнее мышечное напряжение, благоприятствующие выполнению движений и обеспечивающие возможность управлять автомобилем с минимальной затратой физической энергии. 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 – $15...25^\circ$; 2 – $85...100^\circ$; 3 – $95...120^\circ$; 4 – $65...95^\circ$; 5 – $15...35^\circ$; 6 – $80...110^\circ$; 7 – $170...190^\circ$ (Рисунок 60).

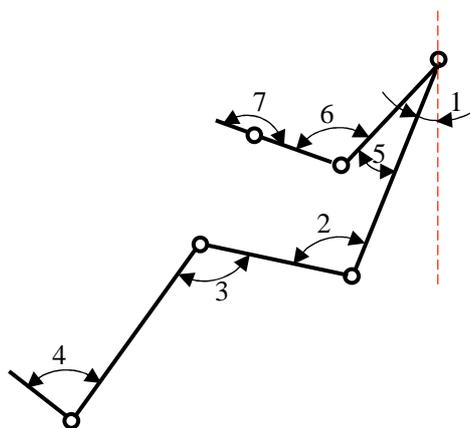


Рисунок 60. Манекен, имитирующий водителя автомобиля.

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. 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. 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 сиденья должна учитывать особенности анатомического строения спины человека – естественной 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. 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 позволяют снизить удельную нагрузку на тело водителя от его собственного веса.

Для снижения давления опорную поверхность сиденья выполняют рельефной, соответствующей форме тела водителя.

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 положений частей тела водителя; от ее глубины – свобода движения коленного сустава; от высоты подушки над уровнем пола – положение глаз относительно окон и зеркал, 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 – предохранения 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 эластичных шин, подвески, пружин сиденья и т.п. 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, плетенные, змейковые и другие пружины. Колебания сидений с металлическими упругими элементами дополнительно можно гасить с помощью специальных амортизаторов (гидравлических или пневматических) двойного действия. Используют также подушки сидений, состоящие из блоков, материал которых обладает хорошими демпфирующими свойствами. В этом

случае используют поролон, губчатую резину, каучуковый латекс и другие материалы. В процессе формования в блоках делают пустоты, занимающие до 50% объема. Воздух, находящийся в пустотах, при нагрузке на сиденье сжимается и служит амортизатором, хорошо гасящим колебания.

Применяя в разных местах подушки различные соотношения объемов пустот и материалов, можно получить желаемую жесткость отдельных частей сидений. Сиденья с подушками из пористых материалов легче пружинных, имеют в 8-10 раз меньше деталей и сборка таких сидений значительно проще.

Сиденья легковых автомобилей, имеющих мягкую подвеску, которая в значительной степени поглощает действующие на них со стороны дороги возмущения, целесообразно делать без пружинных элементов.

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, установленном 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. При гладкой обивке водитель скользит по сиденью, а постоянное перемещение тела требует дополнительных усилий для удержания его в нужном положении и излишне утомляет водителя. Обивка, имеющая чрезмерную шероховатость, вызывает утомление мышц спины.

Обивка сиденья должна сохранять эластичность при температуре от -50 до +70°C. Материалом для обивки служат плотные шерстяные и полушерстяные ткани, кожа и искусственные материалы.

10.2. 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.

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 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 300 – 500 мм. Диаметр обода рулевого колеса грузовых автомобилей выбирают ближе к верхнему пределу, а для легковых и особенно спортивных – ближе к нижнему.

На большинстве автомобилей устанавливается гидроусилитель 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 гидроусилителя небольшим усилием может удерживать управляемые колеса в нужном положении, что особенно важно при выходе из строя шины одного из передних колес. Применение гидроусилителя, благодаря которому уменьшается усилие, прилагаемое к рулевому колесу, дает возможность уменьшить диаметр его обода, что позволяет улучшить обзорность.

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 прикладываемого 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 90-100°, 95-135° и 90-120°.

Рабочее место водителя, оборудованное регулируемым сиденьем, дает возможность создавать оптимальные условия пользования педалями для водителей различного роста.

10.3. 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. Во время работы водитель подвергается воздействию шумов, несущих полезную информацию (звук работающего двигателя, коробки передач, шин в контакте с дорогой, сигналы других автомобилей), и вредных шумов. И те и другие шумы воздействуют на орган слуха и кору головного мозга водителя. Шум ухудшает условия работы водителя, отвлекает его, снижает внимание, увеличивает время реакции, затрудняет восприятие информативных звуковых сигналов своего автомобиля и других участников движения.

На автомобиле к основным источникам шума относятся двигатель, трансмиссия, глушитель, шины. Кроме этого, причиной существенного повышения уровня шума могут быть неотрегулированные тормозные

механизмы, дисбаланс изношенных деталей, плохое крепление деталей кузова и груза и т.д.

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 являются верхним болевым порогом слышимости и относятся к предельно большой громкости.

Интенсивность шума на рабочем месте водителя можно уменьшить с помощью следующих мер: шумопоглощающей обивки под капотом (поглощает шум двигателя); внутренней обивки кузова или салона; звукопоглощающего покрытия металлических поверхностей; плотных прокладок на внутренней поверхности дверей и крыльев (хорошо глушат дорожный шум).

Вибрации. Одним из основных неблагоприятных факторов, действующих на водителя автомобиля, является 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.

Для уменьшения вибрации применяют динамическую балансировку деталей, увеличивают жесткость вибрирующих элементов, создают условия, исключающие возникновение резонанса, используют вибропрокладки и амортизационную подвеску различных агрегатов.

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 окружающей воздуха, температуры двигателя, теплоизоляции кабины, отопления и вентиляции. Наиболее благоприятная температура 18-20°C. 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 $t = 17^{\circ}\text{C}$ и ниже начинается охлаждение тела человека, а температура 11°C 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.

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°C. 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 окислы 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 следующие предельно допустимые концентрации вредных примесей в кабине автомобиля, которые приведены в таблице 6.

Таблица 6. Значения ПДК вредных примесей в кабине автомобиля

Наименование примесей	ПДК, мг/л
Оксид углерода	0,02
Двуокись 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.

10.4. 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 может быть естественной и принудительной.

При естественной системе вентиляции используются отверстия для забора воздуха, расположенные на участках его наибольшего давления на кузов автомобиля (капот, переднее оперение, передняя панель кабины, люки на крыше), и отверстия для вытяжки, находящиеся на участках наибольшего разрежения (задние стенки кузова, задние крылья и стойки).

В современных автомобилях обязательна принудительная вентиляция с помощью электрического вентилятора, нагнетающего воздух в кабину.

Системы отопления. В настоящее время автомобили оборудуются системами отопления с использованием тепла двигателя и независимыми.

Наиболее распространены системы отопления с использованием тепла двигателя. При жидкостном охлаждении отопитель подключают к отдельному радиатору, проходя через который нагревается воздух, подаваемый в кабину автомобиля. При воздушном охлаждении теплоносителем является воздух, проходящий через охлаждающие ребра двигателя. Такие отопители просты, и достаточно эффективны, но имеют недостатки: при жидкостной системе охлаждения температура воздуха в кабине зависит от температуры двигателя, что ограничивает их применение в северных районах; при воздушной системе охлаждения в кабину вместе с теплоносителем попадают пары бензина и отработавшие газы.

Независимые системы отопления (с автономным источником тепла) лишены перечисленных недостатков, но сравнительно сложны, а также требуют дополнительного расхода топлива.

Обычно отопительные и вентиляционные системы объединяют в одну, и эта система служит также для обдува и обогрева стекол.

Системы кондиционирования. Для регулирования температуры и влажности воздуха, подаваемого в кабину автомобиля, служат системы кондиционирования. Наибольшая их эффективность достигается при плотно закрытых окнах. В процессе кондиционирования используется свойство газов поглощать тепло при переходе из жидкого состояния в газообразное, также как в любом бытовом холодильнике.

Предварительно воздух очищается в фильтрах, установленных у всасывающих отверстий, затем проходит через охлаждающее или нагревающее устройство в зависимости от температуры окружающего воздуха, после чего через увлажнитель или осушитель, подается в салон с помощью вентилятора. Кондиционеры бывают с ручной регулировкой или с электронным контролем температуры воздуха в салоне (климат-контроль). При искусственном охлаждении температура в кабине должна быть ниже наружной не более чем на 10-12°С иначе возникает опасность простудных заболеваний.

Охлаждение воздуха осуществляется при помощи механической холодильной установки, которая состоит из радиатора, компрессора и конденсатора. Сжиженный хладагент, проходя через радиатор, испаряется и отнимает часть тепла у окружающего его воздуха. Затем, пары хладагента направляются в компрессор, где сжимаются и, попадая в конденсатор, вновь превращаются в жидкость. Компрессор приводится в действие или от двигателя автомобиля или от электродвигателя. В последнем случае имеется возможность кондиционирования воздуха при неработающем двигателе автомобиля.

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.

11. ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Как отмечалось в начале курса в момент, предшествующий ДТП, а также в начальной фазе его совершения, первостепенное значение имеет надежное выполнение функций активной безопасности. В заключительной фазе ДТП, когда автомобиль потерял устойчивость и управляемость, а водитель исключен из процесса активного воздействия на автомобиль, важнейшими с точки зрения уменьшения тяжести последствий, сохранения жизни участникам движения и сохранности перевозимых грузов, являются функции пассивной безопасности.

Пассивная безопасность – система конструктивных мероприятий направленных на сохранение жизни участникам движения (водителям, пассажирам и пешеходам), а также на снижение количества и тяжести травм, полученных ими в результате свершившегося ДТП.

11.1. 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 экономическим показателям, учитывающим потери страны вследствие аварий. Одним из таких показателей является коэффициент опасности $K_{\text{оп.}}$, характеризующий вероятность смертельного исхода при происшествии для каждого из его участников:

$$K_{\text{оп.}} = (K_1 N_{\text{л}} + K_2 N_{\text{т}} + K_3 N_{\text{с}}) / (N_{\text{л}} + N_{\text{т}} + N_{\text{с}} + N_0)$$

где K_1 , K_2 и K_3 – коэффициенты тяжести последствий, позволяющие привести повреждения различных видов (легкие, тяжелые, смертельные) к повреждениям одного вида; $N_{\text{л}}$, $N_{\text{т}}$ и $N_{\text{с}}$ – число людей, получивших соответственно легкие, тяжелые и смертельные повреждения; N_0 – число 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 $K_{\text{оп.}}$, тем вероятнее смертельный исход и значительней потери от аварии.

Необходимо отметить, что вероятность получения травм и степень их тяжести зависит от места расположения человека в автомобиле во время ДТП.

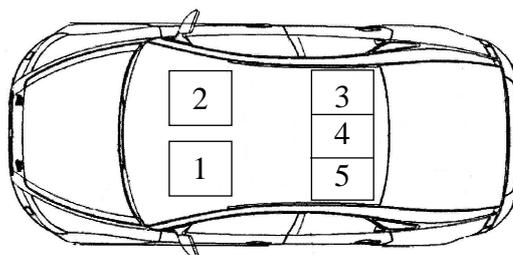


Рисунок 61. Места расположения людей в автомобиле.

В качестве примера приведены осредненные значения коэффициента опасности при встречных столкновения (без применения ремней безопасности), иллюстрирующие относительную опасность мест в автомобиле. 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.

11.2. 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 (мозговой массы, 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.

11.3. Внутренняя пассивная безопасность

Изучение статистических данных по аварийности показывает, что с ростом автомобильного парка и интенсивности движения уменьшается относительное число наездов на пешеходов и возрастает количество столкновений, опрокидываний и наездов автомобилей на неподвижное препятствие. Одновременно возрастает значение внутренней пассивной безопасности.

Совершенствование автомобиля и повышение его внутренней пассивной безопасности происходит одновременно по нескольким направлениям: уменьшение инерционных нагрузок, ограничение перемещения людей в салоне автомобиля во время ДТП, устранение травмоопасных элементов интерьера.

11.3.1. 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 может составлять 80-100 g. Еще больше замедление человека во время вторичного удара.

Для снижения инерционных нагрузок необходимо увеличить продолжительность 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.

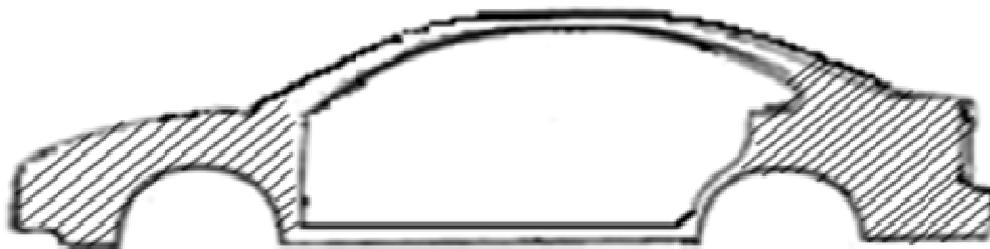


Рисунок 62. Конструкция кузова автомобиля с защитной зоной.

Эти части кузова в большой степени поглощают энергию удара и тем самым не допускают деформацию кузова непосредственно вокруг пассажиров, одновременно снижая возникающие при этом ускорения людей в автомобиле.

В автомобилях рамной конструкции рама увеличивает жесткость не только средней, но и передней части кузова, что затрудняет ее деформацию. Для устранения этого недостатка ослабляют лонжероны и поперечины передней части рамы, уменьшая их сечения, предусматривают отверстия в слабонагруженных элементах рамы, применяют хрупкие материалы, например, алюминиевые трубы и брусья.

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 аварии. Для этого применяются различные усиливающие кронштейны и брусья, которые ввариваются в двери, и располагаются на одной высоте с бампером.

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 и рулевым валом. В результате водитель получает тяжелые травмы лица, груди, брюшной полости, а иногда и сердца.

Исследованиями было установлено, что рулевые колеса, так называемого, «тюльпанного» типа, с точки зрения безопасности будут оптимальными, если будут иметь две спицы, расположенные не диаметрально противоположно, а под углом $140-160^\circ$. 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 20° .

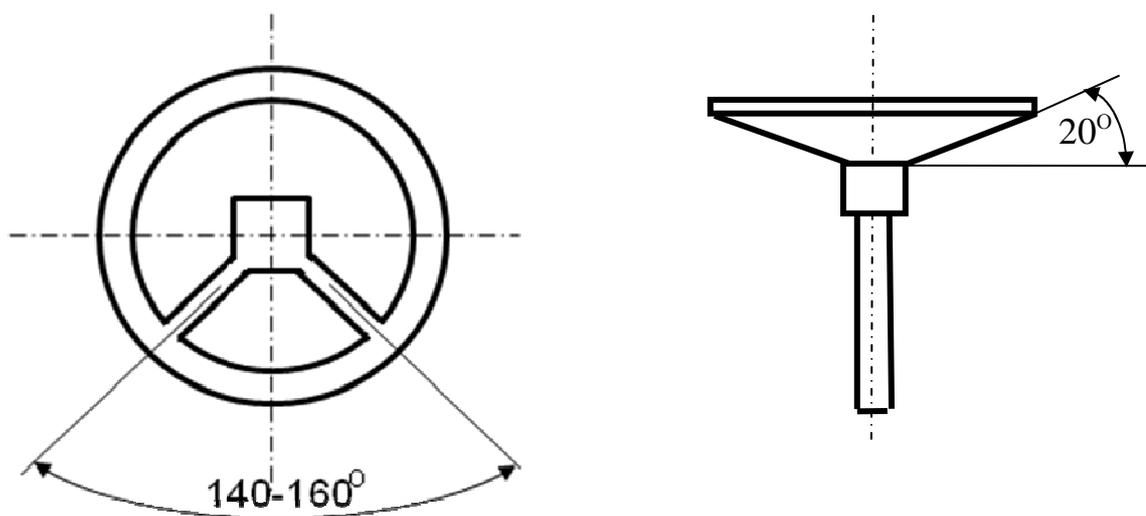


Рисунок 63. Рулевое колесо «тюльпанного» типа.

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 64).

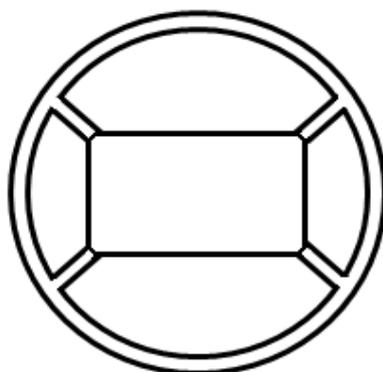


Рисунок 64. Рулевое колесо с увеличенной ступицей.

Безопасные рулевые валы. Конструкции безопасных рулевых валов весьма разнообразны (рисунок 65). Так, чтобы предотвратить возможность продвижения рулевого колеса внутрь салона, применяют рулевые валы с карданными шарнирами (1). При ударе рулевой вал переламывается в шарнире 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.

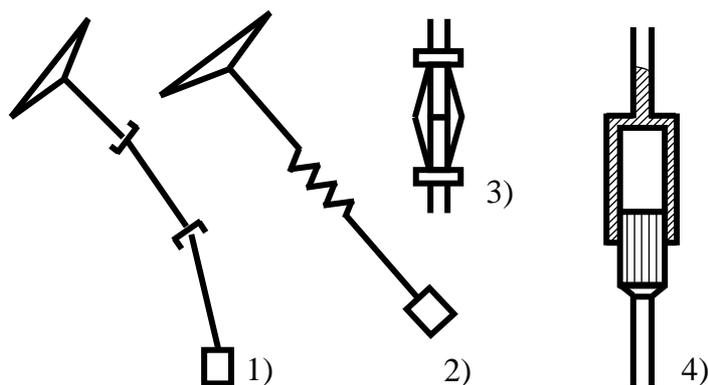


Рисунок 65. Конструкции безопасных рулевых валов.

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 (2). Довольно часто используют деформируемый элемент в виде пластин, приваренных к внутренним концам частей рулевого вала (3). Применяется безопасный рулевой вал, состоящий из двух частей (4). 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 66).

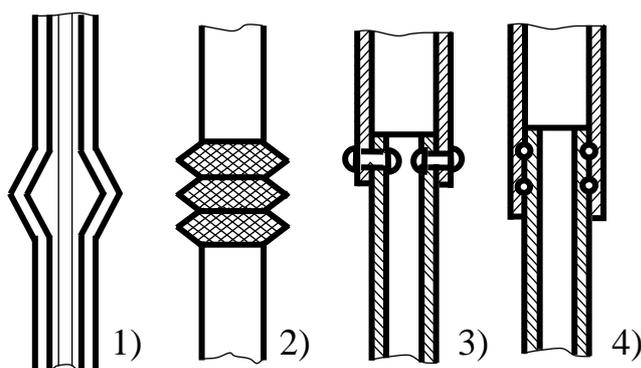


Рисунок 66. Конструкции безопасных рулевых колонок.

Деформируемые элементы могут быть выполнены в виде упругих пластин (1), или в виде гофрированной сетки (2). Часто рулевые колонки делают телескопическими. Внутренние и наружные трубы могут соединяться пластмассовыми заклепками, которые срезаются при ударе (3). Иногда между внутренней и наружной трубами располагают несколько кольцевых поясков со стальными шариками (4). При продольном перемещении труб шарики вдавливаются в их стенки, поглощая при этом энергию удара.

11.3.2. Ограничение перемещения людей в салоне автомобиля

11.3.2.1. Ремни безопасности

Наиболее простым, и вместе с тем эффективным средством, ограничивающим перемещение людей внутри автомобиля при авариях, особенно при лобовых столкновениях или наездах на препятствия, являются ремни безопасности. Законодательствами большинства стран предусмотрено обязательное оборудование ремнями безопасности всех мест для сиденья в автомобиле.

Эффективность ремней безопасности доказана многочисленными исследованиями. Так по данным США и ФРГ, правильное использование ремней уменьшает число травм на 60-75%. По данным шведских исследователей, применение ремней безопасности более чем в 2 раза уменьшает тяжесть последствий и в 50-70 случаях из 100 предотвращает тяжелые ранения.

Имеется большое количество разнообразных конструкций ремней безопасности. Наибольшее распространение получили комбинированные диагонально-поясные ремни, крепящиеся к кузову автомобиля в трех точках. Согласно Правилам ЕЭК ООН №16 расстояние между точками крепления поясного ремня должно быть не менее 0,35 м. Верхняя точка крепления плечевого ремня должна находиться позади верхней точки опоры водителя на сиденье и выше ее. Необходимо, чтобы точки крепления поясного ремня выдерживали усилия не менее 22,7 кН, а плечевого ремня – не менее 22,9 кН. Замки ремня должны открываться одной рукой. Минимальная площадь поверхности кнопки замка должна быть 4,5 см², минимальная ширина 10 мм. Ширина лямки ремня должна быть не менее 51 мм под нагрузкой 10 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 (рисунок 67).

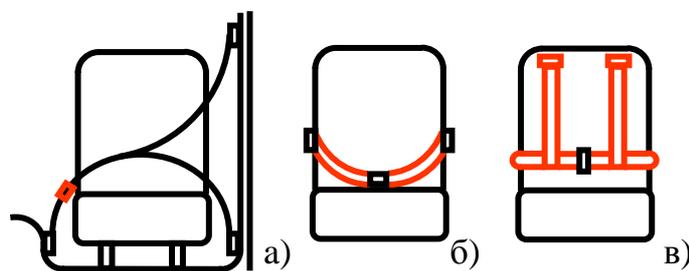


Рисунок 67. Конструкции ремней безопасности.

Точки крепления диагонально-поясных ремней безопасности располагаются на центральных стойках кузова, на внутренних сторонах дверных порогов и на днище кузова с обеих сторон туннеля (а). На грузовых автомобилях применяют поясные ремни безопасности с двумя точками крепления, состоящие из двух лямок и замка (б). На спортивных и гоночных автомобилях используют ремни с четырьмя лямками и соответственно с четырьмя точками крепления (в).

Чтобы увеличить степень использования ремней безопасности, применяют системы, препятствующие запуску двигателя, если ремень не пристегнут. Так на некоторых автомобилях при посадке водителя на сиденье срабатывает датчик, включающий зуммер и световой сигнализатор на панели приборов, предупреждающий о необходимости пристегнуть ремень безопасности, а иногда и одновременно блокируется замок зажигания. После надевания ремня и соединения верхней и нижней частей замка сигнализатор и зуммер выключаются, а замок зажигания разблокируется.

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 больших ускорениях (обычно 0,4-0,5 g) катушка блокирует ремень.

Проведенные исследования выявили 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 порваться.

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.

3. Во время фазы возврата водитель и пассажир резко возвращается 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.

Некоторые фирмы для усовершенствования ремней безопасности применяют амортизирующие устройства (рисунок 68).

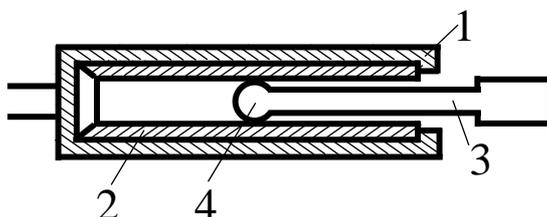


Рисунок 68. Амортизирующее устройство ремня безопасности фирмы «Пежо».

Амортизирующее устройство фирмы «Пежо» устанавливается на конце ремня, и состоит из цилиндрического корпуса 1, внутри которого находится литая пластмассовая втулка 2. Ремень прикреплен к концу штока 3, на другом конце которого имеется пуансон 4. При движении пуансона пластмассовая втулка испытывает радиальную пластическую деформацию. Применение амортизирующего устройства значительно смягчает, действие удара на тело человека, ведет к уменьшению величины нагрузки и к более равномерному ее распределению между тремя ветвями ремня безопасности.

11.3.2.2 Пневматические подушки безопасности

Недостатки ремней безопасности вызвали необходимость разработки устройств, ограничивающих перемещение людей только при аварии и не стесняющие их движения в обычных условиях. К таким устройствам относится система пневматических подушек безопасности, представляющих собой купола специальной формы, изготовленные из многослойного нейлона толщиной 0,3-0,4 мм. Такая система не только весьма эффективна, но и удобна, т.к. срабатывает автоматически при ударе без веских дополнительных условий (ремни безопасности эффективны, если они пристегнуты). Пока система не активирована, они хранятся в сложенном состоянии в ступице рулевого колеса, нише передней панели, спинках передних сидений и т.д. В качестве источника газа для их наполнения используется специальное вещество (кристаллический азид натрия NaN_3), спрессованное в таблетки. В момент столкновения блок управления поджигает пиротехнические патроны, которые нагревают таблетки, и газообразный азот наполняет купола подушек. Высокая скорость химической реакции позволяет раскрыть подушки и создать в них рабочее давление за время, с момента удара автомобиля о препятствие до момента удара водителя о рулевое колесо и пассажиров об элементы интерьера, что составляет 0,02-0,05 с. Скорость раскрытия купола подушки превышает 300 км/ч.

После срабатывания системы купола сбрасывают давление, чтобы не заблокировать водителя и пассажиров в салоне. Все элементы автомобиля, скрывающие внутри себя подушки безопасности, маркируются надписью SRS (Supplementary Restraint System) или AirBag.

Подушки безопасности бывают различных типов.

Фронтальные подушки. Защищают водителя и сидящего рядом с ним пассажира при ударе в переднюю часть салона автомобиля. Основная задача – не допустить удара головой о рулевое колесо, лобовое стекло или переднюю панель. За счет большого объема (водительская подушка – 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 незначительной аварии купола надувается лишь частично, а серьезное столкновение приводит к полному раскрытию подушек. Наиболее совершенные системы при отсутствии пассажира в кресле могут не раскрывать его подушку.

Боковые подушки. 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.

Коленные подушки. Уменьшают вероятность травм коленных суставов водителя и переднего пассажира от ударов о переднюю панель при фронтальном столкновении.

Надувные занавески. Они при боковых ударах совместно с боковыми подушками безопасности защищают людей, находящихся в салоне и, кроме того, обеспечивают защиту головы и плеч при опрокидывании автомобиля.

11.3.3. Травмобезопасные элементы интерьера

Под действующим правилам 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).

Детали автомобиля, ограничивающие жизненное пространство, должны быть без острых граней и углов, выступающие части (кнопки, выключатели, ручки) должны быть утоплены и покрыты мягкой обивкой.

Рычаги, переключатели и кнопки, расположенные на панели приборов в зоне возможного удара о них водителя и пассажиров и выступающие над поверхностью панели на 3-9,5 мм, должны иметь головку площадью не менее 200 мм² с радиусом закругления краев не менее 2,5 мм. Детали, выступающие над панелью более, чем на 9,5 мм, должны под действием горизонтального усилия 390 Н, направленного вперед, утапливаться, отсоединяться или обламываться.

Конструкция кронштейна зеркала заднего обзора, располагающегося внутри салона автомобиля, должна обеспечивать отсоединение зеркала от места крепления при воздействии на него нагрузки 50-60 Н. 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 10-35% 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 частей 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 (триплекс).

Однослойные стекла имеют толщину около 4 мм. Большое преимущество стекол прошедших закалку то, что они при разбивании распадаются на мелкие кусочки с неострыми углами и гранями. Они упруги, и поэтому при ударе изнутри хорошо поглощают кинетическую энергию, т.е. меньше вероятность сотрясения мозга. Закалка стекла обеспечивает ему повышенную прочность. Однако при этом возникают остаточные напряжения, под действием которых при малейшем повреждении все стекло покрывается густой сетью мелких трещин и становится непрозрачным, что 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 состоят из двух слоев стекла толщиной 2-3 мм, склеенных вместе прослойкой из прозрачного пластика, чаще всего поливинилбутирола, толщиной 0,4-0,8 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. Однако слоистые стекла более хрупки, чем закаленные, и в меньшей степени поглощают кинетическую энергию удара. Поэтому удары о трехслойное стекло часто приводят к сотрясению мозга и повреждению костей черепа. 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. Трехслойные ветровые стекла дороже и тяжелее закаленных.

В Японии полимерную прослойку предлагали заменить сеткой из вольфрамовой или никелевой проволоки, которая может быть также использована в качестве обогревательного элемента. Армирование стекла

металлической проволокой повышает его прочностные и защитные свойства. Однако, несмотря на малый диаметр проволоки (20-40 мкм), сетка все-таки заметна и ухудшает прозрачность стекла.

В настоящее время нет единого мнения о том, какие ветровые стекла более безопасны. Во Франции и ФРГ можно применять стекла обоих видов. В США, Канаде, Швеции, Италии – только триплексные. 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 делают закаленными.

11.4. Внешняя пассивная безопасность

В процессе ДТП должна быть обеспечена сохранность, как самого автомобиля, так и других участников движения и объектов. При столкновениях и наездах внешнюю пассивную безопасность обеспечивает, прежде всего, бамперы.

Правильно сконструированный бампер должен обеспечивать не только внутреннюю пассивную безопасность, но также и внешнюю, поглощая при ударе большую часть кинетической энергии. Безопасные бамперы содержат энергопоглощающий элемент, в котором энергии удара преобразуется в работу деформации или тепловую энергию. По типу упругого элемента бамперы могут быть механические, гидравлические, пневматические или комбинированные.

На рисунке 69 показаны бамперы с механическими амортизирующими элементами.

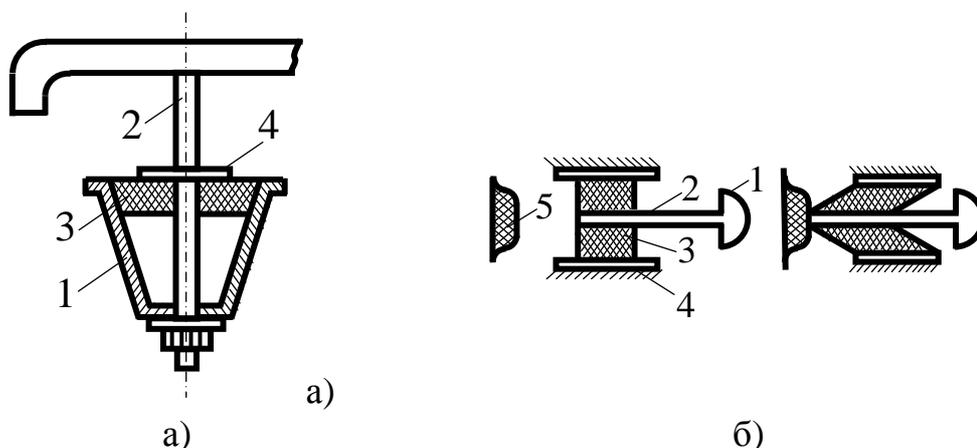


Рисунок 69. Безопасные бамперы с механическими амортизирующими элементами.

В бампере, изображенном на рисунке 69 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 (рисунок 69 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.

В пневматических и гидравлических амортизирующих элементах энергия удара поглощается при сжатии газа или перетекании жидкости через дросселирующие отверстия.

На рисунке 70 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.

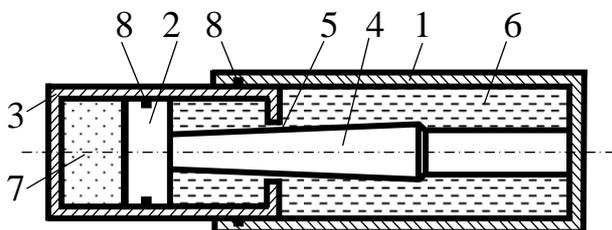


Рисунок 70. Схема бампера с гидропневматическим амортизатором.

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.

Находят применение гидропневматические бамперы из легко деформируемого упругого синтетического материала толщиной около 6 мм (рисунок 71).

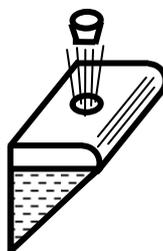


Рисунок 71. Бампер из упругого материала.

В этом случае внутренняя полость бампера заполнена антифризом (во избежание замерзания) объемом 10-20 л, но не полностью. Во время удара при деформации бампера сначала сжимается воздух, находящийся над жидкостью. Затем под действием давления воздуха и жидкости выталкиваются пробки,

закрывающие небольшие отверстия (\varnothing 15-20 мм) в верхней части бампера, и жидкость вытесняется через эти отверстия, на что расходуется энергия удара. При ударе автомобиля с таким бампером, движущегося со скоростью до 50 км/ч о стоящий автомобиль, оба автомобиля получают лишь незначительные повреждения, при скорости менее 30 км/ч не остается никаких следов повреждений.

Другой вариант гидропневматического бампера показан на рисунке 72. В этом бампере внутренняя полость сообщается трубкой 2 с сиффоном 3 из синтетической ткани. Внутри сиффона находится пружина, удерживающая его в сжатом состоянии.

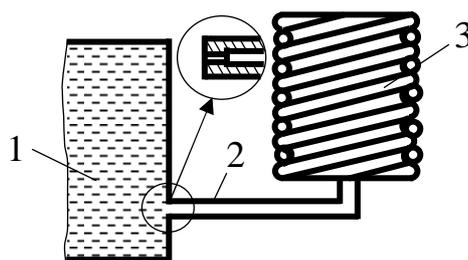


Рисунок 72. Бампер с растягивающимся сиффоном.

При ударе жидкость из внутренней полости бампера выбрасывается внутрь сиффона и, преодолевая сопротивление пружины, увеличивает его объем. Трубка 2 имеет калиброванное отверстие диаметром 15-20 мм, которое увеличивает сопротивление перетеканию жидкости. Энергия удара гасится вследствие перетекания жидкости через небольшое отверстие и преодоления силы пружины сиффона.

В Германии разработан безопасный пневматический бампер, состоящий из двух рукавов 1, уложенных параллельно в выемки каркаса 2 из алюминиевого сплава (рисунок 73).

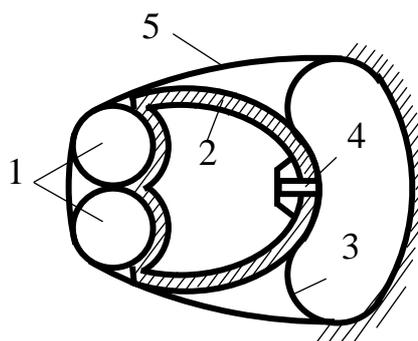


Рисунок 73. Бампер с пневматическим амортизирующим элементом.

Опорный рукав 3 лежит в выемке кузова и сообщается с внутренней полостью каркаса через клапан 4. Все элементы бампера закрыты защитной оболочкой 5. При поездках 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.

Для уменьшения тяжести последствий происшествий, связанных с попутными столкновениями, особенно в случаях, когда легковые автомобили попадают сзади под грузовые, на последних необходимо устанавливать задний бампер (заднее защитное устройство).

В соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 58 этот бампер устанавливают на всех грузовых автомобилях, у которых нижний край кузова находится на высоте более 0,7 м над дорогой или задний свес составляет более 1 м.

Высота поперечного сечения балки заднего защитного устройства должна быть не менее 100 мм. Дорожный просвет до нижнего края защитного устройства не должен быть более 550 мм.

Ширина заднего защитного устройства не должна превышать длину задней оси автомобиля, но не быть короче ее более, чем на 100 мм с каждой стороны.

Увеличение количества наездов транспортных средств на пешеходов и высокая тяжесть последствий этого вида ДТП привели к изменениям внешнего оформления автомобилей. Так, скруглены острые углы кузова, устранены выступающие предметы, например ручки дверей, прекращена установка фигурных фирменных эмблем на передней части капота, бамперы легковых автомобилей делают без «клыков», а с бамперов грузовых автомобилей убраны буксирные крюки.

12. ПОСЛЕАВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

12.1. Опасные явления, возникающие после ДТП

Опасными явлениями, которые могут возникнуть в результате ДТП, являются возгорание автомобиля, заклинивание дверей, заполнение автомобиля водой, если он попал в водоем.

Возгорание автомобиля. Возгорание автомобиля в результате ДТП представляет собой большую опасность, хотя и происходит довольно редко. По статистическим данным различных стран, число ДТП с пожаром не превышает 1,2% от общего числа ДТП. Однако водитель и пассажиры не всегда могут быстро покинуть горящий автомобиль из-за полученных травм или заклинивания дверей. Пребывание же человека в горящем автомобиле более 1,5 минут является для него практически смертельным.

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 факторам 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.

Источником возгорания может быть искрение от трения, искрообразование в системе электрооборудования, раскаленные детали двигателя, открытое пламя.

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. Поэтому конструкция дверных замков должна исключать их заклинивание.

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, за исключением стран, в которых значительная часть дорожной сети проходит по берегам водоемов, например, в Голландии, где все водители обучаются правилам эвакуации из затопленного автомобиля.

12.2. Требования к послеаварийной безопасности автомобиля

Требования к пожарной безопасности автомобиля и соответствующим элементам его конструкции регламентированы Правилами ЕЭК ООН №34 и №36.

Указанные Правила устанавливают, что если после столкновения транспортного средства из топливной системы происходит безостановочная утечка топлива, то она не должна превышать 30 г/мин.

Топливный бак не должен располагаться в салоне автомобиля или в другом отделении, являющегося его составной частью, или составлять какую-либо его поверхность (пол, стенка, перегородка). Салон должен быть отделен от бака огнестойкой перегородкой. Бак должен быть прочно закреплен, а топливо, которое может вытекать из него, попадало на дорогу, а не в салон.

Заливная горловина бака не должна располагаться ни в салоне, ни в багажном отделении, ни в моторном отсеке. Крышка заливной горловины должна иметь плотную посадку на ней, чтобы предотвращать выплескивание топлива при деформации бака.

В закрытом положении крышка должна плотно прилегать к заливной горловине бака и топливо не должно вытекать через крышку или через устройство, предусмотренное для компенсации избыточного давления. В случае опрокидывания автомобиля может допускаться просачивание топлива, если только оно не превышает 30 г/мин.

Если заливная горловина расположена на боковой стороне транспортного средства, то ее крышка в закрытом положении не должна выступать над прилегающей поверхностью кузова.

Топливный бак необходимо располагать как можно дальше от двигателя (если двигатель спереди, то бак сзади и наоборот). Однако установка бака сзади более желательна, так как самые тяжелые ДТП происходят при наездах на

препятствия и лобовых столкновениях, а наезды сзади происходят реже и на меньших скоростях.

Кроме того, бак должен быть установлен таким образом, чтобы он был защищен на случай лобового или бокового удара, поэтому в современных автомобилях бак, как правило, располагают внутри базы, чаще всего под сиденьем задних пассажиров.

Бак не должен заряжаться зарядами статического электричества и при необходимости они должны разряжаться на конструкцию шасси с помощью хорошего проводника.

Топливный бак должен изготавливаться из огнестойкого материала, обычно из стали. Но в последнее время получили распространение топливные баки, изготовленные из негорючей пластмассы. Преимуществами таких баков является то, что они выдерживают большие деформации без разрушения, имеют небольшую массу и обладают высокой антикоррозионной стойкостью.

Элементы топливной системы должны быть защищены частями шасси или кузова от соприкосновения с возможными препятствиями на дороге. Такая защита не требуется, если элементы, находящиеся в нижней части транспортного средства, располагаются по отношению к дороге выше части шасси или кузова, расположенной перед ними.

Топливопроводы, а также любые другие части топливной системы, должны размещаться на транспортном средстве в максимально защищенных местах, но не в салоне.

Электрические провода, за исключением проводов, проложенных внутри полых элементов, должны крепиться к корпусу, стенкам или перегородкам кузова, вблизи которых они проходят. В местах, в которых провода проходят сквозь стенки или перегородки, они должны быть защищены от повреждения изоляции.

Во время и после лобового или бокового столкновения аккумуляторная батарея должна удерживаться на месте ее фиксирующим устройством.

На автобусах должен иметься аварийный выключатель, находящийся в легкодоступном для водителя месте и предназначенный для снижения опасности возникновения пожара после остановки транспортного средства. Этот выключатель служит для быстрой остановки двигателя и отключения аккумуляторной батареи.

Для облегчения эвакуации людей из салона автобус должен иметь запасные выходные люки в крыше и аварийные окна на боковых стенках автобуса. Салон автобуса должен быть оборудован молотками для разбивания стекол. Двери и люки должны иметь наружные рукоятки для открывания.

Автобусы должны иметь один или несколько огнетушителей, при этом один должен находиться вблизи сиденья водителя, а также одну или несколько аптечек для оказания первой медицинской помощи.

Необходимо отметить, что вероятность спасения людей при серьезных ранениях и возникновении пожара, произошедших в результате ДТП, в значительной степени зависит от того, насколько хорошо организована на автомобильных дорогах медицинская и пожарная службы.

13. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

13.1. Влияние автомобиля на окружающую среду

Автомобили оказывают вредное влияние на окружающую среду и человека, так как в отработавших газах их двигателей содержатся опасные для здоровья компоненты, а также при движении автомобилей возникает значительный уровень шума. Кроме того, 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 растительный и животный мир.

13.2. Токсичность отработавших газов двигателей автомобилей

К основным вредным для человека компонентам отработавших газов двигателей автомобилей относятся: окись углерода (CO), окислы азота (NO_x), углеводороды (C_nH_m), окислы серы (SO_x) и твердые частицы (сажа).

Окись углерода – химически инертный газ, обладающий способностью легко смешиваться с окружающим воздухом. Окись углерода опасна для человека тем, что вызывает торможение функций центров образования гемоглобина, вследствие чего в организме нарушаются окислительные процессы, что может привести к смерти. Вначале появляются головные боли, сердцебиение, удушье, рвота, а затем – сонливость и потеря сознания.

Окислы азота – вторые после окиси углерода по своему влиянию на здоровье человека компоненты отработавших газов. Окислы азота разрушают легочную ткань, слизистую оболочку глаз, вызывают состояние беспокойства и, кроме того, они обладают канцерогенными свойствами.

Углеводороды выбрасываются двигателями автомобилей с отработавшими и картерными газами, а также в результате испарения топлива. По некоторым данным, один легковой автомобиль за год испаряет от 60 до 80 л топлива, а один грузовой – от 200 до 500 л.

Наиболее опасным из, так называемых, ароматических углеводородов является бензпирен, обладающий канцерогенными свойствами. Многократное

его воздействие на человека приводит к возникновению раковых заболеваний, эмфиземе легких (гибель эластичных элементов легочной ткани).

Несгоревшие углеводороды вызывают разнообразные хронические заболевания крови, тканей мышц и центральной нервной системы.

Двуокись серы разлагает костный мозг и селезенку, вызывает нарушения в обмене веществ. Малые дозы двуокиси серы вызывают головные боли, раздражение слизистых оболочек, конъюнктивиты и бронхиты.

Соли свинца, содержащиеся в отработавших газах двигателей, представляют собой большую опасность для здоровья человека, так как оказывают на него отравляющее воздействие, нарушают кроветворные 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.

Отрицательное воздействие автомобиля на окружающую среду заключается не только в выделении токсичных веществ, но 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.

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.

13.3. 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.

Методы снижения токсичности выбросов. Эти методы в свою очередь можно разделить на четыре группы:

- методы изменения 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, гомогенизации и обеднению топливно-воздушной смеси, дозирования ее по цилиндрам с помощью систем электронного впрыска, использования 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 (сжиженный или природный газ, водород).

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.

Четвертая группа методов предполагает замену традиционных двигателей другими малотоксичными силовыми установками, такими как газотурбинные, роторно-поршневые или электрические. Теоретически возможно применение паровых двигателей, а также инерционных, аккумулирующих потенциальную или кинетическую энергию.

Следует отметить, что применение электрических двигателей, а также двигателей, работающих на водороде, потребует создания дополнительных энергетических установок для производства электричества и разложения воды на кислород и водород. Эти дополнительные энергетические установки также в основном работают на традиционных видах топлива, при сгорании которых выделяются токсичные компоненты.

Методы уменьшения объемов выбросов. Эти методы в значительной степени относятся к организационно-техническим мероприятиям, которые не связаны с конструктивной безопасностью автомобиля.

Поэтому мы не будем их рассматривать подробно. Укажем лишь, что уменьшение объемов выбросов автомобильным транспортом может быть достигнуто соответствующей организацией транспортных потоков, оптимизацией маршрутов доставки пассажиров в городах, изменением типажа городского транспорта, формированием пассажиропотоков, целесообразной транспортной планировкой городов и совершенствованием организации дорожного движения.

13.4. Автомобильный шум

При движении автомобиля основными источниками шума являются двигатель, трансмиссия, кузов и взаимодействие шин с дорожным покрытием.

Шум от двигателя внутреннего сгорания возникает: во впускном и выпускном трактах; в газораспределительном механизме в результате взаимодействия толкателей с клапанами, 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), в элементах подвески, а также в результате обтекания кузова воздушным потоком при движении автомобиля.

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.

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, 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.

Уровень внешнего шума, создаваемого отдельным транспортным средством, регламентируется Правилами ЕЭК ООН № 51.

13.5. Методы снижения уровня шума автомобилей

Снижение шума двигателя. Шум, возникающий в системе впуска двигателя, является одним из основных шумов автомобиля. Снижение уровня этого шума достигается путем соответствующих конструктивных особенностей впускного коллектора, уменьшающих скорости обтекания его внутренних поверхностей потоком топливно-воздушной смеси, а также благодаря звукопоглощающим свойствам воздушного фильтра, что позволяет снизить 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 автомобили устанавливают глушители, в конструкцию которых включены элементы, обеспечивающие поглощение энергии звуковых волн.

Существуют два основных типа глушителей – активные и реактивные.

Активные глушители представляют собой каналы, внутренние стенки которых покрыты звукопоглощающими материалами. Потери звуковой энергии в таких глушителях обусловлены трением отработавших газов о стенки пор звукопоглощающих материалов. Чем больше длина глушителя и меньше

сечение каналов, тем интенсивнее гасится звук. Поэтому для лучшего поглощения звука глушитель разделяют перегородками на более мелкие каналы. В зависимости от видов таких каналов активные глушители называют пластинчатыми, сотовыми или кольцевыми. Для придания глушителю жесткости и предохранения звукопоглощающих материалов от разрушения их закрывают металлической сеткой.

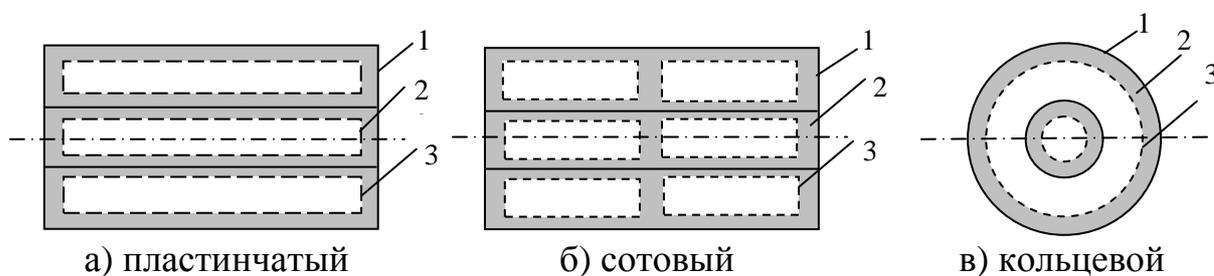


Рисунок 74. Схемы активных глушителей

На рисунке 74 обозначено: 1 – корпус глушителя; 2 – звукопоглотитель; 3 –металлическая сетка.

Реактивные глушители (акустические фильтры) не содержат специального звукопоглотителя и представляют собой различные сочетания камер и трубок, то есть элементов различной акустической упругости. Снижение шума в этих глушителях происходит в результате создания, так называемой «волновой пробки» и отражения звуков обратно к источнику. Реактивные глушители бывают камерными, резонансными и комбинированными. На рисунке 75 представлены схемы камерных глушителей.

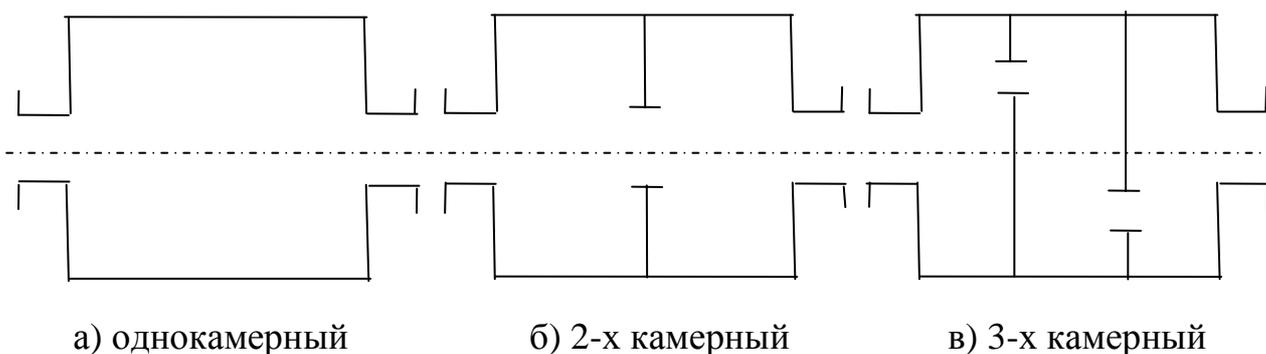


Рисунок 75. Схемы реактивных глушителей

Большое значение для снижения шума двигателя имеет постоянный контроль за состоянием его систем, излучающих шум в процессе эксплуатации автомобиля. И 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 дБ.

Снижению шума двигателя способствует качественное техническое обслуживание автомобиля, в частности, тщательная регулировка систем питания и зажигания.

При слишком обогащенной смеси появляются «выстрелы» в глушителе, при которых повреждаются его конструктивные элементы и резко повышается уровень шума.

Причинами «выстрелов» в глушителе также могут быть неработающие свечи зажигания, а также неправильная регулировка зажигания.

Снижение шума трансмиссии. На уровень шума автомобиля, особенно при его разгоне, оказывает шум, образующийся в агрегатах трансмиссии: в коробке передач, в раздаточной коробке и в главной передаче. Основными причинами возникновения этого шума является износ зубьев шестерен, выкрашивание их рабочей поверхности, износ подшипников и их гнезд, износ шлицевых соединений.

Уровень шума трансмиссии можно уменьшить путем таких конструктивных усовершенствований как: косозубые шестерни постоянного зацепления в коробке передач, гипоидные главные передачи, амортизационная подвеска картеров коробок передач и раздаточных коробок, синтетические смазочные материалы.

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.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б.Е. Боровский – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
3. Рябчинский А.И. Регламентация активной и пассивной безопасности автотранспортных средств: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А.И. Рябчинский, Б.В. Кисуленко, Т.Э. Морозова под ред. А.И. Рябчинского – М.: Академия ИЦ, 2006. – 427 с.
4. Гудков В.А. Безопасность транспортных средств. Автомобили. Учебное пособие для вузов / В.А. Гудков, Ю.Я. Коморов, А.Н. Рябчинский – М.: Горячая линия – Телеком, 2010.- 431 с.
4. Рябчинский А.И. Пассивная безопасность автомобиля / А.И. Рябчинский – М.: Машиностроение, 1983. – 176 с.
5. Дьяков А.Б. Движение автомобилей ночью / А.Б. Дьяков– М.: Транспорт, 1984. – 200 с.
6. Андронов М.А. Безопасность конструкции автомобиля / М.А. Андронов, Ф.Е. Межевич, Ю.М. Немцов – М.: Машиностроение, 1985. – 167 с.
7. Бочаров Е.В. Безопасность дорожного движения: Справочник / Е.В. Бочаров М.Ю., Замета В.С. , Волошинов – М.: Росагропромиздат, 1988. – 284 с.
8. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Вахламов – 3-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 240 с.
9. Степанов И.С. Конструкция автомобиля: в 3 т. Учебник для вузов / И.С. Степанов; под общей ред. профессора А.Л. Карунина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – Т 3: Кузова и кабины. – 464 с.
10. Рябчинский А.И. Основы сертификации. Автомобильный транспорт: Учеб.для вузов / А.И. Рябчинский, Р.К. Фотин – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 336 с.
11. Вахламов В.К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Вахламов – 4-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
12. 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.
13. Транспорт дорожный. Массы и размеры. Технические требования и методы испытаний: СТБ 1877-2008. – Введен 01.12.2008. – Минск: Госстандарт, 2008. – 39 с.
14. Транспорт дорожный. Массы, нагрузки на оси и габариты: СТБ 1878-2008. – Введен 01.12.2008. – Минск: Госстандарт, 2008. – 5 с.