МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Н. И. Дудко, В. Р. Петровец

**ПРАВИЛА И БЕЗОПАСНОСТЬ**

**ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

**КОНСТРУКТИВНАЯ**

**И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ**

**БЕЗОПАСНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ  
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением*

*по образованию в области сельского хозяйства в качестве   
учебно-методического пособия для студентов*

*учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям*

*1-74 04 01 Сельское строительство и обустройство территорий,*

*1-74 05 91 Мелиорация и водное хозяйство, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ*

Горки

БГСХА

2018

УДК 629.067(075.8)

ББК 39.808я73

Д81

*Одобрено методической комиссией*

*мелиоративно-строительного факультета 25.09.2017 (протокол № 1)*

*и Научно-методическим советом БГСХА 27.09.2017 (протокол № 1)*

Авторы:

кандидат технических наук, профессор *Н. И. Дудко*;

доктор технических наук, профессор *В. Р. Петровец*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры транспортных и

технологических машин Белорусско-Российского университета

*Е. И. Берестов*;

главный государственный инженер-инспектор, начальник инспекции Гостехнадзора Могилевской области *И. Н. Игнатенко*

|  |  |
| --- | --- |
| Д81 | **Дудко, Н. И.**  Правила и безопасность дорожного движения. Конструктивная и экологическая безопасность механических транспортных средств : учебно-методическое пособие / Н. И. Дудко, В. Р. Петровец. – Горки : БГСХА, 2018. – 166 с.  ISBN 978-985-467-813-9.  Приведены важнейшие конструктивные и эксплуатационные свойства автомобиля. Рассмотрены силы, действующие на транспортное средство, тормозная динамика и устойчивость, управляемость и проходимость, маневренность и плавность хода, а также информативность транспортного средства. Изложены вопросы активной, пассивной, послеаварийной и экологической безопасности транспортных средств. |

**УДК 629.067(075.8)**

**ББК 39.808я73**

|  |  |
| --- | --- |
| **ISBN 978-985-467-813-9** | © УО «Белорусская государственная  сельскохозяйственная академия», 2018 |

**ВВЕДЕНИЕ**

В Республике Беларусь на 1 января 2016 г. насчитывалось 4 169 026 единиц транспортных средств. Необходимо отметить, что за последние 10 лет количество автомобилей увеличилось на 56,2 %, причем в основном за счет увеличения количества транспортных средств индивидуальных владельцев. Общее количество механических транспортных средств на 1 января 2016 г. было 3 920 131 единица. В предприятиях и организациях числилось 451 298 автомобилей, а у физических лиц насчитывалось 3 468 833 автомобиля.

Положительное значение автомобилизации, которая является важной составной частью технического прогресса, бесспорно и очевидно. Но по мере расширения использования транспортных средств возрастает угроза увеличения человеческих и материальных потерь, связанных с дорожно-транспортными происшествиями. За период с 2005 по 2014 г. в Республике Беларусь было совершено 60 639 дорожно-транспортных происшествий, в результате чего погибло 11 874 человека, было ранено 64 643 человека. По вине водителей в нетрезвом состоянии за этот период было совершено 7 848 дорожно-транспортных происшествий.

Предупреждение, ограничение тяжести последствий этой негативной стороны автомобилизации все усложняется, так как современные транспортные средства по технической возможности обладают большой кинетической энергией, т. е. они – источник повышенной опасности. Их столкновения, наезды на людей или неподвижные препятствия вызывают, как правило, тяжелые последствия.

Поэтому большое значение имеет проблема обеспечения безопасности дорожного движения. И не только потому, что дорожно-транспортные происшествия на автомобильном транспорте приносят огромные экономические потери, но и из-за специфических особенностей проблемы. Решение ее выходит за рамки ведомственной задачи, так как находится в прямой зависимости от подготовленности к участию в дорожном движении всех его участников, их дисциплинированности и желания соблюдать установленный порядок.

Данные статистики говорят о том, что из-за неправильных действий и ошибок водителей, а также нарушений ими Правил дорожного движения ежегодно совершается 70–80 % дорожно-транспортных происшествий. Водители не всегда ориентируются в возникающей опасной обстановке, не все из них имеют навыки выполнения приемов безопасного управления транспортными средствами в ограниченном пространстве, на перекрестках и пешеходных переходах, в транспортном потоке, в темное время суток, в условиях недостаточной видимости и других случаях.

От водителей требуются знания основ безопасности дорожного движения – закономерностей движения, психофизиологических возможностей человека в критических дорожных ситуациях, технических возможностей транспортного средства, его взаимодействия с дорогой в зависимости от дорожных и климатических условий.

Дорожное движение – движение пешеходов и (или) транспортных средств по дороге, в том числе стоянка и остановка в пределах дороги, и связанные с ним общественные отношения.

В процессе дорожного движения образуется система «водитель – автомобиль – дорога». В механическом соотношении между этими элементами действует прямая связь: водитель управляет, автомобиль движется по дороге. В инженерно-психологическом отношении имеет место обратная связь: дорога передает информацию, водитель воспринимает ее и использует для управления автомобилем. Таким образом, можно говорить о сложившейся системе **«водитель – автомобиль – дорога»**.

Точное выполнение Правил дорожного движения – одно из условий обеспечения безопасности дорожного движения.

Современные автомобили по своей технической возможности обладают большой кинетической энергией, поэтому их столкновения, наезды на людей или на неподвижные препятствия, как правило, вызывают тяжелые последствия, т. е. автомобиль является источником повышенной опасности.

Водители автомобилей не всегда правильно ориентируются в возникшей опасной обстановке, не все из них владеют практическими навыками выполнения приемов безопасного управления транспортными средствами. Высокое мастерство вождения машины достигается приобретением точных навыков вождения, прочных знаний техники вождения, правил движения транспортных средств. Мастерство вождения характеризуется безопасным и экономичным вождением автомобиля в любых дорожных и погодных условиях, качественным выполнением всех работ ежедневного технического обслуживания, умением предупредить остановки в пути по техническим неисправностям и другим причинам.

Водитель любого транспортного средства обязан знать эксплуатационные возможности машины, уметь правильно оценивать дорожную обстановку и в случае необходимости оказать первую помощь пострадавшим при дорожно-транспортном происшествии (ДТП). Водитель должен обладать высоким профессиональным мастерством.

*Профессиональное мастерство* – это совокупность профессионального интеллекта и технических навыков управления автомобилем.

Профессиональный интеллект помогает водителю прогнозировать и делать оценку сложившейся дорожно-транспортной ситуации (ДТС), определить уровень ее потенциальной опасности, выбрать и принять единственно правильное решение.

Технические навыки дают возможность уже в возникших критических ситуациях выбрать и реализовать действия по управлению автомобилем так, чтобы предотвратить ДТП или уменьшить тяжесть возможных последствий.

Важное значение имеет и техника управления автомобилем, под которой понимается совокупность целенаправленных действий водителя, обеспечивающих устойчивое состояние комплекса «автомобиль» – «водитель» – «дорога» и оптимальное решение задач, стоящих перед водителем в процессе движения.

В условиях дорожного движения относительная легкость оперативных действий водителя сочетается с чрезвычайной сложностью управления автомобилем. По этой причине как бы ни были совершенны автомобили, идеальны проектируемые и эксплуатируемые дороги, совершенны технические системы управления движением трудно добиться существенного снижения ДТП, если за рулем будет находиться низко квалифицированный, недостаточно грамотный водитель, не обладающий культурой вождения и безопасными навыками управления автомобилем.

Безопасность транспортного средства включает в себя комплекс конструктивных и эксплуатационных свойств, снижающих вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий, тяжесть их последствий и отрицательное влияние на окружающую среду. К параметрам, характеризующим безопасность транспортного средства, относятся: информативность автомобиля, его конструктивная и экологическая безопасность.

**1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЯ**

**1.1. Общие положения**

*Автомобиль* – сложное транспортное средство (ТС). Возможность эффективного использования транспортного средства в определенных условиях и в соответствии с конструкцией определяется его эксплуатационными свойствами, определяемыми на основе измерителей и показателей.

*Измеритель* – это параметр, характеризующий эксплуатационные свойства автомобиля. Например, измерителем динамичности автомобиля служат скорость и ускорение. Измеритель характеризует эксплуатационное свойство с качественной стороны. Иногда для полной оценки какого-либо свойства требуется несколько измерителей.

*Показатель* – число, характеризующее величину измерителя, его количественное значение. Показатель позволяет оценить эксплуатационные свойства транспортного средства при определенных условиях. Обычно к показателям прибегают для установления граничных возможностей механического транспортного средства в конкретных усло­виях эксплуатации. Одним из показателей динамичности автомобиля является максимальная скорость, развиваемая им на горизонтальном участке дороги с хорошим покрытием за определенное время.

*Качества транспортного средства* – это совокупность свойств, обусловливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением. Свойство характеризует какое-либо качество, выявленное в сравнении с аналогичным качеством другого транспортного средства. Важнейшими эксплуатационными качествами автомобиля являются производительность, экономичность, проходимость и др.

*Конструктивная безопасность* – это свойство автомобиля, которое подразделяют на активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность.

Все факторы, влияющие на дорожное движение и его безопасность, условно можно разделить на взаимосвязанные части: водитель – автомобиль – дорога. Дорожные условия включают дорогу с ее обустройством (дорожное полотно, обочины, мосты и т. п.); окружающую обстановку (средства регулирования, другие транспортные средства, пешеходов, зеленые насаждения, близлежащие строения); погодно-климатические условия (температуру, влажность, ветер, осадки, освещенность и т. д.).

Объединение этих составляющих в единую систему позволяет обеспечивать взаимное соответствие отдельных ее элементов.

Неудовлетворительное функционирование хотя бы одного из элементов системы, отсутствие четкой связи между ними, их несоответствие приводят к нарушению безопасной перевозки пассажиров и грузов.

Термин «дорожно-транспортное происшествие» (ДТП) применим к транспортному средству только в процессе дорожного движения. Не следует заменять его другими названиями (авария, автопроисшествие и т. д.). Этот термин получил официальное признание во всех документах и полностью соответствует своей сущности, так как указывает на связь с любым транспортным средством и дорогой, охватывает события, нарушающие процесс дорожного движения.

Термин «дорожно-транспортное происшествие» в Правилах дорожного движения (ПДД) принят как происшествие, совершенное с участием хотя бы одного находившегося в движении механического транспортного средства, в результате которого причинен вред жизни или здоровью физического лица, его имуществу либо имуществу юридического лица.

Воздействие на водителя дополнительных нагрузок, вызванных недостатками конструкции ТС или его неудовлетворительным техническим состоянием, может ухудшить качество управления и привести к ДТП. В то же время удачная конструкция ТС компенсирует физиологические недостатки водителя, повышает безопасность движения.

В каждом дорожно-транспортном происшествии выделяют три фазы:

* начальную;
* кульминационную;
* конечную.

Они неразрывно связаны между собой, каждая фаза является логическим продолжением предыдущей и в свою очередь предопределяет развитие последующей.

*Начальная фаза* *ДТП* характеризуется условиями движения ТС и других участников движения (других факторов, автомобилей, мотоциклов, трамваев, пешеходов и т. п.) перед возникновением опасной ситуации. Под опасной ситуацией понимают такую дорожную ситуацию, при которой участники движения должны принять все имеющиеся в их распоряжении меры для предотвращения происшествия и снижения тяжести его последствий. Если эти меры не приняты или они оказались недостаточно эффективными, то опасная обстановка может перерасти в аварийную, т. е. в такую дорожную ситуацию, при которой участники дорожного движения уже не располагают технической возможностью предотвратить ДТП, и оно становится неизбежным.

*Кульминационная фаза ДТП* характеризуется событиями, вызывающими наиболее тяжелые последствия (разрушение транспортного средства, травмирование пешеходов и т. п.). Если в ДТП участвует небольшое количество транспортных средств и пешеходов, то кульминационная фаза продолжается недолго (обычно несколько секунд) и развивается на участке дороги небольшой протяженности. В особо неблагоприятных случаях, когда в происшествие вовлечено много транспортных средств (так называемые цепные ДТП), продолжительность кульминационной фазы значительно увеличивается, возрастают и размеры зоны дорожно-транспортного происшествия.

*Конечная фаза* *ДТП* часто заканчивается прекращением движения транспортного средства. В отдельных случаях, например, при возникновении пожара на опрокинувшемся автомобиле, конечная фаза ДТП продолжается и после его остановки.

**1.2. Активная безопасность транспортных средств**

*Активная безопасность* – это свойство транспортного средства предотвращать дорожно-транспортное происшествие (снижать вероятность его возникновения). Активная безопасность проявляется в период, соответствующий начальной фазе дорожно-транспортного происшествия, когда водитель еще в состоянии изменить характер движения транспортного средства.

Активная безопасность транспортного средства зависит от его конструкции: габаритных и массовых параметров, тяговой и тормозной динамичности, устойчивости и управляемости.

*Конструктивная безопасность* является одним из обобщенных свойств ТС. Для количественной характеристики применяют эксплуатационные показатели (минимальный тормозной путь, максимальное замедление, критические скорости по условиям заноса и опрокидывания и т. п.) и другие свойства.

Для активной безопасности большое значение имеет информативность транспортного средства, под которой понимается его свойство обеспечивать водителя и других участников дорожного движения необходимой информацией. Водитель в зависимости от конструкции ТС получает информацию об окружающей обстановке, характере его движения, режиме работы его агрегатов и систем. Благодаря информативности ТС другие участники движения имеют возможность опре­делить его тип, скорость и направление движения и прогнозировать на ближайшее время расположение его на дороге и расстояние от других транспортных средств.

От оборудования рабочего места водителя, его соответствия требованиям эргономики зависит возможность реализации эксплуатационных свойств, заложенных в конструкции транспортного средства. Необходимость сохранения всех показателей на допустимом уровне в течение всего срока службы является отличительной чертой конструк­тивной безопасности транспортного средства.

**1.3. Габаритные и массовые параметры транспортных средств**

С целью обеспечения безопасности дорожного движения все транспортные средства, допускаемые к участию в дорожном движении, должны удовлетворять требованиям, ограничивающим их размеры и массу. Во всех странах такие требования устанавливаются в законодательном порядке.

Габаритные параметры (габаритные длина *L*а и ширина *В*а, база *L*) автомобиля имеют большое значение для формирования транспортного потока по его ширине и длине, а также для безопасности дорожного движения.

Габаритная высота *Н*а имеет значение при проезде автомобилей под путепроводами и проводами контактной сети. Чрезмерно высокие транспортные средства (например, двухэтажные троллейбусы или автобусы, полуприцепы-панелевозы или автомобили-фургоны) 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.

Согласно Правилам дорожного движения, максимальная допустимая габаритная высота транспортного средства составляет 4 м. Если транспортное средство выше 4 м, то на проезд требуется специальное разрешение.

При движении механического транспортного средства оно подвергается воздействию различных случайных возмущений, стремящихся изменить характер движения. К таким возмущениям относятся удары колес о неровности покрытия, изменение поперечного уклона дороги, центробежные силы, боковой ветер, случайные повороты передних колес и т. д. В результате этих возмущений транспортное средство отклоняется от принятого направления движения, и водитель вынужден поворачивать рулевое колесо, возвращая автомобиль в исходное положение. Вследствие этого даже на строго прямолинейных участках дороги автомобиль движется не прямолинейно, а по кривым больших радиусов, т. е. автомобиль значительную часть времени находится под углом к оси дороги, и размер полосы, потребной для его движения, – динамический коридор – превышает его габаритную ширину.

Важное значение для безопасности встречного разъезда транс­портных средств, особенно на закруглениях и поворотах, а при высоких скоростях движения и на прямых участках дорог, имеет динамический габарит по ширине, т. е. полоса движения по ширине, очерченная крайними точками левой и правой сторон транспортного средства (ТС).

Такие отклонения ТС возрастают с увеличением его длины, скорости движения, ухудшения чувствительности сенсорных органов водителя. При управлении ТС водитель не замечает расхождения реальной и намеченной траектории движения до тех пор, пока параметры, характеризующие эти расхождения, находятся вне зоны чувствительности его сенсорных органов. Порог чувствительности водителем угла отклонения продольной оси автомобиля от осевой линии обычно равен 10–15°, порог определения бокового смещения относительно проезжей части – 5–15 см, порог ощущения боковой скорости не превышает 3° в секунду, порог ощущения центробежного ускорения – 0,3 м/с2.

На величину динамического коридора автопоезда оказывают существенное влияние конструктивные и эксплуатационные параметры.

В научно-исследовательском институте автомобильного транспорта (НИИАТ) исследовалось влияние некоторых параметров автопоезда на динамический коридор, занимаемый в процессе движения по различным траекториям. Результаты этих наблюдений, иллюстрирующие зависимости бокового ∆у и углового ∆β отклонений автопоезда от заданной траектории при входе в поворот, приведены на рис. 1.1 и 1.2.

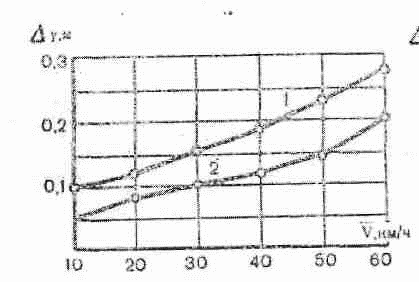


Рис. 1.1. Изменение поперечного отклонения

автопоезда в зависимости от скорости:

*1* – порожний; *2* – груженый

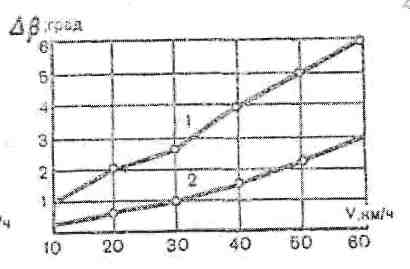


Рис. 1.2. Изменение углового отклонения

автопоезда в зависимости от скорости:

*1* – порожний; *2* – груженый

Увеличение скорости на каждые 10 км/ч ведет к росту отклонений на 0,25–0,5 м в зависимости от геометрических и весовых параметров автопоезда, что объясняется ростом центробежных сил на повороте, а также тем, что водитель ведет автопоезд, ориентируясь на предметы, расположенные вдоль дороги относительно кромки проезжей части или осевой линии. С увеличением скорости движения водителю значительно труднее корректировать положение автопоезда относительно этих ориентиров в условиях дефицита времени. Водитель запаздывает с корректирующими действиями, что увеличивает отклонения ТС, а значит, и динамического коридора по ширине.

Отклонения от заданной траектории груженого автопоезда по сравнению с отклонением порожнего на 0,1–0,2 м меньше, так как груз увеличивает составляющие силы тяжести, противодействующие силам, отклоняющим поезд. Смещение положения центра тяжести к оси полуприцепа значительно уменьшает поперечные и угловые отклонения автопоезда и ведет к облегчению труда водителя по корректированию траектории движения. Таким образом, даже при движении ТС по прямым участкам полоса дороги, занимаемая им, может значительно превышать габаритную ширину. В связи с этим при строительстве дорог ширину одной полосы выбирают в зависимости от категории дороги 3,0–3,75 м с увеличением ее на закруглениях.

Увеличенная по ширине полоса движения, занимаемая ТС при маневрах в плане и на проездах с малыми радиусами, ухудшает условия движения для остальных транспортных средств и ведет к созданию аварийных ситуаций при относительно малой ширине полосы движения существующей сети дорог.

Однако уширение дорог нецелесообразно, так как их строительство обходится довольно дорого. Поэтому для повышения безопасности движения в существующих условиях необходимо применять такие сочетания конструктивных и эксплуатационных параметров ТС, дорог, организации движения, которые отвечали бы требованиям безопасности движения.

Увеличение динамического габарита по ширине (ДГШ) при криволинейном движении объясняется качением колес по разным радиусам. На участках дорог с малым радиусом СНиП предусматривает увеличение ширины полосы в 1,5 раза. Для грузового автомобиля с прицепом при радиусе поворота 6 м максимальная ширина ДГШ может достигать 6 м, т. е. более чем вдвое превосходить габаритную полосу, занимаемую ТС при неподвижном состоянии.

Ширина динамического коридора зависит от размеров автомобиля и скорости его движения.

На основании наблюдений за большим числом автомобилей установлена примерная ширина полосы движения для транспортных средств различных видов, м:

легковые автомобили – 2,8–3,1;

грузовые автомобили и автобусы – 3,5–4,3;

крупногабаритные грузовые автомобили и троллейбусы – 3,7–4,5.

Минимальные значения характеризуют ширину полосы, по которой транспортные средства движутся со скоростью 11 м/с. Максимальные значения – со скоростью 33 м/с.

В технической литературе опубликованы также эмпирические зависимости между габаритной шириной автомобиля *В*а, скоростью его движения *v* и шириной динамического коридора *В*к. Одна из этих зависимостей имеет следующий вид:

*В*к = 0,054*v* + *В*а + 0,3,

где *v* выражается в м/с, а *В*а – в м.

Ширина динамического коридора, необходимая для безопасного движения автомобилей с высокими скоростями, иногда значительно превышает ширину полосы движения, установленную СНиП.

На узких дорогах водители вынуждены вести автомобиль с меньшей скоростью, чем позволяют его технические возможности. Водители, не соразмерившие скорость движения с габаритными размерами управляемого автомобиля и дорожными условиями, могут стать участниками дорожно-транспортного происшествия.

Для автопоездов ширина динамического коридора с увеличением скорости возрастает быстрее, чем для одиночного автомобиля, вследствие уголовных колебаний прицепов или полуприцепов в горизонтальной плоскости (виляния). При определенной скорости угловые колебания прицепов становятся настолько большими, что водитель не может устранить их поворотом рулевого колеса и вынужден уменьшать скорость.

Еще более заметно влияние геометрических параметров автомобиля на безопасность при криволинейном движении. Хотя при крутых поворотах скорости автомобиля обычно невелики и случайные возмущения незначительны, ширина динамического коридора (рис. 1.3 и 1.4) может быть достаточно большой.

Ее можно определить по формуле

,

где *R*н и *R*в – соответственно наружный и внутренний габаритные радиусы поворота автомобиля;

*L*/ = *L* + *C* – расстояние от заднего моста до передней части автомобиля (*L* – база автомобиля; *С* – передний свес).

Согласно данному выражению, при малых значениях *L*/ ширина динамического коридора незначительно отличается от габаритной ширины автомобиля (*В*к ≈ *В*а).

При *L*/ ≈ *R*н *В*к может значительно превышать *В*а, что вынуждает строителей расширять полосы движения на криволинейных участках дорог.

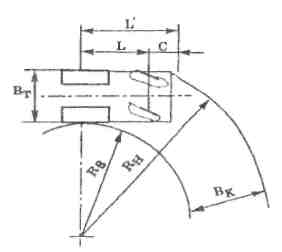


Рис. 1.3. Динамический коридор одиночного ТС

при криволинейном движении

На криволинейных участках дороги с большим радиусом требуемое уширение полосы движения невелико, но на криволинейных участках с малым радиусом она должна быть расширена почти в 1,5 раза.

С учетом большого влияния геометрических параметров транспортных средств на безопасность дорожного движения рекомендуются следующие их максимально допустимые значения:

– по длине: для автомобиля, троллейбуса, прицепа – 12 м; для автобуса с двумя осями – 13,5 м; для автобуса более чем с двумя осями – 15 м; для сочлененного автобуса и сочлененного троллейбуса – 18,75 м; для автопоезда – 20 м;

– по ширине: для транспортных средств с изотермическим кузовом – 2,6 м; для автомобилей КрАЗ, МАЗ-509А, МАЗ-543, МАЗ-5316, МАЗ-6317, МАЗ-6425, МЗКТ-6906 и их модификации – 2,75 м; для других транспортных средств – 2,55 м.

ДГШ автопоезда с полуприцепом, база которого значительно превышает базу тягача, рассчитывают с достаточной для практики точностью для одиночного ТС при условии, что поворот колес не превышает 5...20°. При больших углах поворот у таких поездов происходит относительно двух" центров поворота и метод для одиночного ТС непригоден.

Величина *Сп* зависит от числа прицепов, их базы и длины. При минимальных радиусах *Сп* первого прицепа 0,7–1,0 второго – 1,4–2,0 м. В приведенных методах расчета ДГШ не учитывается влияние бокового увода колес, что в определенных условиях допустимо.

Полоса движения автопоезда на повороте имеет сложную конфигурацию (рис. 1.4).

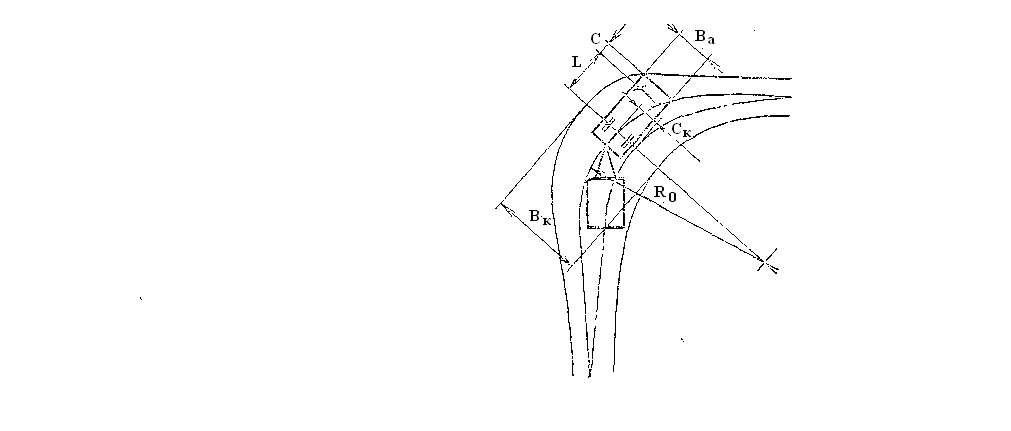


Рис. 1.4. Динамический коридор автомобиля

с прицепом при криволинейном движении

С внешней по отношению к центру поворота стороны она ограничена траекторией края переднего крыла или бампера тягача, а с внутренней стороны – задним углом прицепа. Ширина динамического коридора при входе в поворот и при выходе из него примерно равна габаритной ширине автопоезда и достигает максимального значения *В*к max приблизительно в середине поворота:

,

где *В*а, *L* и *С* – соответственно габаритные ширина, база и передний свес тягача;

*R*0 – радиус кривизны круговой траектории, по которой движется середина заднего моста тягача;

*С*п – сдвиг заднего моста прицепа относительно моста тягача.

При движении автопоезда по дуге минимального радиуса величина сдвига для прицепа составляет 0,7–1,0 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*0 = 6 м и *С*п = 1 м максимальная ширина кори­дора может достигать 6 м, т. е. больше чем вдвое превосходит габа­ритную ширину тягача. Большая ширина полосы движения, занимае­мой автопоездами, наряду с их неудовлетворительной динамичностью является одной из причин снижения скорости транспортного потока при наличии в нем автопоездов.

Для улучшения маневренности автопоезда и уменьшения ширины динамического коридора применяют прицепы с управляемыми передними колесами, что позволяет прицепу с большой точностью следовать по колее тягача, почти не увеличивая ширину динамического коридора.

По отношению к центру поворота с внешней стороны она ограничена траекторией края переднего бампера буксирующего транспортного средства, а с внутренней стороны – задним углом прицепа. При входе в поворот и выходе из него ширина динамического коридора примерно равна ширине автопоезда и достигает максимального значения *В*к в середине поворота.

Масса транспортного средства для безопасности движения имеет косвенное значение. Ее влияние в основном отражается на сроках службы дорожного покрытия. Покрытие длительное время выдерживает движение автомобилей, не разрушаясь, только в том случае, если оно рассчитано с учетом величины возможных нагрузок и частоты их приложения. Срок службы покрытия значительно увеличивается, если при организации автомобильных перевозок учитывается прочность дорожной одежды. 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 дорожной одежды. Покрытие, имеющее достаточный запас прочности, при расчете на однократное воздействие нагрузки разрушается при ее многократном приложении.

Чем больше масса транспортного средства, тем больше динами­ческие нагрузки на дорогу, тем меньше срок службы покрытия. По­этому, несмотря на очевидные преимущества применения подвижного состава большой массы, во всех странах строго соблюдают ог­раничение осевых нагрузок транспортных средств.

**1.4. Силы, действующие на транспортное средство**

При движении транспортное средство испытывает действие различных сил. Так, на поворотах возникает центробежная сила, которая способствует заносу автомобиля или его опрокидыванию. Резкое торможение транспортного средства, как правило, приводит к блокировке колес, транспортное средство начинает двигаться по дороге юзом, в результате чего теряет управление. На дороге могут создаваться опасные ситуации из-за нарушения сцепления при движении в условиях гололедицы, снега или дождя.

На движущийся автомобиль действуют следующие силы:

1. сила тяжести *G*а;
2. сила тяги на ведущих колесах *Р*т;
3. силы сопротивления качению *Р*к1, *Р*к2;
4. сила сопротивления подъему *Р*п;
5. сила сопротивления воздуху *Р*в;
6. сила инерции *Р*и.

Силы, приложенные на определенном плече, образуют моменты.

Силы и моменты, действующие на транспортное средство, которое разгоняется на подъеме, показаны на рис. 1.5.

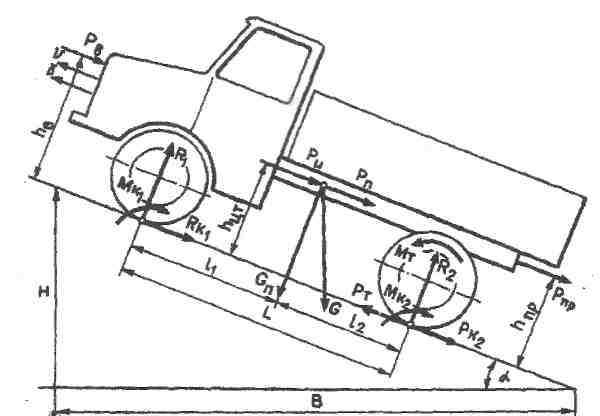


Рис. 1.5. Силы и моменты, действующие на транспортное средство:

*l*1 – расстояние от передней оси до центра тяжести автомобиля;

*l*2 – расстояние от задней оси до центра тяжести автомобиля;

*L* – база автомобиля (расстояние от передней до задней оси);

*h*цт – расстояние от центра тяжести автомобиля до полотна дороги;

*h*в – высота приложения силы сопротивления воздуху;

*h*пp – высота силы приложения сопротивления движению прицепа;

*Р*т – полная тяговая сила на ведущих колесах;

*G* – сила тяжести:

*Р*п – сила сопротивления подъему;

*G*п – составляющая силы тяжести, направленная перпендикулярно плоскости дороги;

*R*l и *R*2 – нормальные реакции дороги на передние и задние колеса;

*Р*к1 и *Р*к2 – сила сопротивления качению передних и задних колес;

*Р*в – сила сопротивления воздуху;

*Р*пр – сила сопротивления движению прицепа;

*Р*и – сила инерции;

*М*к1 и *М*к2 – моменты сопротивления качению передних и задних колес;

*М*т – крутящий (тяговый) момент;

*v* – скорость движения автомобиля;

*j* – ускорение автомобиля;

*а* – угол подъема дороги;

*Н* – высота подъема;

*В* – горизонтальная проекция длины подъема

**Сила тяжести и центр тяжести**

Сила тяжести при любых условиях движения транспортного средства остается постоянной по величине и направлению. Она направлена сверху вниз и прижимает колеса транспортного средства к поверхности дороги, создавая сцепление между шинами и дорогой.

Следует помнить, что масса транспортного средства и сила тяжести – различные силы. Вес транспортного средства – это сила, с которой оно действует на горизонтальную опору. Сила тяжести – одна из составляющих сил тяготения. Она вызывает падение на землю незакрепленного тела. Вес транспортного средства приложен к колесам в месте соприкосновения с дорогой, сила тяжести – к центру тяжести транспортного средства.

На неподвижное транспортное средство действуют сила тяжести и силы реакции опорной поверхности (рис. 1.6).

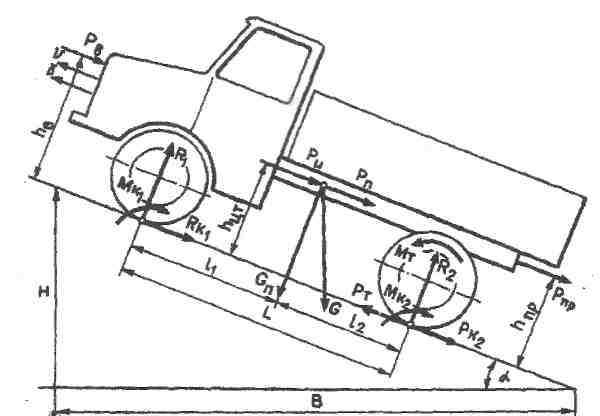


Рис. 1.6. Силы, действующие на неподвижное транспортное средство

Вес и сила тяжести транспортного средства равны по направлению, но приложены к разным точкам. Сила тяжести направлена вертикально вниз и распределяется по осям. Часть ее, приходящаяся на ведущие колеса, называется сцепным весом.

Центр тяжести – это воображаемая точка, в которой как бы сосредоточена вся масса автомобиля. Важным фактором обеспечения безопасности дорожного движения является расположение центра тяжести по высоте транспортных средств, а также распределение веса по его осям. Это связано с тем, что расположение центра тяжести по высоте существенно влияет на перераспределение нормальных реакций на колеса при разгоне, торможении, наклонах. Центр тяжести у транспортного средства расположен между передней и задней осями.

Распределение массы транспортного средства по осям характеризуется нагрузками, приходящимися на переднюю и заднюю оси автомобиля, или разными реакциями дороги на колеса этих осей (рис. 1.7).

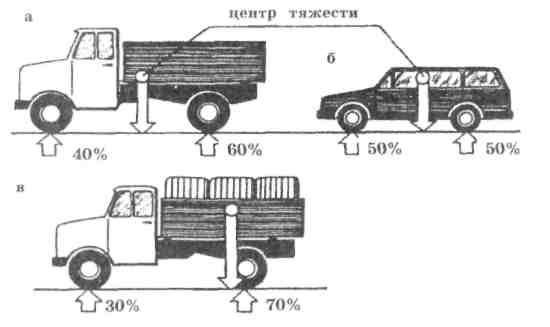


Рис. 1.7. Распределение массы транспортного средства по осям

Передние и задние колеса прижимаются к дороге с разной силой. Масса легкового автомобиля распределяется по осям приблизительно поровну (рис. 1.7, *б*). На переднюю ось порожнего грузового автомобиля приходится примерно 40 % его собственной массы (рис. 1.7, *а*), груженого – только 30 % от общей массы автомобиля (рис. 1.7, *в*) с грузом.

Распределение массы транспортного средства по осям зависит от положения центра тяжести. Чем ближе к оси расположен центр тяжести, тем больше нагрузка на эту ось.

Положение центра тяжести оказывает значительное влияние на устойчивость и управляемость транспортного средства. У легковых автомобилей центр тяжести находится на высоте около 0,6 м, у грузовых – 0,7–1,0 м, у автобусов – 0,7–1,2 м. Если груз уложен неравномерно, то центр тяжести смещается в сторону расположения груза, при этом нарушается устойчивость и управляемость груженого транспорт­ного средства.

Чем выше расположен центр тяжести, тем хуже устойчивость транспортного средства. Это особенно характерно для автобусов при наличии стоящих пассажиров (рис. 1.8, *а*), автомобилей, перевозящих крупногабаритные грузы (рис. 1.8, *б*), автомобилей-фургонов и специальных транспортных средств (автокраны).

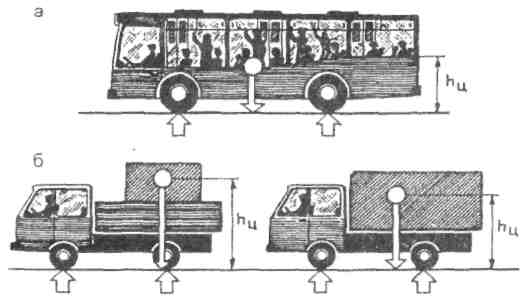


Рис. 1.8. Центр тяжести транспортного средства

У транспортных средств, перевозящих жидкости в цистернах, при неполном их заполнении центр тяжести на поворотах смещается в сторону от центра поворота (рис. 1.9), поэтому устойчивость против опрокидывания у транспортных средств, цистерна которых заполнена не полностью, хуже, чем у транспортных средств с цистерной, полностью заполненной жидкостью.

Продольная и поперечная устойчивость транспортного средства при его прямолинейном движении обеспечивается в том случае, если направление действия силы тяжести не выходит за пределы периметра точек опоры транспортного средства. В противном случае оно опрокинется.

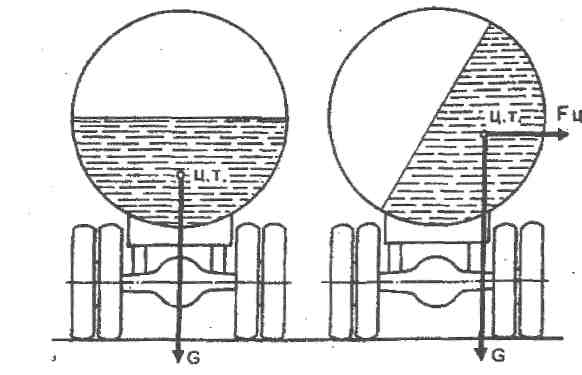


Рис. 1.9. Центр тяжести транспортного средства, перевозящего

жидкость

**Определение положения центра тяжести**

Для определения положения центра тяжести транспортного средства необходимо воспользоваться весами платформой, с помощью которых фиксируются:

1) полная масса транспортного средства;

2) масса, приходящаяся на переднюю ось при горизонтальном положении транспортного средства;

3) масса, приходящаяся на переднюю ось, когда задние колеса подняты на определенную высоту;

4) масса, приходящаяся на передние и задние колеса только на одной стороне транспортного средства.

*Определение положения центра тяжести по горизонтали вдоль транспортного средства.*

Расстояние центра тяжести от передней оси транспортного средства равно вертикальной нагрузке на задние колеса, умноженной на величину базы транспортного средства и деленной на полную силу тяжести *mg* (рис. 1.10).

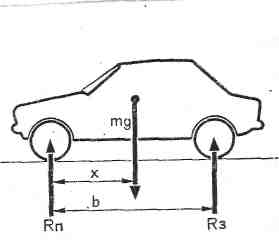


Рис. 1.10. Схема определения положения центра

тяжести транспортного средства

Возьмем моменты сил относительно точки приложения силы *Rп*. Момент, действующий по часовой стрелке, должен быть равен моменту, действующему против часовой стрелки:

*.*

***Пример.*** Транспортное средство имеет длину базы 2,56 м и общую массу 909 кг. При его неподвижном состоянии 46 % общей массы воздействует на зание колеса. Вычислить расположение центра тяжести от передней оси.

Масса, приходящаяся на задние колеса, равна 909 ∙ 0,46 = 418 кг.

= м.

*Положение по горизонтали поперек транспортного средства*(рис. 1.11)

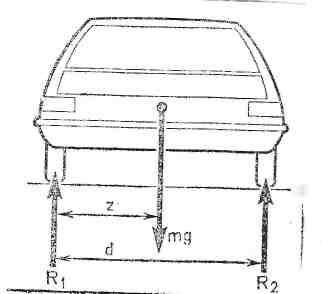


Рис. 1.11.Положение центра тяжести по горизонтали

поперек транспортного средства

Определим положение центра тяжести транспортного средства по высоте (вертикали), используя рис 1.12.

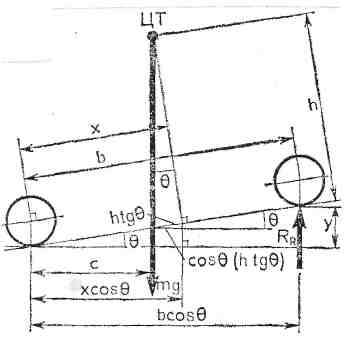


Рис. 1.12. Схема определения центра тяжести

транспортного средства по вертикали

На рис. 1.12 приняты следущие обзначения:

*x* – расстояние вдоль базы от центровой линии передних колес, м;

*R*З– реакция на задних колесах при горизонтальном положении транспортного средства, Н;

*b* – база, м;

*mg* – действующая на транспортное средство полная сила тяжести, Н;

*z* – расстояние от вертикальной плоскости, проходящейся через левые колеса до центра тяжести, м;

*R*2 – реакция на колесах с правой сороны транспортного средства, Н;

*d* – ширина колеи, м;

*h* – высота центра тяжести, м;

*RR* – реакция на задних колесах, когда заняя часть транспортного средства приподнята, Н.

Сумма моментов, взятых по часовой стрелке, равна сумме моментов, взятых против часовой стрелки:

Подставляя это значение в выражение

*mgc = ,*

получим:

*;*

*;*

*= ,*

итак, высота по вертикали равна:

*h = .*

***Пример.*** В результате взвешивания и измерения транспортного средства выявлены следующие его характеристики:

полная масса – 1280 кг;

масса, приходящаяся на переднюю ось при горизонтальном положении транспортного средства – 614 кг;

масса, приходящаяся на заднюю ось – 1280 – 614 = 666 кг;

масса, прихоящаяся на переднюю ось, когда задняя ось приподнята на 0,5 м – 672 кг;

масса, приходящаяся на приподнятую заднюю ось – 1280 – 672=   
= 608 кг;

масса, приходящаяся на правые колеса – 600 кг;

база – 2,9 м;

колея – 1,3 м.

Угол наклона траспортного средства, когда задняя ось приподнята, составляет

; *=*10о.

Следовательно,

Определим положение центра тяжести транспортного среддства:

а) расстояние от передней оси по горизонтали вдоль транспортного средства

*=* 1,5 м;

б) расстояние от левых колес по горизонтали поперек транспортного средства

= 0,6 м;

в) высота центра тяжести

*h =*  = = = 0,69.

**Сила тяги на ведущих колесах.** Сила, движущая транспортное средство, возникает в результате взаимодействия ведущих колес с дорогой, обусловленного крутящим моментом, передаваемым от двигателя к ведущим колесам.

Полная окружная сила *Р*т на ведущих колесах в точках соприкосновения шин с дорогой определяется по формуле

*Р*т = *М*т / *r*к,

где *М*т – тяговый момент;

*r*к– радиус колеса, м.

Ведущее колесо действует на почву и отталкивает ее с некоторой силой (стремится переместить назад верхний слой дорожного покрытия). Со стороны дороги на ведущие колеса в зоне контакта действует противоположно направленная сила – касательная реакция дороги. В месте контакта ведущих колес с дорогой возникает тяговая сила, которая действует на автомобиль в направлении его движения.

**Сила сопротивления качению.** Часть мощности двигателя расходуется на преодоление сил сопротивления качению. Эти силы представляют собой сумму сил, затрачиваемых на преодоление деформации дороги, трения поверхности шин о дорогу, внутреннего трения материала шин при их деформации.

Рассмотрим три состояния колеса транспортного средства, снабженного пневматическими шинами, при движении по твердой и ровной дороге (рис. 1.13).

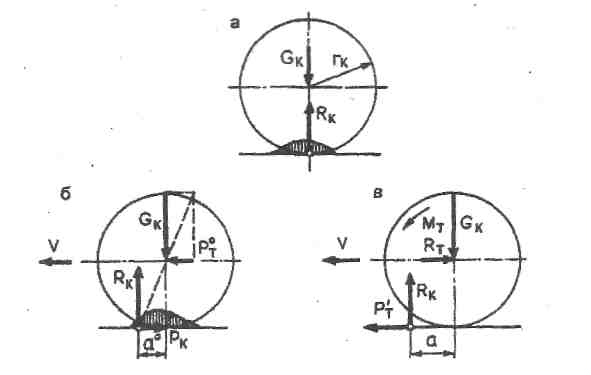


Рис. 1.13. Силы, действующие на колесо

при различном его состоянии

У неподвижного колеса, нагруженного только вертикальной силой *G*к, распределение давления в зоне контакта симметрично относительно вертикальной оси (рис. 1.13, *а*). Нормальная реакция *R*к располагается на оси симметрии.

У ведомого колеса при качении под действием горизонтальной толкающей силы, приложенной к его оси, участки шины, входящие в зону контакта, сжимаются, а выходящие из нее – расширяются.

Равнодействующая *R*к нормальной реакции смещена относительно вертикального диаметра колес вперед на расстояние *a*°, называемое плечом сопротивления качению, в результате чего возникает момент *М*к = *R*к ∙ *a*° Уравновешивает названный момент толкающая сила , приложенная к оси ведомого колеса, которая вместе с касательной реакцией дороги *Р*к образует пару сил.

Касательная сила *Р*к ведомого колеса представляет собой силу трения, которая направлена против движения. Вследствие наличия этой силы колесо будет катиться, а не скользить по поверхности дороги.

Составим уравнение равновесия моментов сил относительно оси вращения колеса:

*Р*к*r*к = *R*к*а*° = *М*к,

откуда

*Р*к = *а*° / *r*к*R*к;*Р*к = *а*° / *r*к*G*к = *f G*к,

где *r* – радиус (расстояние от поверхности дороги до оси катящегося колеса), м.

Отношение *а*° / *r* называется коэффициентом сопротивления качению ведомого колеса:

*f* = *a*° / *r* к = *P*к / *R*к = *Р*т° / *R*к.

*Следовательно, коэффициент сопротивления качению численно равен отношению силы, вызывающей равномерное качение колеса, к нормальной реакции дороги.*

При качении ведущего колеса добавляется тяговый момент *М*т, подведенный к колесу полуосью, в результате возникает реакция кузова или рамы на оси колеса *R*т, а в месте контакта колеса с дорогой – тяговая сила *Р*т/. Нормальная реакция дороги *R*k смещается на некоторую величину *а*, которая больше, чем *а*°, и зависит от крутящего момента на колесе.

Условие равновесия ведущего колеса относительно оси его вращения выражается формулой

*M*т =*r*к + *R*к*a*,

или

*М*т / *r*к = *Р*т/ + *R*к ∙ *а* / *r*к,

где *Р*т – полная окружная сила на колесе;

*а* / *r*к = *f* – коэффициент сопротивления качению ведущего колеса.

*R*к = *G*к , тогда *Р*т = *Р*т/ + *G*к ∙ *f*, откуда *Р*т = *Р*т/ – *G*к ∙ *f*.

Следовательно, от ведущего колеса автомобилю передается сила   
*Р*т/ = *Р*т – *Р*к.

На твердых и ровных покрытиях сопротивление качению возникает за счет затрат энергии на деформирование шины и ее трения о дорогу. Поэтому повышение давления воздуха в шинах снижает потери на качение. На щебеночной, гравийной дороге и булыжной мостовой сопротивление качению в результате ударов колес о неровности покрытия возрастает. Во время движения по грунтовым дорогам или по неуплотненному снегу происходит деформирование грунта или снега с образованием колеи, за счет чего сила сопротивления качению увеличивается. При качении колеса по рыхлому грунту снижение давления воздуха в шине способствует уменьшению деформации дороги и снижению коэффициента *f*. Часть энергии затрачивается на проскальзывание шины и удары о неровности, но потери на деформацию шины имеют несущественное значение.

В процессе движения автомобиля по дороге с твердым покрытием сопротивление качению увеличивается с уменьшением давления воздуха в шине. С увеличением размера шин сопротивление качению уменьшается, а с увеличением нагрузки на колесо на фоне неизменного внутреннего давления в шине сопротивление качению возрастает. Увеличение нагрузки на 20 % сверх максимально допустимой повышает коэффициент *f* примерно на 4 % .

При передаче крутящего момента сопротивление качению возрастает, так как шина деформируется не только в вертикальном направлении, но и по окружности. Если крутящий момент очень большой, элементы протектора проскальзывают по дороге, и на трение в области контакта затрачивается дополнительная энергия. Коэффициент сопро­тивления качению, если скорость движения составляет 10–15 м/с, практически не меняется (табл. 1.1). С увеличением скорости движения коэффициент сопротивления качению возрастает в широких пределах, так как шина в области контакта не успевает полностью распрямиться, и затраченная на деформацию шины энергия возвращается не полностью. Кроме того, с повышением скорости движения скорость деформации шины увеличивается, что приводит к возрастанию внутреннего трения в покрышке, а это в свою очередь вызывает увеличение коэффициента *f*.

Таблица 1.1. **Значение коэффициентов сопротивления качению**

|  |  |
| --- | --- |
| Вид дороги | Среднее значение |
| Асфальтобетонное или цементно-бетонное шоссе:  в отличном состоянии  в удовлетворительном состоянии | 0,012–0,018 0  018–0,020 |
| Щебеночное или гравийное шоссе:  обработанное вяжущими органическими материалами  без обработки | 0,020–0,025  0,03–0,04 |
| Брусчатка | 0,020–0,025 |
| Булыжная мостовая:  в хорошем состоянии  с выбоинами | 0,023–0,030  0,035–0,050 |
| Хорошие нескользкие гравийные и грунтовые дороги | 0,020–0,025 |
| Гравийные дороги с незначительной колейностью, сухие | 0,03 |
| Плохие нескользкие грунтовые и гравийные дороги с колейностью | 0,06 |
| Грунтовые дороги после дождя | 0,05–0,15 |
| Грунтовые размокшие дороги с глубоко прорезанной колеей и в период распутицы | 0,1–0,25 |
| Суглинистая или глинистая целина:  сухая  в пластическом состоянии  в текущем состоянии | 0,10–0,20  0,20–0,30 |
| Песок влажный | 0,08–0,15 |
| Песок сыпучий (сухой) | 0,15–0,30 |
| Снежные укатанные дороги расчищенные | 0,03–0,05 |
| Снежные дороги нерасчищенные | До 0,10 |
| Лед или обледенелая дорога | 0,018–0,03 |
| Укатанный снег | 0,07–0,10 |

Кроме того, при высоких скоростях значение деформации шин возрастает из-за увеличения потерь на удары шин о неровности дороги и возникновения колебаний протектора шин. Эти колебания продолжаются на большей части длины окружности шины, что вызывает большие потери на внутреннее трение в материале. Оба эти явления приводят к дополнительным потерям энергии, что существенно увеличивает сопротивление качению колеса.

**Сила сопротивления подъему. Уклон дороги.** Уклон означает крутизну склона. Это – высота подъема или спуска *у*, измеренная по вертикали и деленная на пройденное расстояние *х*,измеренное по горизонтали.

На рис. 1.14 показан уклон 1:10 или 0,1. В вычислениях он выражается числом метров подъема, приходящимся на каждый метр пройденного пути по горизонтали.

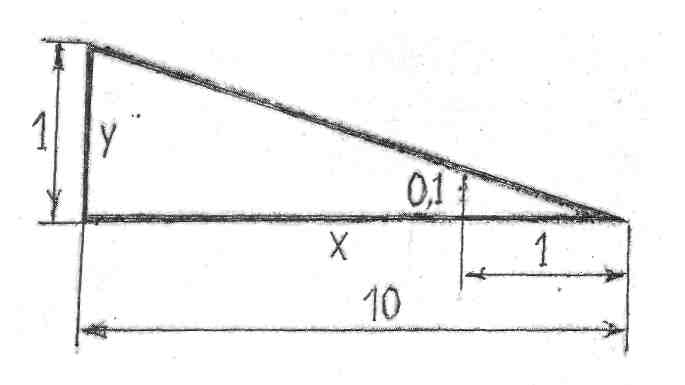


Рис. 1.14. Измерение величины уклона

Уклон достаточно точно можно определить с помощью жидкостного уровня и линейки. Для этого нужно положить уровень на дорогу вдоль направления линии измерения уклона*.* Поднять нижний конец до горизонтального положения уровня. Удерживая уровень в этом положении, измерить расстояние между приподнятым концом уровня и дорогой.

Разделить это расстояние на длину уровня. Чем длиннее уровень, тем точнее результат.

В Правилах дорожного движения сказано, что запрещается участие в дорожном движении механических транспортных средств, если стояночная тормозная система не обеспечивает неподвижного состояния: транспортных средств с полной нагрузкой на уклоне до 16 % включительно; легковых автомобилей и автобусов в снаряженном состоянии на уклоне до 23 % включительно; грузовых автомобилей и автопоездов в снаряженном состоянии на уклоне до 31 % включительно.

***Пример.***Если длина уровня 1 м и нижний конец находятся в 70 мм от поверхности дороги, то уклон равен 70 / 1000 = 0,07.

Угол уклона равен arctg 0,07 = 4°.

Уклон дороги может выражаться в процентах, это тангенс угла, выражены в сотых долях.

Пример: tg 7 %.

Крутизну подъема можно характеризовать углом *а* в градусах или уклоном *i*, который представляет собой отношение повышения (высоты) *Н* к заложению (длине участка подъема) *В* (см. рис. 1.3), т. е.

*i* = *Н* / *В* = tgα.

Предельные уклоны на автомобильных дорогах имеют незначительную величину (на дорогах первой технической категории предельный уклон не должен превышать 3 %, на второй – 4 %, третьей – 5 %, четвертой – 6 % и пятой – 7 %). Сложные участки пересеченной местности не должны иметь уклон более 9 % .

Силу тяжести *G* автомобиля, находящегося на подъеме, можно разложить на две составляющие: *Р*п – параллельную дороге и *G*п – перпендикулярную дороге. Сила *Р*п, параллельная дороге, называется силой сопротивления подъему, т. е. при движении на подъем транспортное средство испытывает дополнительные сопротивления, зависящие от угла наклона дороги к горизонту. Сопротивление тем больше, чем больше масса транспортного средства и угол наклона дороги. На спуске сила *Р* направлена в сторону движения и, следовательно, является движущей силой.

**Сила сопротивления воздуху.** При движении транспортного средства часть мощности расходуется на преодоление сопротивления воздуху. Сила сопротивления воздуху в основном определяется силой давления встречного воздуха и силой, создаваемой разряжением за автомобилем. Сила сопротивления воздуху увеличивается с увеличением плотности воздуха, поперечных размеров и скорости движения автомобиля, а также с ухудшением обтекаемости транспортного средства. С уве­личением скорости сила сопротивления воздуху увеличива­ется в квадратной зависимости от скорости. Поэтому

*Р*в = *К*в *F*в *v*2,

где *К*в – коэффициент сопротивления воздуху (коэффициент обтекаемости), зависящий от формы и качества отделки поверхности транспортного средства;

*F*в – лобовая площадь транспортного средства, м2;

*v* – скорость движения транспортного средства, м/с.

Коэффициент обтекаемости *К*в равен силе сопротивления воздуху, создаваемой лобовой площадью 1 м2 транспортного средства при его движении со скоростью 1 м/с (табл. 1.2).

Таблица 1.2. **Средние значения коэффициентов обтекаемости *К*в**

**для автомобилей различных типов**

|  |  |
| --- | --- |
| Тип автомобиля | *К*в (Н ∙ с2/м4) |
| Автобусы | 0,40–0,60 |
| Гоночные и спортивные автомобили с обтекаемой формой кузова | 0,15–0,20 |
| Грузовые автомобили | 0,60–0,80 |
| Легковые автомобили с необтекаемой формой кузова | 0,35–0,60 |
| Современные легковые автомобили с закрытым кузовом | 0,20–0,30 |

Лобовой площадью автомобиля *F*в называют площадь его проекции на плоскость, перпендикулярную продольной оси автомобиля (табл. 1.3).

Таблица 1.3. **Примерные значения лобовой площади для**

**автомобилей различных типов**

|  |  |
| --- | --- |
| Тип автомобиля | *F*в (м2) |
| Легковые автомобили:  малого класса  среднего и большого класса | 1,5–2,0  2,0–2,8 |
| Грузовые автомобили | 3,0–6,0 |
| Автобусы | 3,0–7,5 |

При движении транспортного средства возникает и вертикальная сила. У серийных транспортных средств она направлена вверх и называется подъемной силой. У скоростных транспортных средств (гоночных, спортивных) она направлена вниз (так как кузов имеет специаль­ную форму) и увеличивает силу сцепления шин с дорогой.

С увеличением расстояния между тягачом и прицепом сопротивление *К*в увеличивается. Если прицеп максимально приближен к тягачу, *К*в увеличивается на 9 % по сравнению с одиночным автомобилем-тягачом; при расстоянии 30–50 см – на 16 %; при 50–80 см – на 32 %.

Прицеп увеличивает коэффициент обтекаемости транспортного средства (автопоезда) на 20–25 %, а контейнеры, установленные поперек кузова, – на 25–30 %.

Багажники, устанавливаемые на транспортных средствах, ухудшают *К*в. Для грузовых автомобилей уменьшение силы *Р*п может быть достигнуто затягиванием грузовой платформы брезентом наклонно от крыши кабины к заднему борту. *Р*в снижается в этом случае на 20–25 %. Значительно уменьшается сила сопротивления воздуха у грузовых автомобилей, у которых кабина расширена до ширины кузова применением специальных обтекателей и щитков.

Влияние сопротивления воздуха на длину пути скольжения до полной остановки исключительно мало по сравнению с влиянием силы трения между шиной и дорогой и в нормальных условиях не учитывается.

**Сила сцепления колес с дорогой.** Сцепление колес с дорогой является необходимым условием, без которого движение автомобиля невозможно. При недостаточной силе сцепления колес с дорогой колеса проскальзывают по поверхности дороги, не создавая необходимой движущей силы.

Сила сцепления, возникающая между колесом и дорогой, зависит от массы, приходящейся на данное колесо, и от состояния поверхности дороги. Качество сцепления колес с дорогой принято характеризовать коэффициентом сцепления.

К скользящему при торможении автомобилю приложены две противоположные силы (рис. 1.15): сила *F*п, действующая в направлении движения, и сила *Ff*, действующая в противоположном направлении.

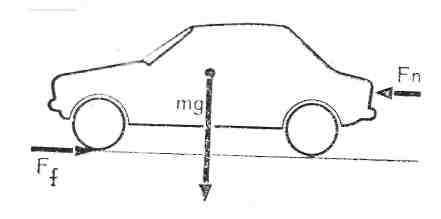


Рис. 1.15. Схема определения коэффициента сцепления

Сила *F*п равна произведению массы транспортного средства на его замедление. Это следует из второго закона Ньютона, который гласит: изменение количества движения пропорционально силе, вызывающей это изменение, и направлено одинаково с приложенной силой.

Количество движения движущегося транспортного средства есть произведение его массы на скорость. Масса остается постоянной, следовательно, сила *F*п пропорциональна темпу изменения скорости, т. е. замедлению:

Сила равна произведению коэффициента сцепления шин с дорогой и силы тяжести, действующей на транспортное средство. Здесь имеет место простой закон трения, т. е.

Из сказанного выше следует , что

откуда .

Отрицательный знак свидетельствует о замедлении. Из формулы

получаем

Подставляем

вместо *а*, имеем

,

.

При скольжении до остановки

поэтому

.

Коэффициент сцепления для случая торможения на уклоне и подъемевычисляется следующим образом:

и *.*

Как показано на рис. 1.16, сила, способствующая движению транспортного средства, – это асила, противодействующая движению,

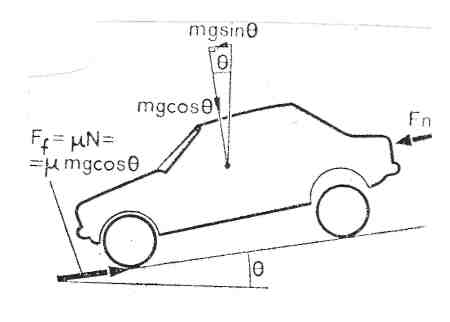


Рис. 1.16. Схема определения коэффициента сцепления на уклоне

Указанные силы уравновешиваются:

.

Подставляя вместо *а* и имея в виду, что

,

получаем:

Cos имеет значение, близкое к единице, и, следовательно, может не приниматься во внимание. Поэтому

*.*

Но на горизонтальной дороге , поэтому коэффициент сцепления для случая движения под углом рассчитывается следующим образом:

tg*.*

Он может быть использован в вычислениях так же, как и для случая движения по горизонтальной дороге.

Подобно этому эффективный коэффициент сцепления для случая движения на подъем рассчитывается по следующей зависимости:

Коэффициент сцепления φ – это отношение силы сцепления *Р*сц всех колес автомобиля к весу автомобиля *G*а:

.

Величина коэффициента сцепления имеет большое значение для эксплуатации транспортного средства и безопасности дорожного движения, так как от нее зависят проходимость и тормозные качества автомобиля, возможность пробуксовки и заноса ведущих колес.

При движении автомобиля по дороге между его колесами и поверхностью дороги возникает сила, направленная вдоль движения. Она может быть направлена как в сторону движения автомобиля, так и в противоположную. Например, при разгоне автомобиля продольная сила на ведущих колесах стремится отбросить дорогу назад, а при торможении – увлечь ее с автомобилем вперед. Когда продольная сила достигает величины силы сцепления (при разгоне), колеса начинают буксовать. При торможении появляется юз (движение с невращающимися колесами).

Реализация большой силы тяги ограничена сцеплением шин с поверхностью дороги, т. е. часто тяговая сила *Р*т используется не полностью по причине буксования колес.

Если тяговая сила *Р*т достигает значения силы сцепле­ния с дорогой, а сопротивление в это время превышает значение тяговой силы, то начнется буксование.

Величина силы сцепления зависит от величины вертикальной нагрузки, приходящейся на колесо, и коэффициента сцепления колеса с дорогой:

*Р*сц = φ*R*2,

где φ – коэффициент сцепления;

*R*2 – нормальная реакция дороги на задние ведущие колеса.

Величина коэффициента сцепления зависит от большого числа различных факторов, и в первую очередь – от вида покрытия и его состояния, конструкции и материала шин, давления в них воздуха, нагрузок на колесо, скорости движения, температурных условий, величины скольжении, буксования колес и т. д. (табл. 1.4).

Таблица 1.4. **Факторы, влияющие на коэффициент сцепления при движении транспортного средства**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п. п. | Факторы,  изменяющие  коэффициент сцепления | Изменения  коэффициента  сцепления | Причины изменения |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Увеличение  шероховатости  покрытия  дороги  до 4–5 мм | Коэффициент  сцепления  возрастает | Чем больше шероховатость, тем больше площадь контакта дороги и шины, в результате чего происходит сцепление. При нормальной шероховатости покрытия (до 4–5 мм) шина хорошо сохраняет контакт с дорогой, и даже при дожде не образуется сплошного слоя воды |
| 2 | Неравномерности дороги (шероховатость более 4–5 мм) | Коэффициент  сцепления  снижается | Неровности дороги увеличивают частоту изменения вертикальной нагрузки. Из-за подпрыгивания колес изменяются условия контакта шин с дорогой |
| 3 | Пропитка вяжущими материалами поверхности дороги | Коэффициент  сцепления  снижается | Избыток вяжущих материалов делает поверхность дороги скользкой, так как в жаркую погоду вяжущий материал размягчается и выступает на поверхность дороги |
| 4 | Замасливание  поверхности  дороги  нефтепродуктами | Коэффициент сцепления снижается. На сухих и мокрых дорогах в середине полосы движения коэффициент сцепления на 30 % меньше, чем у края дороги |  |
| 5 | Увлажнение  покрытия | Во время дождя коэффициент сцепления уменьшается  почти вдвое по  сравнению с сухим покрытием. На мокрых, на чистых покрытиях коэффициент сцепления меньше, чем на сухих, но  больше, чем на  увлажненных  или покрытых  жидкой грязью | В результате наличия влаги, дорожной пыли, частиц резины нефтепродуктов и т. п. образуется жидкая грязь, по которой, как по смазке, скользят колеса. Известно, что сила трения между резиной шины и поверхностью дороги на сухом покрытии увеличивает сопротивление скольжения, а на мокрых уменьшает из-за наличия тонкой пленки воды между шиной и покрытием. При движении она частично рассеивается, однако в зоне контакта пленка толщиной 0,025 мм весьма устойчива. По этой причине гладкие поверхности дороги даже при незначительном ув­лажнении становятся скользкими. |

Продолжение табл. 1.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  | На этих участках повышение скорости движения сокращает продолжительность времени, необходимого для рассеивания пленки в зоне контакта шины с дорогой. Кроме того, при высокой скорости происходит образование водяного клина между колесом и поверхностью дороги |
| 6 | Обледенение  поверхности  дорог | Коэффициент сцепления очень мал. При пони­жении температуры воздуха от 0 до –15 °С коэффициент сцепления несколько возрастает. Изменение скорости движения в этих условиях на величину коэффи­циента сцепления существенно не влияет |  |
| 7 | Продолжительность эксплуатации дорожного покрытия | С увеличением  срока эксплуатации покрытия  коэффициент  сцепления  уменьшается | При эксплуатации дороги происходит ее износ и уменьшается ее шероховатость. При износе покрытия на 50–60 % коэффициент сцепления уменьшается на 30–40 %. Срок службы цементобетонных покрытий – 10–12 лет, асфальтобетонных – 5–8 лет. Брусчатка, булыжная мостовая полируется шинами автомобилей |
| 8 | Скорость  движения | С увеличением  скорости движения коэффициент сцепления снижается, однако на сухом, ледяном покрытии этого  не наблюдается |  |
| 9 | Характер сцепления колеса с дорогой: а) при блокировке колес (юз); б) при продольном качении без боко­вого скольжения, при продольном проскальзывании 10–15 % | Коэффициент  сцепления  снижается.  Наибольший  коэффициент  сцепления |  |

Окончание табл. 1.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | Увеличение  нагрузки на колесо на твердых поверхностях | Коэффициент  сцепления  увеличивается |  |
| 11 | Повышение  давления воз-  духа в шинах | Коэффициент сцепления сначала повышается, а затем начинает убывать |  |
| 12 | Тип рисунка  протектора  шин | Шины с рисунком протектора повышенной проходимости на мягком снегу или неуплотненном грунте имеют больший коэффициент сцеп­ления, чем шины с дорожным рисунком |  |
| 13 | Износ протектора шин | Коэффициент  сцепления  уменьшается | При полном износе рисунка протектора шины коэффициент сцепления снижается на 30–35 %. При движении на мокрых и грязных дорогах коэффициент сцепления изношенных шин дополнительно уменьшается на 20–25 % |
| 14 | Увеличение  тягового или  тормозного  момента | Коэффициент  сцепления сна-  чала возрастает  и, достигнув  максимума,  уменьшается | Увеличение тягового момента вызывает буксирование. Увеличение тормозного момента вызывает проскальзывание. При полном буксировании ведущих колес или при юзе тормозящих колес коэффициент сцепления может быть на 10–25 % меньше максимального |

На дорогах с твердым покрытием коэффициент сцепления зависит в основном от трения между шинами и покрытием (табл. 1.5, 1.6).

Таблица 1.5. **Коэффициенты сцепления для различных дорожных**

**покрытий (данные ВНИИСЭ)**

|  |  |
| --- | --- |
| Вид и состояние дорожного покрытия | Коэффициент сцепления |
| Асфальтобетонные, цементно-бетонные:  сухие  мокрые | 0,7–0,8  0,3–0,4 |
| Щебенчатые:  сухие  мокрые | 0,6–0,7  0,3–0,5 |
| Грунтовые:  сухие  мокрые | 0,5–0,6  0,2–0,4 |
| Покрытая укатанным снегом дорога | 0,2–0,3 |
| Обледенелая дорога | 0,1–0,2 |

Таблица 1.6. **Снижение коэффициента сцепления при увеличении скорости**

**движения, % от начальной величины (по Э. Г. Подлиху)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дорожные покрытия | Скорость, км/ч | | | | | | | | | |
| 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Цементно-бетонные | 100 | 93 | 90 | 83 | 77 | 70 | 68 | 67 | 63 | 60 |
| Асфальтобетонные | 100 | 92 | 83 | 76 | 69 | 64 | 57 | 52 | 52 | 50 |

Сила инерции. *Инерция* – естественное свойство всех физических тел сохранять равномерное прямолинейное движение или состояние покоя. Всякое изменение скорости движения автомобиля вызывает проявление силы инерции, препятствующей движению. При разгоне транспортного средства сила инерции является силой сопротивления, и на преодоление ее расходуется часть тяговой силы. Поэтому по труднопроходимым участкам дороги следует двигаться с равномерной скоростью.

В момент торможения сила инерции выполняет роль движущей силы, и поэтому короткие труднопроходимые участки необходимо преодолевать с предварительным разгоном.

В начале движения сила инерции направлена назад и стремится повернуть транспортное средство вокруг задней оси с одновременной разгрузкой передней оси (рис. 1.17, *а*). Это вызывает при резком начале движения смещение груза назад и приседание транспортного средства на задние колеса.

Резкое торможение транспортного средства вызывает смещение груза вперед и пробуксовку передних колес из-за создания момента силы, стремящегося повернуть транспортное средство вокруг передней оси (рис. 1.17, *б*). Нагрузка на переднюю ось значительно увеличивается.

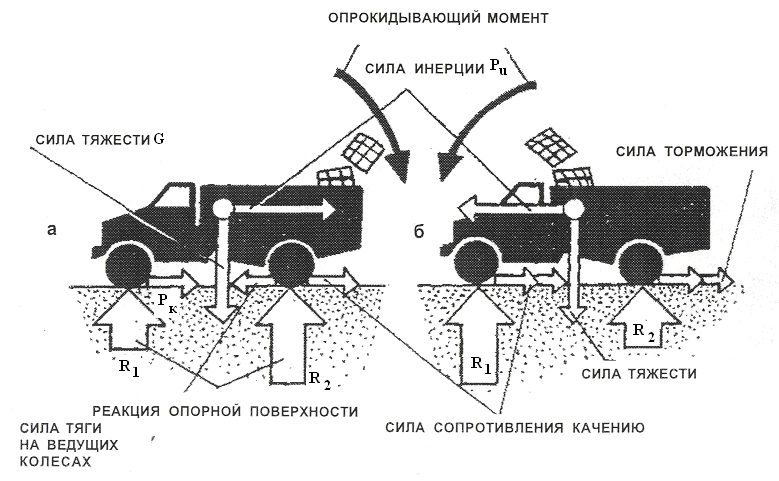


Рис. 1.17. Силы, действующие на транспортное средство:

*а* – при начале движения с места; *б* – при торможении

Сила сопротивления разгону. При движении транспортного средства с увеличивающейся скоростью появляется сила сопротивления разгону, которая рассчитывается по формуле

*Р*и= *Р*и/ + *Р*и//,

где *Р*и/ – сила, необходимая для ускорения транспортного средства при его поступательном движении:

,

где *j* – ускорение транспортного средства, м/с2;

g – ускорение силы тяжести, 9,81 м/с2;

*Р*и// – сила, необходимая для углового ускорения вращающихся масс транспортного средства, учитываемая коэффициентом δ, который приближенно можно определить по эмпирической формуле

δ = 1 + σ ∙ *i*2к,

где σ = 0,04–0,09 зависит от конструкции и прямо пропорционален моментам инерции вращающихся частей транспортного средства;

*i*к – передаточное отношение коробки передач.

Окончательное выражение для определения силы инерции (силы сопротивления разгону) принимает следующий вид:

.

Скорость движения **транспортных средств.** Одним из важнейших факторов, определяющих производительность и безопасность движения транспортного средства, является скорость движения, которая зависит от частоты вращения ведущих колес. Если известна частота вращения ведущих колес автомобиля, то автомобиль за одну секунду пройдет путь, равный длине окружности колеса, умноженной на частоту вращения:

*S* = 2π*r*к *n*,

где *r*к – радиус колеса, м;

*n* – частота вращения ведущих колес, об/с.

Частота вращения колеса равна частоте вращения коленчатого вала двигателя, деленной на общее передаточное число трансмиссии. Тогда скорость движения транспортного средства

,

где *n*д – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/с;

*r*к – радиус колеса, м;

*i*тр – передаточное число трансмиссии.

Наибольшую скорость движения транспортное средство может развить на прямой или ускоряющей передаче на прямых горизонтальных участках дороги при надежном сцеплении колес с дорогой. Скорость движения транспортного средства зависит от его конструктивных параметров, динамических характеристик, тормозных качеств, плавности хода на неровных дорогах, устойчивости, управляемости, маневренности и прочих технических параметров.

На скорость движения оказывают влияние внешние факторы, такие как особенности устройства дороги, ее ровность и другие показатели состояния дорожного покрытия, ширина проезжей части, интенсивность движения на дороге, время суток, освещение дороги, метеорологические условия.

Водитель в процессе работы обязан правильно выбирать скорость движения в создавшихся внешних условиях с учетом технических возможностей транспортного средства, производительности и безопасности движения.

Рабочую скорость движения можно определить по формуле



а теоретическую:

, м/с,

где *n*д – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, об/с;

к – буксование колес, %.

1.5. Тормозная динамика транспортного средства

Важнейшим динамическим качеством транспортного средства, вли­яющим на его эксплуатационные показатели и на безопасность движения, является способность к принудительному снижению скорости и быстрой остановке.

Потребность в торможении транспортного средства может возникнуть при необходимости снизить скорость движения, предотвратить повышение скорости на спуске, при остановке для того, чтобы удержать транспортное средство в неподвижном состоянии на стоянке.

Накопленная при движении кинетическая энергия препятствует снижению скорости. Погасить эту энергию можно, превратив ее в работу путем создания дополнительных искусственных сопротивлений движению. Такими дополнительными сопротивлениями движению являются тормозные системы, препятствующие вращению колес.

При торможении энергия транспортного средства расходуется на работу трения в тормозных механизмах, установленных в колесах.

Если торможение осуществляется с блокировкой колес и движение происходит юзом, то энергия расходуется на трение между шинами и опорной поверхностью (дорогой). Трение превращается в тепло, которое рассеивается в окружающей атмосфере.

Торможение можно осуществлять и с помощью двигателя. Торможение двигателем может осуществляться самостоятельно или совместно с тормозной системой автомобиля.

При торможении кинетическая энергия расходуется на преодоление сопротивления качению *Р*к, сопротивления подъему *Р*п, сопротивления воздуху *Р*в, а также трения в трансмиссии автомобиля, если торможение осуществляется и двигателем.

При торможении на уклоне к кинетической энергии движущегося автомобиля добавляется работа составляющей веса заторможенного автомобиля, направленная параллельно полотну дороги. Движущей силой при торможении автомобиля является сила инерции. Если торможение осуществляется с отсоединенным двигателем от трансмиссии, то сила тяги *Р*т отсутствует, поэтому можно считать, что

*Р*и = *Р*к + *Р*п + *Р*в + *Р*тор.

Сила сопротивления подъему *Р*п при движении на подъеме способствует торможению автомобиля и входит в уравнение со знаком плюс, на спуске она противодействует торможению и учитывается со знаком минус.

Процесс торможения автомобиля в большей степени зависит от соотношения между тормозной силой и силой сцепления. Если сила сцепления больше тормозной силы, т. е.

*Р*φ = φ*R* > *P*тор,

где *R* = *R*1+ *R*2 – реакции на колеях автомобиля (*R*1 – передние, *R*2 – задние), то колеса будут вращаться.

Если сила сцепления меньше тормозной силы, то при торможении колеса автомобиля перестают вращаться и скользят по дороге (почве), вследствие чего кинетическая энергия автомобиля превращается в тепло в результате трения шин о дорогу.

В зависимости от условий движения автомобиля для подсчета величин реакций, приходящихся на колеса, необходимо применять коэффициенты перераспределения веса автомобиля для передней оси – γ1 и для задней оси – γ2, которые соответственно равны:

. ,

где *G*а1 и *G*а2 – вес автомобиля, приходящийся на передние и задние его колеса на горизонтальной плоскости.

Коэффициенты перераспределения веса показывают, как отличается нагрузка, приходящаяся на передние и задние колеса при различных условиях движения, от нагрузки при неподвижном автомобиле, находящемся на горизонтальной поверхности, когда *G*а1 = *R*1 и *G*а2 = *R*2, т. е. γ2 = γ1 = 1.

В любых других дорожных условиях *R*1 ≠ *G*а1 и *R*2 ≠ *G*а2, поэтому коэффициенты γ1 и γ 2 будут отличаться между собой. Перераспределение нагрузки при работе автомобиля следует учитывать при определении силы сцепления с дорогой.

Максимальную тормозную силу можно получить при условии, когда тормозные моменты на колесах будут пропорциональны нагрузкам, приходящимся на них, т. е.

.

Процесс торможения автомобиля на горизонтальной дороге при   
α = 0 и при *Р*в = 0, пренебрегая силами сопротивления качению *Р*к из-за их небольшой величины на хорошей дороге по отношению к тормозным силам, можно выразить следующей формулой:

.

Принимая, что моменты сопротивления качению также равны нулю, отношение тормозных усилий на колесах для получения максимального торможения при *Р*сц > Ртор будет иметь следующий вид:

,

где *Р*тор1, *Р*тор2 – тормозная сила соответственно передних и задних колес.

По этой причине наилучшие отношения тормозных сил передних и задних колес определяются расположением центра тяжести по высоте и длине транспортного средства.

Тормозной путь. Для принудительной остановки транспортного средства необходимо использовать тормозную систему. В этом случае запас кинетической энергии автомобиля будет расходоваться на преодоление им сопротивления движению.

*Е*к *= FS*т,

где *F* – сила сопротивления движению, Н;

*S*т – тормозной путь, м.

Запас кинетической энергии транспортного средства

,

где *m* – масса транспортного средства, кг;

*v* – скорость движения транспортного средства, м/с.

Сила сопротивления движению транспортного средства

*Fс* = *G*аφ,

где *G*а – сила тяжести, ;

φ – коэффициент сцепления.

Тогда

,

откуда тормозной путь

.

где *g* – ускорение свободного падения, 9,80665 м/с2.

Так как при движении транспортного средства не удается получить оптимальную тормозную силу на колесах, в эту формулу вводят коэффициент эксплуатационного состояния тормозов *К*э. Он учитывает несоответствие тормозных усилий на колесах приходящемуся на них сцепному весу, а также конструктивные параметры тормозов, их состояние и величину нагрузки на транспортное средство:

.

Если торможение транспортного средства осуществляется на дороге с уклоном или подъемом, формула имеет следующий вид:

.

Приведенные формулы верны для транспортных средств, у которых тормозные механизмы установлены на всех колесах.

С учетом веса транспортного средства тормозной путь определяется по формуле

,

где *Р*тр – кинетическая энергия, поглощаемая за счет трения колодок о тормозные барабаны, Н м;

λ – коэффициент пропорциональности, изменяющийся от 0 до 1.

В данной формуле учитывается вес транспортного средства при торможении, но только до тех пор, пока колеса не заблокированы. При экстренном торможении (давление на тормозные колодки максимальное) в большинстве случаев происходит блокировка колес. В этом случае вес транспортного средства исключается, т. е. формула имеет указанный ранее вид.

Замедление при торможении. При оценке эффективности торможения замедление *j*а транспортного средства является важнейшим показателем: его величина не зависит от скорости.

Величину замедления можно определить из баланса сил при торможении:

.

При максимальном использовании тормозной силы (*Р*тор = *G*аφ) на горизонтальной дороге с ровным профилем силами сопротивления качению *Р*к и сопротивления воздуху *Р*в можно пренебречь, тогда



откуда

*j*а = φ*g*.

Из данного выражения следует, что величина замедления транспортного средства зависит лишь от коэффициента сцепления шин с опорной поверхностью. Замедление измеряют деселерометром.

Торможение может быть экстренным или служебным. Из общего числа торможений 97–98 % составляют служебные. При экстренном торможении замедление достигает своего максимума – 8–9 м/с2, а при служебном – 3–4 м/с2.

Время торможения. Тормозные качества транспортного средства можно оценивать и по времени торможения. Замедление оценивается изменением скорости за определенный промежуток времени. При полной остановке скорость изменится от начальной до нуля.

Известно, что *j*а = φ*g*, тогда φ*g* = *v* / *t*, откуда *t* = *v* / φ*g*.

Тормозная диаграмма. Для наглядности процесса торможения можно рассмотреть диаграмму торможения (рис. 1.18), на которой точка О обозначает момент, когда водитель увидел препятствие на пути движения, и это потребовало торможения с максимальной интенсивностью. Но торможение начинается не сразу, а после определенного промежутка времени, которое называется временем реакции (*Т*р) водителя. В точке *1* водитель нажимает на тормозную педаль, однако торможение не наступает, так как время (*t*с) тратится на выбирание зазоров в деталях привода тормозов.

После этого в тормозной системе происходит нарастание давления в тормозном приводе до точки *3*, на что уходит промежуток времени *t*н.

Время, в течение которого выбирается зазор в деталях привода и нарастает давление в приводе, называется временем срабатывания тормозного привода *Т*сп. В точке *3* начинается эффективное торможение автомобиля при установившемся замедлении *j*т уст, что соответствует времени *T*уст.

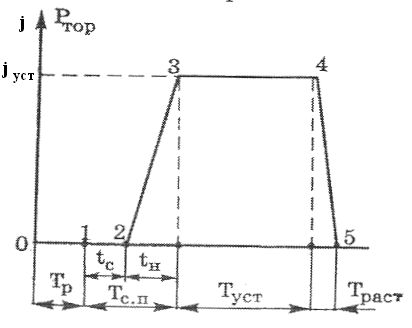


Рис. 1.18. Тормозная диаграмма

Процесс растормаживания транспортного средства начинается с момента, обозначенного на диаграмме точкой *4*, когда водитель снимает ногу с тормозной педали, и заканчивается в точке *5*.

Этот процесс происходит в промежуток времени *Т*раст. Указанное время учитывается, если торможение ведется не до полной остановки, например, пневматические тормозные системы не позволяют мгновенно снизить давление в трубопроводе. Установлено экспериментально, что при пневматическом приводе это время равно 1,5–2,0 с, а при гидравлическом – 0,2–0,3 с.

Остановочный путь автомобиля (рис. 1.19) равен:

*S* = *S*1 + *S*2 + *S*тор,

где *S*1 – путь, пройденный автомобилем за время реакции водителя, м;

*S*2 – путь, пройденный автомобилем за время срабатывания тормозного привода, м;

Sтор – путь, пройденный автомобилем с заторможенными колесами, м.

Тогда

*S* = *vT*р + *vT*ст + *v*2*K*э / 2*g*φ,

где *Т*р – время реакции водителя, с;

*Т*ст – время срабатывания тормозов; включает в себя время нарастания тормозного усилия и время запаздывания действия тормозного привода (для тормозов с гидравлическим приводом *Т*ст = 0,15–0,25 с; для тормозов с пневмоприводом *Т*ст =   
= 0,4–0,8 с);

*К*э – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов (на сухих покрытиях *К*э = 1,1–1,2).

Если φ < 0,3, тогда *К*э принимается равным 1,1–1,2 и учитывается лишь неодновременность торможения отдельных колес.

Остановочный путь всегда больше тормозного. Таким образом, безопасность движения зависит не только от технического состояния тормозной системы и дорожного покрытия, но и от психофи­зиологического состояния водителя.

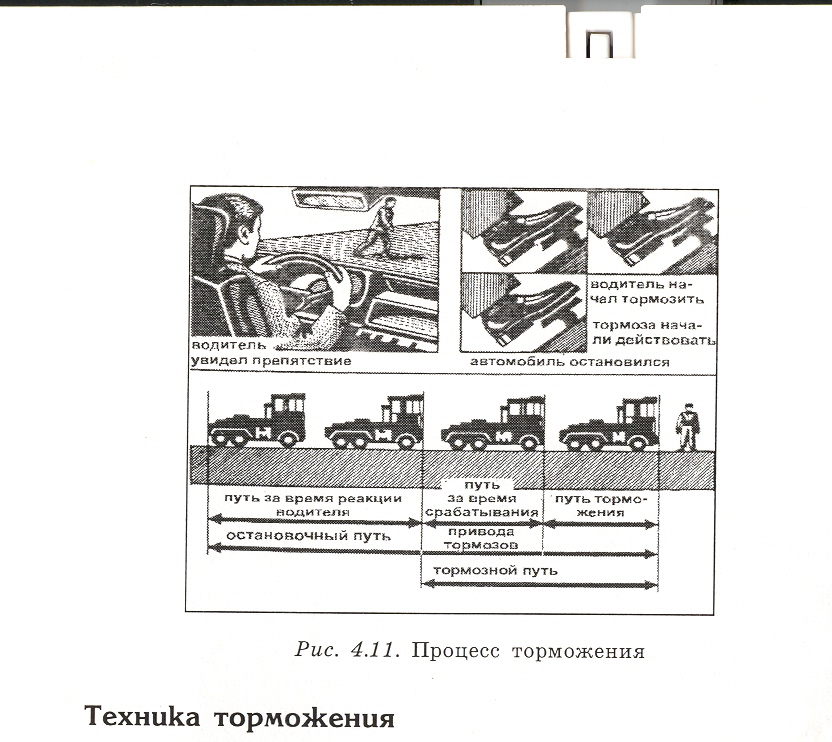


Рис. 1.19. Процесс торможения

Способы торможения. Торможение осуществляется с целью уменьшения скорости движения или быстрой остановки автомобиля.

Эффективность торможения зависит от конструкции тормозной системы и ее исправности, типа и состояния дорожного покрытия (коэффициента сцепления), силы и быстроты нажатия на педаль тормоза.

ДТП, происходящие из-за неисправности тормозной системы, составляют более половины всех аварий по техническим причинам. Особенно тяжелые последствия вызывает неправильная регулировка или выход из строя одного из тормозных механизмов. Торможение в этом случае приводит к заносу или потере устойчивости транспортного средства. Поэтому надежные и эффективные тормоза – основа безопасной работы автомобиля. Чем надежнее тормозная система, тем с большей скоростью может двигаться автомобиль, тем выше его средняя скорость, а следовательно, и производительность.

*Торможение накатом* осуществляется силами сопротивления качению, сопротивления подъему, сопротивления воздуху и силами трения в главной передаче и ходовой части.

При *торможении автомобиля двигателем*,кроме сил, действующих при движении накатом, используется тормозной момент двигателя. В этом случае двигатель работает на режиме принудительного холостого хода или с выключенным зажиганием. Колеса через трансмиссию вра­щают коленчатый вал, преодолевая сопротивление трения поршней о стенки цилиндров и насосное действие поршней.

На практике применяют несколько способов торможения:

1) без использования тормозной системы (движение накатом) или торможение двигателем;

2) только тормозной системой;

3) совместно тормозной системой и двигателем;

4) периодическим включением тормозной системы;

5) комбинированное торможение.

Тормозная сила возникает за счет сил трения в зоне контакта колес автомобиля с дорожным покрытием. Тор­мозная сила на колесе зависит от силы прижатия колодок к тормозному барабану. По мере увеличения нажима на тормозную педаль возрастает также тормозная сила на колесе. Эта зависимость сохраняется до момента, когда тормозная сила станет равной силе сцепления колеса с дорогой. Дальнейшее увеличение нажима на тормозную педаль не приводит к возрастанию тормозной силы, а влечет за собой блокирование (прекращение вращения) затормаживаемого колеса. Начиная с этого момента проис­ходит торможение юзом.

Важным условием, существенно влияющим на безопасность дорожного движения, является отсутствие блокировки колес транспортного средства при интенсивном торможении.

При торможении *без блокировки колес* не нарушается контакт колеса с покрытием дороги. Кинетическая энергия транспортного средства в этом случае поглощается колесными тормозными механизмами, в которых происходит переход кинетической энергии в работу сил трения фрикционных накладок в тормозном барабане.

В результате *торможения на заблокированных колесах* отслаиваются частицы протектора, которые, свертываясь, принимают роликовидную форму. Появление вращающихся роликовидных частиц в месте контакта колеса с дорогой уменьшает коэффициент сцепления. Кроме того, вследствие интенсивного износа нагревается и размягчается резина, что также способствует снижению коэффициента сцепления.

Скользящее по дороге транспортное средство с заблокированными колесами уподобляется саням, снабженным резиновыми полозьями. Коэффициент трения скольжения по величине становится меньшим, чем коэффициент трения покоя. Тормозной путь транспортного средства, двигающегося юзом, увеличивается по сравнению с тем, который преодолевается заторможенными, но вращающимися колесами, так как вращающаяся шина поглощает больше кинетической энергии, которая расходуется на деформацию шины.

При торможении на спуске возможность блокирования колес может наступить раньше, чем на ровной дороге. Это зависит от силы воздействия на тормозную педаль и величины уклона дороги. Возникновение юза наиболее вероятно на транспортных средствах, имеющих наименьшую силу сцепления колес с дорогой, т. е. движущихся по наибольшему уклону. На уклоне уменьшается сцепной вес и сила сцепления колес с дорогой.

На спуске во избежание блокировки колес следует уменьшить воздействие на тормозную педаль. Необходимо заблаговременно снизить скорость и увеличить дистанцию, чтобы не допустить наезда на идущий впереди автомобиль. Важное значение в условиях эксплуатации имеет торможение двигателем (без выключения сцепления). Тормозной момент двигателя следует использовать для плавного снижения скорости автомобиля; на скользких дорогах при возникновении опасности заноса; на горных дорогах с большими затяжными уклонами.

Торможение двигателем обеспечивает большую плавность торможения и равномерность распределения тормозных усилий по колесам.

Длительное торможение автомобиля на затяжных спусках приводит к интенсивному износу тормозных накладок и тормозных барабанов. Для предохранения тормозов от перегрева и большого износа в этом случае крайне необходимо использовать торможение двигателем. На автомобилях большой грузоподъемности устанавливают специальные тормоза (замедлители), позволяющие плавно снижать скорость и поддерживать ее в нужных пределах. Такой способ торможения, особенно на дорогах с малым коэффициентом сцепления, повышает поперечную устойчивость транспортного средства по условиям заноса.

*Торможение автомобиля с периодическим прекращением действия тормозной системы* эффективно потому, что заторможенное нескользящее колесо воспринимает большую нагрузку, чем при движении юзом. Этот способ обеспечивает наибольшую интенсивность, особенно на грани юза. Торможение таким способом требует определенного опыта, чтобы удержать колеса на грани юза, не допуская их скольжения. На практике торможение может быть комбинированным, когда одновременно применяется несколько описанных выше способов.

На некоторых автомобилях устанавливаются антиблокировочные системы (АВS), которые при торможении автомобиля, вне зависимости от действий водителя, предотвращают блокировку колес. На сухой дороге АВS может уменьшить тормозной путь автомобиля примерно на 20 % по сравнению с тормозным путем машин с заблокированными колесами. На снегу, льду, мокром асфальте разница, естественно, будет намного больше. Применение АВS способствует увеличению срока службы шин и повышает курсовую устойчивость автомобиля.

Следует помнить о том, что торможение автомобиля с помощью АВS не должно быть многократным и прерывистым. Тормозную педаль необходимо удерживать нажатой со значительным усилием во время процесса торможения – система сама обеспечит наименьший тормозной путь. Установка АВS не усложняет техническое обслуживание автомобиля и не требует от водителя каких-либо особых навыков управления.

**Торможение автопоезда.** При торможении автопоезда необходимо согласовать действие тормозов тягача и прицепа (полуприцепа) таким образом, чтобы предотвратить набегание прицепов на тягач и одного прицепа на другой. Поэтому нужно, чтобы прицепы начинали тормозить несколько раньше и растормаживались позже, чем тягач. При этом у задних прицепов эта разница должна быть больше, чем у прицепов, расположенных ближе к тягачу. Очень важно так распределить тормозные силы между тягачом и прицепами, чтобы поезд при торможении находился в несколько растянутом состоянии. Благодаря этому поезд становится менее чувствительным к действию боковых сил и более устойчиво сохраняет направление движения.

При отклонении тягача и прицепа под действием сжимающих сил от траектории движения может произойти складывание прицепов. С целью снижения сжимающих усилий в сцепке необходимо снижать максимальное замедление, что приводит к увеличению минимального тормозного пути.

Наличие в сцепке зазоров и упругих элементов при определенных условиях может вызвать раскачку поезда, что также приводит к дополнительному увеличению тормозного пути.

Особую осторожность следует соблюдать при торможении автопоездов на спуске.

Для уменьшения сжимающих усилий прицепов в сцепке необходимо довести замедление тягача до минимума. С этой целью торможение обычно осуществляется двигателем, что обеспечивает поддержание безопасной скорости. На затяжных спусках во избежание чрезмерного нагрева тормозов предельные уклоны, на которых может быть допущена эксплуатация поездов, строго ограничены. Чем больше отношение веса прицепа к весу тягача, тем меньше допустимые уклоны. У многозвенных поездов большой грузоподъемности, имеющих пневматический привод тормозов, критерием отсутствия «складывания» является следующее условие:

*Q* < 0,16*m*,

где *Q* – среднее усилие сжатия в сцепке, Н;

*m* – масса тягача, кг.

При регулировке тормозной системы поезда необходимо следить, чтобы тормоза прицепа срабатывали несколько раньше, чем тормоза тягача.

**1.5.1. Роль тормозов в управлении транспортным средством**

Тормозные силы на каждом из колес затормаживаемого транспортного средства могут быть весьма различными. Может иметь место скольжение одной пары или даже одного заблокированного колеса. При блокировании колеса направление силы его сцепления с дорогой не зависит от геометрического ориентирования колеса и эта сила не может быть использована для управления автомобилем.

**Блокировка всех колес.** Если предположить, что все колеса автомобиля, движущегося по прямой, заблокированы одновременно, то в первые мгновения он будет скользить прямолинейно, но вскоре весьма ощутимым станет действие внешних сил, таких, как составляющая силы тяжести на дороге с поперечным уклоном, поэтому автомобиль постепенно будет скользить вбок под уклон и, если не успеет остановиться, покинет пределы дороги.

**Блокировка задних колес.** Если задние колеса заблокированы во время движения по прямой, то сила, связанная с высвобождением кинетической энергии транспортного средства и приложенная к его центру тяжести, будет способствовать дальнейшему его прямолинейному движению, проходящей через центр тяжести. Даже небольшой момент, связанный, например, с неодинаковыми тормозными усилиями на правой и левой сторонах или вызванный поперечным уклоном, придает транспортному средству угловую скорость вокруг мгновенного центра вращения. Если сцепление между шинами и дорогой слишком мало, чтобы скомпенсировать вращающий момент, то возникнет занос зад­ней части транспортного средства, а при достаточно высокой скорости движения – его поворот на 180° с последующим скольжением по прямой в этом положении. Однако, когда блокирование задних колес примерно на одну секунду опережает блокирование передних колес, автомобиль движется юзом по прямой. В случае блокирования одного заднего колеса заноса не может возникнуть до блокирования второго колеса

При условии, что транспортное средство не окажется подверженным воздействию какого-либо внешнего момента сил, стремящегося повернуть его вокруг вертикальной оси.

**Блокировка передних колес.** При блокировании только передних колес передняя часть транспортного средства движется по прямой, так как это движение определяется положением вращающихся задних колес. Тем не менее при наличии поперечного уклона транспортное средство может сползать вбок, хотя и менее заметно, чем при блокировании всех четырех колес.

**Блокировка колес на одной стороне транспортного средства.** Если колеса на одной стороне затормаживаемого транспортного средства оказываются на менее скользкой поверхности, чем другие два колеса, то транспортное средство разворачивается в сторону участка с большим сцеплением колес. Это явление часто возникает на границе между главной полосой движения и остальной проезжей частью. Можно представить исключительный случай, когда транспортное средство, движущееся с достаточно высокой скоростью и заторможенное на границе между обледенелой дорогой и проезжей частью с приемлемым коэффициентом сцепления, будет многократно и поперемен­но разворачиваться то в одну, то в другую сторону так, что то левые, то правые колеса будут оказываться на обледенелой поверхности.

**Неисправности тормозов.** Когда водителю не удается своевременно остановить автомобиль, то он обычно ссылается на неисправность тормозов. К сожалению, не всегда возможно детально изучить цепь событий и обстоятельств, ведущих к столкновению, которое часто действительно связано с невозможностью своевременной остановки.

**Полный отказ тормозной системы.** Он обычно возникает вследствие утечки тормозной жидкости или неисправности главного тормозного цилиндра, причем работоспособным остается лишь вспомога­тельный (стояночный) тормоз. Что касается технического состояния транспортного средства, то один из наиболее трудных моментов расследования ДТП возникает в том случае, когда неисправность не обнаруживается, но предполагается, что тормоза не сработали, либо, когда дефект налицо, но необходимо выяснить возник ли он до, в процессе или после происшествия. В таких случаях может понадобиться проведение экспертизы.

**Неравномерное торможение.** Неравномерное действие тормозов может оставаться незаметным в обычных условиях эксплуатации, когда применяется лишь «служебное» торможение. Однако, когда возникает потребность в экстренном торможении, автомобиль может резко отклониться от требуемого курса либо одно из колес может заблокироваться с возникновением нежелательного скольжения. Неравномерность тормозных усилий бывает обусловлена замасливанием, загрязнением или увлажнением тормозных поверхностей, отделением фрикционных накладок, заеданием поршней в колесных тормозных цилиндрах, а также ослаблением крепления таких деталей, как опорные диски тормозных колодок. Такие же последствия могут вызвать изношенные узлы подвески и даже неодинаковое давление в шинах.

**Частичный или временный отказ тормозов.** Частичный или вре­менный отказ тормозов может быть вызван и такими причинами, как перегрузка транспортного средства (т. е. тормоза в этом случае просто оказываются конструктивно недостаточно мощными для эффективного замедления большой массы), попадание воды в тормозные барабаны, замасливание тормозных накладок. В основном временный отказ возникает вследствие перегрева тормозов, который резко снижает их эффективность из-за потери фрикционных свойств накладками, либо нарушения геометрии тормозных устройств (при наличии тормозных барабанов). Испарение тормозной жидкости может вызвать полную потерю давления в системе гидро­привода, однако это происходит довольно редко.

**Потеря фрикционных свойств.** Наиболее распространенными фрикционными материалами являются формованные смеси из асбестового волокна, неметаллических, а иногда металлических включений и объединяющей их смолистой основы. Асбест является жа­ропрочным материалом и в сочетании со смолистой основой придает материалу его исходные функциональные качества, включая сопротивление потере фрикционных свойств.

Асбест как составная часть фрикционного материала устойчив к воздействию тепла до очень высоких температур, но основа в этом отношении имеет худшие качества. Смолы являются сложными соединениями, молекулы которых состоят в основном из атомов углерода, кислорода и водорода, комбинируемых множеством способов. Для каждого вида смолы существует предельная температура, при которой ее структура нарушается.

При разогреве тормозной накладки в рабочих условиях выше этой предельной температуры из смеси вначале выделяются газообразные вещества, а на поверхности накладки остается слой углерода. Затем в процессе интенсивных торможений выгорает и углерод. Остается лишь асбест, который в случае применения формованного материала вскоре выкрашивается. Тканые тормозные ленты в какой-то мере еще сохраняют свою форму, после того как в экстремальных условиях торможения смола почти вся выгорает.

В процессе описанных химических изменений коэффициент трения фрикционных накладок в значительной степени изменяется. Он падает с увеличением пропорции углерода в материале накладок. Эффективность тормозов при этом снижается, но она может затем восстановиться, если повреждение поверхности накладок не слишком большое. Повреждение ликвидируется в процессе естественного износа верхнего слоя, причем темп износа будет отличаться от нормального, а эксплуатировать такие тормоза следует в щадящем режиме.

Тепловой износ тормозов не является проблемой для водителей современных легковых автомобилей типа «седан» массового производства (за исключением переоборудованных для автогонок). Обычно только высокодинамичный автомобиль, эксплуатируемый на пределе технических характеристик, может иметь признаки теплового износа тормозных накладок.

**Теплораспределение.** При пользовании тормозами тепло, генерируемое на поверхности фрикционных накладок, начинает распределяться во всех направлениях. Основная часть тепла поглощается тормозным барабаном или диском, откуда почти все оно свободно рассеивается в атмосферу (лишь незначительное количество этой теплоты излучается обратно на тормозные детали). Другая, меньшая часть объема тепла проходит через толщу фрикционных накладок к колодкам и опорному диску. Асбест плохой проводник тепла, так же, как и содержащие его смеси, но когда температуры высокие, а накладки довольно изношены, то значительная часть теплопотока поступает к тормозной жидкости в гидроцилиндрах.

Дисковые тормоза в этом отношении более уязвимы, чем барабанные, так как рабочие температуры на поверхности их фрикционных накладок выше, а путь для тепло-потока к цилиндрам короче. Свежая рабочая жидкость в гидроприводе дисковых тормозов имеет температуру кипения свыше 250 °С, но из-за абсорбции в процессе экс­плуатации точка кипения снижается до значений порядка 150 °С. С увеличением высоты над уровнем моря точка кипения снижается еще больше.

Если автомобиль, в гидроприводе которого находится жидкость такой кондиции, движется по затяжному спуску с частыми торможениями и на невысокой скорости, то создаются реальные условия для закипания тормозной жидкости. Если это произойдет, то сформируются одна или две паровые пробки, по объему большие, чем рабочий объем главного цилиндра. Поэтому нажатие на педаль не повысит давления в системе, и тормоза будут бездействовать до тех пор, пока пар не сконденсируется.

Если затем автомобиль удерживался под контролем с помощью ручного тормоза, то последующая проверка основной тормозной системы засвидетельствует ее исправность, поскольку тормоза к этому времени охладятся, а пар сконденсируется.

**Воздух в тормозной системе.** Попадание воздуха в тормозную жидкость вызывает такой же эффект «мягкой педали», как и парообразование: педаль может провалиться до пола, а в гидросистеме не возникнет необходимого давления для приведения в действие тормозов. Разница в том, что воздушные пробки сами не исчезают, и работоспособность тормозов не восстанавливается.

Воздух может попасть в систему при ее заполнении в результате неправильного слива жидкости; к этому же нередко приводит низкий уровень жидкости в резервуаре из-за несвоевременного долива. Могут быть и другие точки проникновения воздуха в систему гидропривода. Обычно это происходит постепенно и незаметно для водителя до тех пор, пока не возникнет критическая ситуация, в которой требуемого замедления транспортного средства достичь не удается.

Причиной происшествия, возникшего в конце длинного (крутого) спуска, водитель назвал неисправность тормозов его автомобиля. При техническом осмотре автомобиля никаких дефектов не было обнаружено, хотя тормозные накладки передних дисковых тормозов были изношены. Однако этот износ сам по себе не мог вызвать отказа тормозов, тем более, что свидетели не считали скорость автомобиля чрезмерной для данных условий. Проверка тормозов на дороге дала положительные результаты.

Из бачка взяли порцию тормозной жидкости для проверки ее на температуру кипения. Она оказалась равной 163 °С, что на 87 °С ниже нормы закипания. Поэтому вполне возможно, что на крутом затяжном спуске жидкость достигла точки кипения и возникшие паровые пробки воспрепятствовали эффективному применению тормозов в аварийной ситуации.

Примечание. При проведении испытаний на температуру кипе­ния необходимо помнить, что возможно присутствующая в тормозной жидкости вода кипит при более низкой температуре, чем тормозная жидкость, в которой вода взвешена.

**Расширение тормозного барабана.** Одним из хорошо известных недостатков тормозных си­стем с колесными барабанами является увеличение диа­метра барабанов вследствие их нагрева при торможении, что приводит к возрастанию холостого хода тормозной. Тормозная система рассчитывается на нормальные условия эксплуатации автомобиля и преду­сматривает необходимый резерв хода педали тормоза ис­ходя из этих условий.

Однако необычные условия, такие как участие в авто­мобильных гонках, могут потребовать большего резерва, чем имеющийся в наличии.

Например, барабан диаметром 279 мм (один из наиболее распространенных размеров) при температуре 400 °С (температура не чрезмерно высокая для условий автогонок) увеличивается в диаметре примерно на 1,2 мм. Если тормоза не очень хорошо отрегулированы, то дополнительный необходимый ход педали для приближения колодок к барабану может оказаться больше имеющегося резерва. На колодках имеются требуемые фрикционные накладки, но поскольку физически они не могут достичь барабана, то автомобиль не может быть остановлен.

**Усилитель тормоза.** Возможны две разновидности отрицательных послед­ствий применения вакуумного усилителя тормоза. Первая заключается в том, что появившаяся неисправность в усилителе тормоза может внезапно для водителя изменить усилие на педали. Такие неисправности редки, но время от времени возникают и их трудно выявлять. Другой отрицательный момент заключается в том, что у водителя может возникнуть потребность попытаться достичь большего замедления транспортного средства, чем то максимальное, которое обеспечивает усилитель тормоза. Но поскольку для повышения этого уровня замедления требуется резкое увеличение усилия, передаваемого на тормозную педаль, то водитель, привыкший к действию усилителя, может в критической ситуации решить, что большее замедление недостижимо вследствие теплового износа накладок.

**Частичный отказ тормозных систем с раздельным гидроприводом.** На многих моделях автомобилей применен раздельный, или двухконтурный, привод к тормозам каждой из двух пар колес. При отказе тормозов одного контура, за исключением редких случаев, остаются работоспособными тормоза на двух колесах второго контура. Возможны различные варианты разделения тормозной системы на два контура.

**Вариант 1.** Простейшим способом расчленения единого гидравлического тормозного привода является создание отдельных гидроприводов для тормозов передних и задних колес (рис. 1.20).

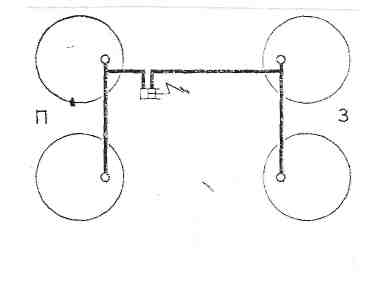


Рис. 1.20. Схема раздельного привода тормозов передних

(П) и задних (З) колес

Здесь два контура подсоединены к изолированным отсекам двойного главного тормозного цилиндра. Такая схема отвечает основному требованию к раздельным тормозам: при возникновении неисправности в любой точке тормозной системы тормоза двух колес остаются работоспособными. Однако максимальный тормозной эффект, достигаемый на каждом колесе, ограничивается силой его сцепления с дорогой. Это значит, что если пренебречь перераспределением массы по осям при торможении и принять соотношение масс, приходящихся со­ответственно на переднюю и заднюю оси, равным 70 и 30 %, а коэффициент сцепления считать равным 0,8, то одни задние колеса не могут обеспечить общую эффективность тормозов более 25 %.

Достигаемое при этом замедление достаточно для условий нормальной езды, но оно не соответствует некоторым официальным нормативам и недостаточно для критических ситуаций, одной из которых, может быть, являлся тот самый случай, при котором возник дефект в тормозной системе.

Разрывы трубопроводов обычно и происходят, когда водитель в целях предотвращения опасности слишком сильно нажимает на тормозную педаль. В таком случае замедление 2,4 м/с2, создаваемое сохранившими свою работоспособность задними тормозами, недостаточно для предотвращения аварии. Действие одних только передних тормозов в аналогичной ситуации могло бы обеспечить максимальную эффективность торможения около 55 %. Сумма показателей эффективности действующих отдельно передних и задних тормозов, таким образом, равна 80 %, что соответствует величине коэффициента сцепления 0,8.

Другая особенность отказа передних и сохранения функции задних тормозов заключается в том, что весьма вероятная при этом блокировка задних колес может привести к заносу и вращению автомобиля. Блокировка передних колес лишает водителя возможности сочетать торможение с маневром, что является серьезным недостатком. Но при этом автомобиль по крайней мере движется прямолинейно, занимая полосу дороги по его габаритной ширине. Вращающийся же автомобиль перекрывает гораздо большую ширину дороги и поэтому имеет больше шансов быть вовлеченным в ДТП.

**Вариант 2.** Передний правый тормоз сочетается с задним левым, а другие два тормоза составляют второй контур (рис. 1.21).

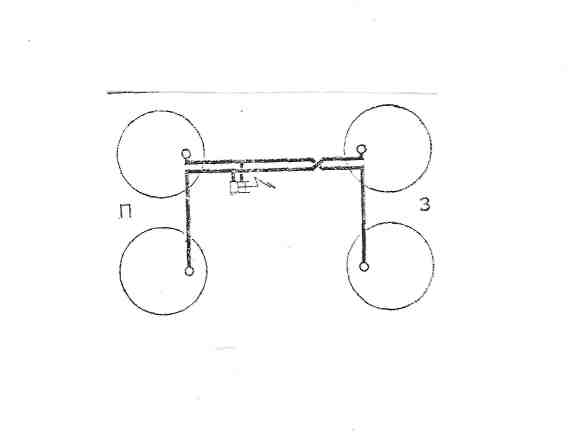


Рис. 1.21. Схема диагонального раздельного

привода тормозов

Это так называемый диагональный раздельный привод. Здесь при сохранении работоспособности любого контура реализуется при торможении 50 % суммарной силы сцепления автомобиля с дорогой. Однако наличие действующего тормоза лишь на одном из передних колес потенциально опасно.

Если продолжить геометрическую ось шкворневого соединения, позволяющего управлять колесом до ее пересечения с дорогой, то точка пересечения может совпасть с продольной осью зоны контакта шины и дорожного покрытия или оказаться смещенной от этой оси либо внутрь колеи передних колес, либо в противоположную сторону. Величину и направление смещения выбирает конструктор, находя компромиссное решение, в наибольшей степени отвечающее противоречивым требованиям к рулевому управлению, если тормозная сила на каждом из передних колес одинаковая, то величина и знак смещения не имеют значения для работы тормозной системы.

Когда же, как в случае повреждения системы с диагональным раздельным приводом, один передний тормоз действует менее эффективно, чем второй, то величина смещения становится определяющим фактором. Отсутствие уравновешивающей тормозной силы на одном колесе вызывает одностороннее силовое воздействие на рулевую трапецию, зависящее от величины и направления смещения. Следовательно, диагональный раздельный привод можно применять лишь на автомобилях с малым смещением. Кроме нежелательного воздействия на рулевой привод, асимметричное торможение может способствовать возникновению заноса. Однако, хотя тормозные силы на переднем и заднем колесах неравны, возникающий вследствие этого момент, действующий относительно центра тяжести транспортного средства, по величине незначителен.

Итак, при величине коэффициента сцепления 0,8 любой из двух контуров тормозной системы с диагональным раздельным приводом может обеспечить общую эффективность торможения 40 %.

Блокирование заднего колеса раньше переднего должно быть исключено. Назначение же тормозных усилий пропорционально распределению массы по осям и даже блокирование затормаживаемого переднего колеса допустимы, так как вращение одного переднего колеса предотвращает полную потерю управления.

**Вариант 3.** Два обычных рабочих цилиндра тормозов передних колес образуют первый контур. Второй контур объединяет рабочие цилиндры тормозов задних колес и дополнительные уменьшенные рабочие цилиндры тормозов передних колес (рис. 1.22). В тех же условиях, о которых говорилось выше, контур, обслуживающий только передние тормоза, может обеспечить эффективность торможения около 55 % при увеличенном усилии на тормозной педали. Если работает только второй контур, то силу нажатия на педаль нельзя увеличивать далее точки, при которой начинается блокирование задних колес. Следовательно, сила сцепления передних колес при этом не может быть полностью использована для торможения, однако в целом действие тормозной системы будет вполне удовлетворительным.

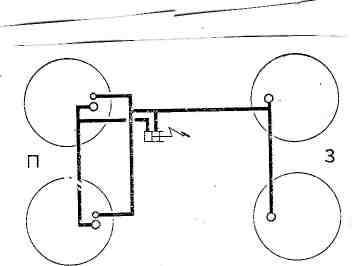


Рис. 1.22. Схема раздельного тормозного привода

с двумя рабочими цилиндрами

на каждом тормозе передних колес

**Вариант 4.** Данная схема очень похожа на предыдущую, но имеет более разветвленную систему трубопроводов (рис. 1.23). Здесь каждый контур обслуживает два передних и один задний тормоз (все цилиндры одинакового размера). Таким образом, при частичном отказе сис­темы всегда затормаживаются три колеса и вследствие этого можно было бы ожидать повышения эффективности торможения. Однако поскольку каждый из двух идентичных контуров включает в себя один задний тормоз, то при отказе одного контура нельзя увеличивать силу нажатия на педаль до величины, обеспечивающей полное исполь­зование силы сцепления передних колес. Поэтому в оговоренных выше условиях максимальная эффективность торможения при работе любого одного контура составляет только 40 %, т. е. этот вариант не имеет особых преимуществ, кроме возможности применения для передних тормозов четырех одинаковых рабочих цилиндров.

**Вариант 5.**Из изложенного ясно, что необходимо обеспечить затормаживание всех колес при отказе любого из двух контуров си­стемы. Должна также иметься возможность повышения давления в сохранившем работоспособность контуре для достижения нормальной эффективности торможения без блокирования колес. Этим требованиям отвечает только двойная тормозная система, в которой продублирован привод тормозов всех четырех колес, причем все рабочие цилин­дры одинаковые (рис. 1.24).

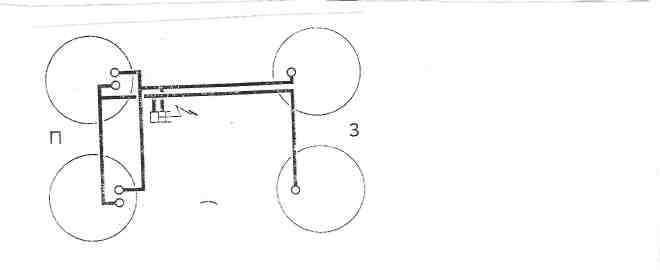


Рис. 1.23. Раздельный тормозной привод с включением

в каждый контур тормозов

Такая система обеспечивает 80%-ную эффективность торможения при коэффициенте сцепления 0,8 независимо от того, работают оба контура или какой-либо один из них.

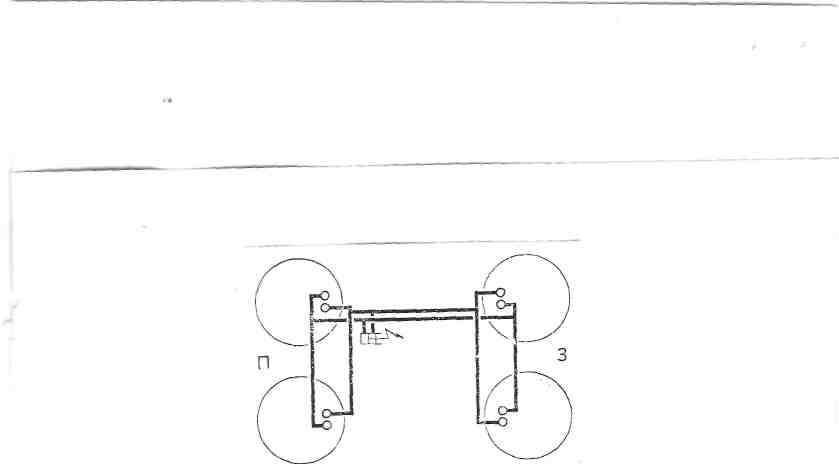


Рис. 1.24. Двойная тормозная система

Нетрудно понять, что внезапный хотя бы и частичный отказ даже самой лучшей из описанных тормозных систем с раздельным приводом как минимум оказывает на водителя неприятное для него психологическое воздействие.

1.6. Устойчивость транспортного средства

*Устойчивость* – свойство транспортного средства, характеризующее его способность сохранять заданное направление движения при воздействии внешних сил, стремящихся отклонить его от этого направления. В экспериментальных условиях недостаточная устойчивость транспортного средства может привести к его заносу или опрокидыванию.

Опрокидывание транспортного средства возможно в продольном и поперечном направлениях. В первом случае оно может опрокинуться вокруг передней или задней оси, а во втором – через колеса правой или левой стороны.

От устойчивости транспортного средства непосредственно зависит безопасность дорожного движения. Управляя неустойчивым транспортным средством, водитель вынужден не только внимательно следить за дорожной обстановкой, но и постоянно корректировать движение. Длительное управление таким транспортным средством приводит к быстрому утомлению, перенапряжению водителя и повышает возможность ДТП.

Различают продольную, поперечную и курсовую устойчивость транспортного средства. Чаще всего опасность возникает из-за недостаточной поперечной устойчивости.

Траектория движения транспортного средства всегда является криволинейной, причем кривизна непрерывно меняется. Прямолинейное движение – понятие условное, подразумевающее, что при неизменном направлении движения смещение оси не происходит.

*Курсовая устойчивость –* свойство транспортного средства двигаться без корректирующих воздействий со стороны водителя, т. е. при неизменном положении рулевого колеса.

Нарушение курсовой устойчивости при прямолинейном движении транспортного средства происходит под действием следующих сил: поперечной составляющей веса, бокового ветра, ударов колес о неровности дороги, а также различных по величине продольных сил (тяговой или тормозной). При криволинейном движении добавляется и центробежная сила.

Потеря устойчивости может произойти и при неправильных приемах управления вследствие интенсивного торможения или разгона, резкого поворота рулевого колеса; из-за технических неисправностей – заклинивание рулевого управления, прокол или разрыв шины и т. п.; из-за несоответствия дорожным условиям скорости автомобиля.

Нарушение продольной устойчивости может наступить при крутом спуске или крутом подъеме (рис. 1.25).

Опрокидывание транспортного средства относительно задней оси (рис. 1.25, *а*) начнется, когда момент *Р*п*h*ц станет равным или больше момента *G*п*l*2, т. е. если

*G* sin α*h*ц > *G* cos α*l*2,

откуда

tgαmax > *l*2 / *h*ц.

Из последнего выражения следует, что избежать опрокидывания на подъеме можно, если высота центра тяжести *h*ц автомобиля не будет превышать расстояние от центра тяжести до оси задних колес, т. е.   
*h*ц < *l*2. Опрокидыванию транспортного средства через заднюю ось обычно предшествует скольжение (пробуксовывание), которое имеет место при условии

φ < *l*2 / *h*ц.

Опрокидывание через переднюю ось обычно случается только при резком торможении на крутом спуске, в основном в результате действия силы инерции (рис. 1.25, *б*).

Потеря поперечной устойчивости в эксплуатационных условиях чаще всего происходит в результате действия поперечных сил: поперечной составляющей силы тяжести транспортного средства; центробежной силы; силы бокового ветра и силы, которая появляется в результате боковых ударов о неровности дороги. На дороге с поперечным уклоном (рис. 1.26) составляющая сила тяжести автомобиля стре­мится опрокинуть его или вызвать боковое скольжение. Опрокидывающему действию этой силы противодействует вторая составляющая сила тяжести *G*п.

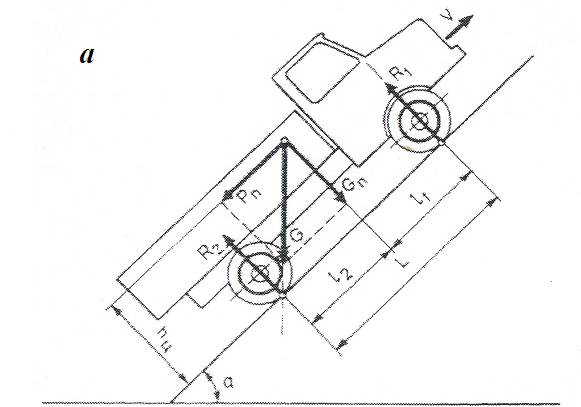
Из условия равновесия сил относительно оси, проходящей через опоры левых колес, имеем:

*R*//1 *К* + *P*п*h*ц – *G*п*K* / 2 = 0,

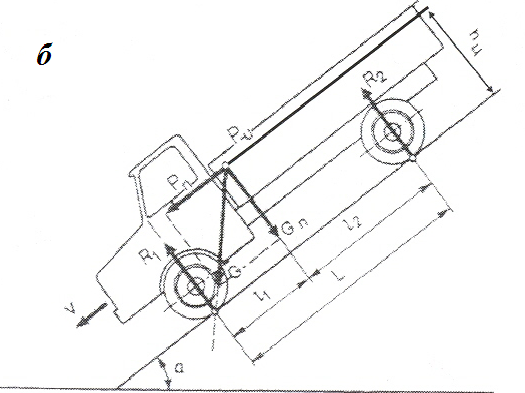
где *R*//1 – сумма нормальных реакций на правых колесах;

*К* – ширина колеи;

*G*п – вертикальная составляющая полной массы.



*а*



*б*

Рис. 1.25. Схема расчета показателей продольной

устойчивости автомобиля:

*а* – на подъеме; *б* – на спуске

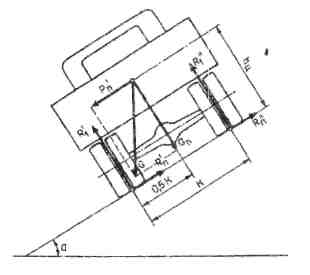


Рис. 1.26. Схема расчета показателей поперечной

устойчивости транспортного средства

В начальный момент опрокидывания реакции *R*//1= 0. Оп­рокидывающий момент в этом случае равен *Рh*ц. Ему проти­водействует момент, равный *G*п0,5*К*. Величина поперечной силы, при которой начинается опрокидывание:

*P*п= *G*п 0,5*K* / *h*ц;

*P*п / *G*п = tg α = 0,5*K* / *h*ц,

т. е. устойчивость автомобиля зависит от отношения половины колеи транспортного средства 0,5*К* к высоте его центра тяжести *h*ц. Эта величина характеризует устойчивость транспортного средства и называется коэффициентом поперечной устойчивости.

Равновесие транспортного средства, движущегося по косогору, станет неустойчивым, когда вследствие его наклона направление силы тяжести пройдет через линию соприкосновения колес одной стороны автомобиля с поверхностью дороги. На коэффициент поперечной устойчивости автомобиля влияет высота его центра тяжести. Чем выше расположен центр тяжести, тем меньше коэффициент устойчи­вости.

При определенных условиях поперечная сила *P*п стремится не только опрокинуть автомобиль, но и сдвинуть его по поверхности дороги. Этому противодействует сила сцепления шин с дорогой. Для того чтобы автомобиль под действием поперечной силы начал скользить вбок, необходимо, чтобы эта сила была больше или равна силе сцепления:

*P*п > *G*пφ, или *G* 0,5*К* / *h*ц > *С*пφ,

откуда 0,5 *К* / *h*ц > φ.

Опрокидывание наступает только при таком состоянии поверхности дороги, при котором коэффициент сцепления окажется больше коэффициента поперечной устойчивости автомобиля:

φ > 0,5*К* / *h*ц.

В эксплуатации автомобиля возможны случаи, когда боковое перемещение колес ограничено не силой сцепления, а каким-либо препятствием – бортом тротуара, неровностями дороги и т. д. На мокрой, грязной, покрытой льдом или снегом дороге занос автомобиля начинается значительно раньше опрокидывания.

Скольжение и опрокидывание может произойти и на горизонтальной дороге, если транспортное средство движется по кривой (рис. 1.27). При криволинейном движении центробежная сила направлена по линии, соединяющей центр поворота и центр тяжести автомобиля.

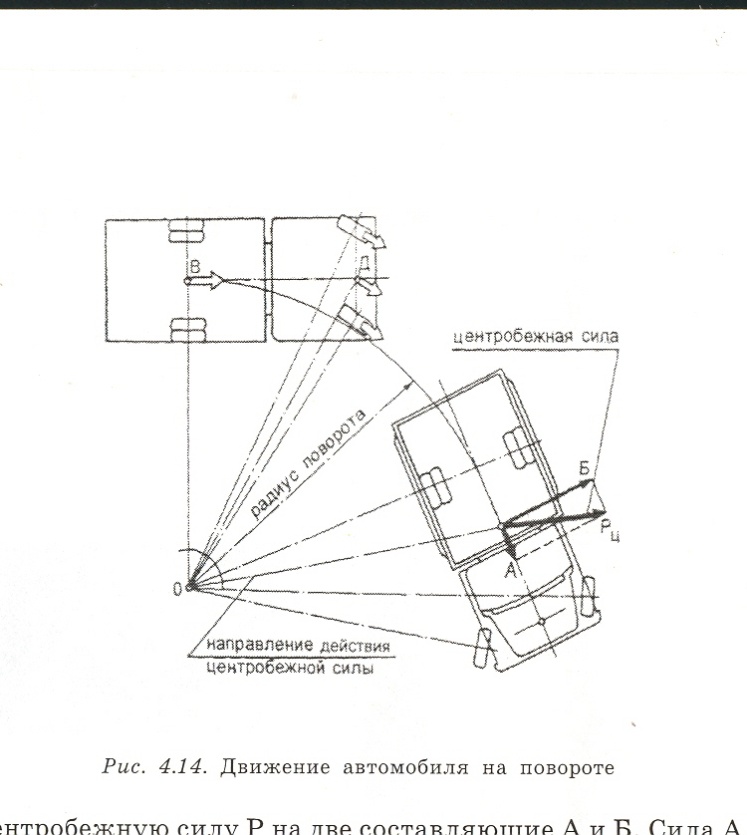
**

Рис. 1.27. Движение транспортного средства на повороте

Разложим центробежную силу *Р*ц на две составляющие *А* и *Б*. Сила *А* действует вдоль автомобиля, а сила *Б* – в поперечном направлении. Сила *Б* стремится вызвать занос или опрокидывание транспортного средства.

Для определения центра поворота транспортного средства нужно к направлениям движения передней и задней осей автомобиля провести перпендикуляры *ДО* и *ВО*. Точка *О* их пересечения и есть центр поворота автомобиля. Задняя ось перемещается в направлении продольной осевой линии *ВД*, соединяющей середины задней и передней осей. Перпендикуляр *ВО* к продольной осевой линии совпадает с задней осью автомобиля, т. е. центр поворота автомобиля находится на продолжении задней оси. На повороте вправо правое колесо поворачивается на больший угол, чем левое колесо, в связи с этим передняя ось движется в каком-то среднем направлении. Положение центра поворота на продолжении задней оси зависит от угла поворота управляемых колес, т. е. чем круче повернуты колеса, тем ближе к транспортному средству центр его поворота, и наоборот. Поэтому каждому опре­деленному положению рулевого колеса соответствует свое положение центра поворота *О* и величина радиуса поворота.

При непрерывном повороте управляемых колес мгновенный центр поворота непрерывно изменяет свое положение в пространстве, перемещаясь по некоторой кривой, а движение автомобиля является сложным и состоит из вращения вокруг мгновенного центра и перемещения в пространстве самого центра поворота. Поэтому в этом случае на автомобиль действует не только центробежная сила, но еще и поперечная сила, возникновение которой обусловлено перемещением самого центра поворота. Величина этой дополнительной поперечной силы зависит от быстроты поворота рулевого колеса, скорости движения и положения центра тяжести.

Существенное влияние на поперечную устойчивость транспортного средства оказывает расположение груза. Оно является оптимальным при совпадении центра тяжести груза с центром тяжести автомобиля. Неправильное расположение груза часто приводит к опрокидыванию, хотя с тем же грузом, но при правильном его расположении автомобиль может сохранить устойчивость.

Чем выше расположен центр тяжести транспортного средства, тем ниже допустимая скорость движения на повороте по условиям опрокидывания. Жидкие грузы в цистернах при неполной заправке, растворы бетона или извести, перевозимые в кузовах автомобилей-самосвалов, сыпучие грузы (зерно, щебень и др.), которые свободно перемещаются по кузову, могут нарушить поперечную устойчивость транспортного средства. Под действием центробежной силы на повороте они смещаются от оси транспортного средства к наружному краю. Подобное явление может произойти и с автобусом, в котором стоящие пассажиры под воздействием центробежной силы передвигаются к наружной стороне салона.

Учитывая это, на криволинейных участках дороги следует двигаться с особой осторожностью и заранее, до входа в поворот, снижать скорость движения.

Потеряв устойчивость при боковом (поперечном) скольжении, транспортное средство может выехать на полосу встречного движения или за пределы дороги. Если в этот момент автомобиль наедет на бардюрный камень, возможно опрокидывание. Скольжение на высокой скорости очень опасно, так как предотвратить занос трудно, а иногда просто невозможно.

Занос транспортного средства. Нарушение поперечной устойчивости может произойти и на участке прямолинейного движения в момент разгона или торможения, если появляется поперечная сила. Появ­ление этой силы обусловлено толчками и ударами колес о неровности дороги, наличием бокового ветра, а также может стать следствием того, что дорога почти всегда имеет поперечный уклон.

При торможении автомобиля между заторможенным колесом и дорогой возникает продольная сила, которой противодействует сила сцепления. Когда на транспортное средство помимо продольной силы действует и поперечная сила, сумма этих сил может превысить силу сцепления, что приведет к возникновению заноса. На ведущие колеса при движении постоянно действует продольная сила, меняя величину и направление в зависимости от разгона или торможения.

Если в процессе торможения транспортного средства или при резком разгоне продольная сила, действующая на колеса, достигнет величины силы сцепления, то появление даже незначительной поперечной силы вызовет занос транспортного средства*.* Поэтому при прямолинейном движении транспортного средства, особенно по мокрой или скользкой дороге, следует избегать резкого торможения или разгона, так как даже небольшое случайное боковое воздействие на транспортное средство может привести его к заносу.

Если поперечная сила, приходящаяся на ось транспортного средства*,* по своей величине близка к силе сцепления колес этой оси с дорогой, то достаточно прибавить к ней даже небольшую продольную силу, чтобы их сумма превысила силу сцепления и автомобиль начало заносить. Поэтому на повороте, особенно на мокрой и скользкой дороге, рекомендуется избегать торможения или резкого разгона.

Чем больше скорость транспортного средства и резче поворот рулевого колеса, тем больше дополнительная поперечная сила. Дополнительная поперечная сила будет тем меньше, чем ближе к задней оси транспортного средства расположен его центр тяжести. При очень резком повороте и высокой скорости движения дополнительная поперечная сила может значительно превысить даже центробежную и в сумме с ней привести к потере устойчивости транспортного средства. Поэтому необходимо избегать резких поворотов рулевого колеса, особенно на скользкой дороге.

Уменьшить действие центробежной силы можно путем уменьшения массы транспортного средства, скорости движения, увеличе­ния радиуса поворота. В условиях эксплуатации водитель чаще всего может оперировать только скоростью.

Скорость на повороте, при которой начинается скольжение или опрокидывание, называется предельной скоростью. Скольжению транспортного средства противодействует сила бокового сцепления колес с дорогой, опрокидыванию – момент, зависящий от массы автомобиля. Боковому скольжению препятствует сила сцепления. Предельная скорость будет тем выше, чем шире колея транспортного средства, больше радиус поворота и ниже центр тяжести.

Если при боковом скольжении на пути колес окажется препятствие (бордюр), то опрокидывание произойдет раньше, чем транспортное средство достигнет предельной скорости.

У транспортного средства, у которого передние колеса движутся поступательно со скоростью *v*1 (рис. 1.28), а задние колеса, двигаясь со скоростью *v*2,скользят в поперечном направлении, результирующая скорость перемещения заднего моста равна *v*3. Несмотря на то, что передние колеса находятся в нейтральном положении, автомобиль поворачивается вокруг центра *О*. Поперечная составляющая возникающей при этом центробежной силы *Р*ц действует в направлении скольжения заднего моста, повышая скорость, и занос увеличивается.

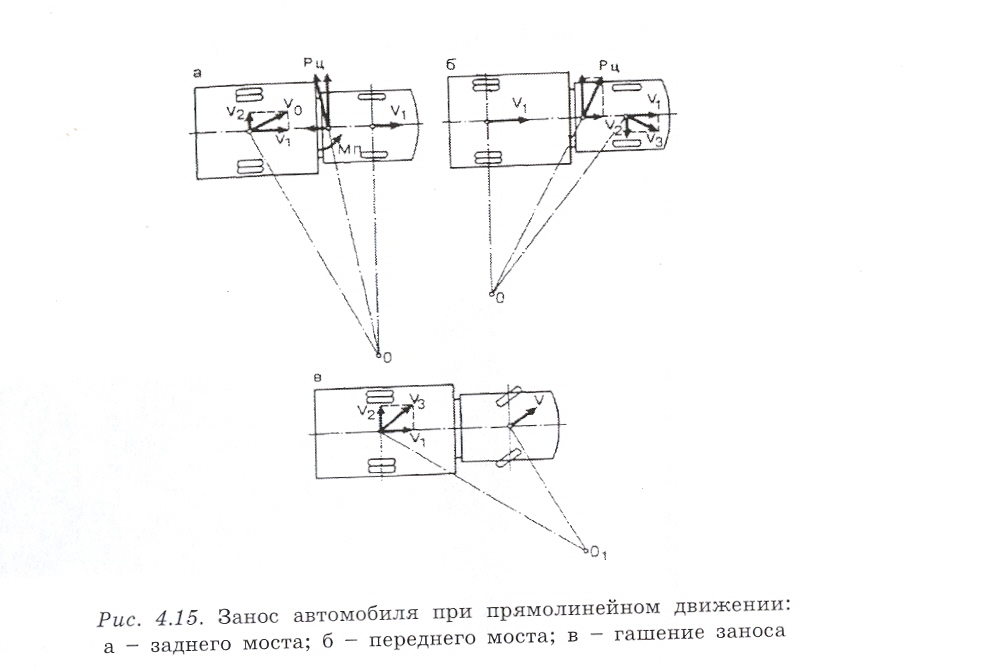


Рис. 1.28. Занос транспортного средства при прямолинейном

движении: *а* – заднего моста; *б* – переднего моста;

*в* – гашение заноса

Если происходит занос переднего моста (рис. 1.28, *б*), то поперечная составляющая силы *Р*ц направлена в противоположную сторону скорости бокового скольжения, и скольжение передних колес прекращается.

Для устранения заноса заднего моста необходимо уменьшить касательную реакцию на ведущих колесах, прекратить торможение и повернуть передние колеса в сторону начавшегося заноса, тем самым центр поворота сместится в точку *О*1 (рис. 1.28, *в*), радиус поворота увеличится, центробежная сила уменьшится. Однако сразу после прекращения заноса передние колеса нужно установить в нейтральное положение, иначе начнется скольжение задних колес в обратную сторону.

При движении автомобиля на повороте всегда действует поперечная составляющая сила *Р*ц, которая распределяется по осям в виде двух поперечных сил *Р*ц// и *Р*ц/(рис. 1.29, *а*) на заднюю ось, кроме того, действует сила тяги *Р*т. Если равнодействующая сила *Р*т + *R//*1 окажется больше силы сцепления колес с дорогой, то заднюю ось начнет заносить (рис. 1.29, *б*). В связи с изменением направления движения автомобиля изменится и положение центра поворота, который переместится из точки *О*1 в точку *О*2, т. е. в точку пересечения перпендикуляров *АО*1 и *ВО*2. С изменением центра поворота изменяется и радиус поворота – он станет меньше, что приведет к увеличению центробежной силы, а последняя способствует заносу.

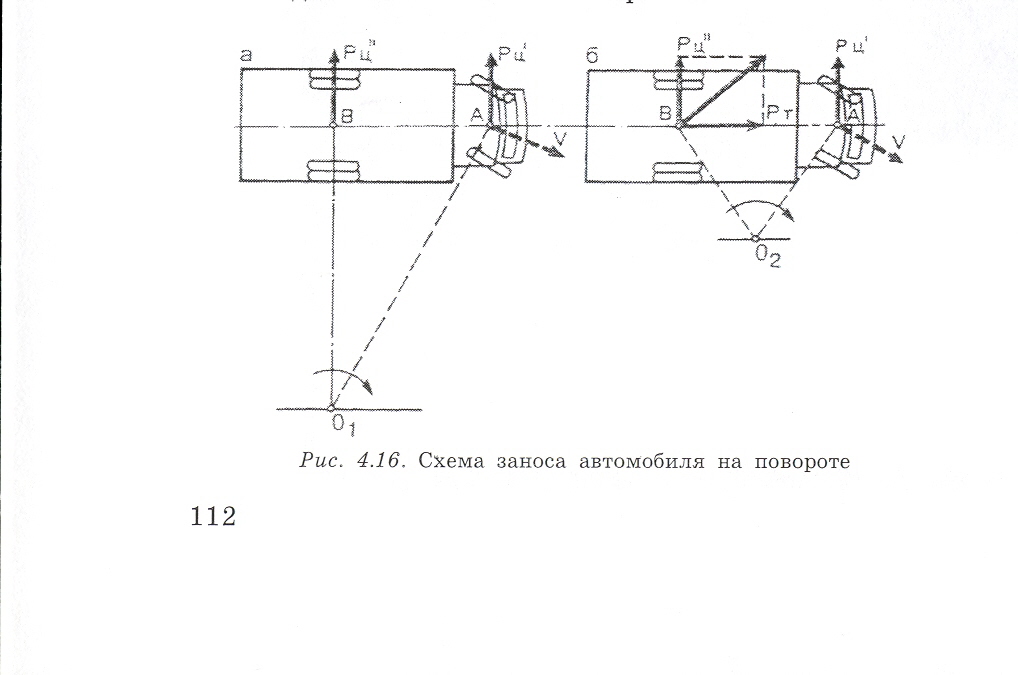


Рис. 1.29. Схема заноса транспортного средства на повороте

Начавшийся занос задней оси будет беспрерывно нарастать, если в начале его появления не принять необходимых мер предосторожности. Чем выше скорость, тем быстрее нарастает занос, поэтому по мокрой или обледенелой дороге, особенно на поворотах, нельзя двигаться с большой скоростью.

*Особенности ликвидации заноса на переднеприводном автомобиле*. Тяговое усилие на переднеприводном автомобиле приходится на передние колеса, этим обусловливается специфика управления, особенно на скользкой дороге. В отличие от заднепривордного, переднеприводной автомобиль значительно меньше подвержен заносу, в особенности при движении по прямолинейной траектории. Обычно потеря сцепления колес с дорогой происходит на поворотах.

Водитель переднеприводного автомобиля должен помнить, что при заносе нельзя уменьшать подачу топлива, а, наоборот, следует увеличивать.

Правила прохождения поворота на переднеприводном автомобиле:

- снижать скорость нужно до поворота;

- на повороте нужно двигаться с постоянной скоростью или с небольшим ускорением.

Если поворот будет осуществляться на большой скорости или на самом повороте слишком будет увеличена скорость движения, колеса могут потерять сцепление с дорогой и начнется снос. Автомобиль будет двигаться по касательной к траектории поворота дороги. При сносе вернуться к прежней траектории движения путем поворота колес невозможно.

При заносе заднего моста перемещается центр поворота автомобиля. Радиус поворота уменьшается, а центробежная сила возрастает, усиливая занос. Поэтому эффективность мер по предотвращению опасных последствий заноса во многом предопределяется своевременностью действий водителя. Нажатие на педаль сцепления во время начавшегося заноса нарушает жесткую кинематиче­скую связь ведущих колес с двигателем, что ухудшает устойчивость и может привести к усилению заноса.

Боковой занос транспортного средства возникает в условиях недостаточного сцепления шин с дорогой. Причиной заноса может быть торможение (особенно резкое) на мокрых скользких дорогах, а также резкое торможение на сухой дороге при большой скорости движения транспортных средств. Занос может возникнуть также при ускорении движения автомобиля, особенно при резком нажатии на педаль подачи топлива.

Занос на ровной сухой дороге – верный признак того, что водитель допустил ошибку. Либо у транспортного средства плохо отрегулированы тормоза (одно, а то и оба колеса одной стороны тормозят больше, чем другой), либо водитель затормозил слишком резко, или ехал на повороте со скоростью, превышающей допустимую.

Рассмотрим причины возникновения заноса транспортного средства при резком торможении, когда колеса заблокированы. Поскольку ни одни тормоза не действуют абсолютно одинаково, при резком торможении одно колесо всегда будет блокироваться чуть раньше других. Неблокированное колесо тормозит сильнее заблокированного, поэтому автомобиль идет боком по дороге.

Когда тормоза отрегулированы правильно, причиной заноса может быть поверхность дороги. Поверхность дороги различна: левыми колесами автомобиль едет ближе к центру, правыми по краю, где больше пыли, песка. Различное сцепление шин с поверхностью дороги способствует блокировке колес, а естественный профиль дороги (ее поперечный выпуклый изгиб) усиливает занос. Опасно неодинаковое давление воздуха в шинах задних колес легкового автомобиля, поскольку шина с повышенным давлением может быть блокирована раньше, чем шина, имеющая нормальное или пониженное давление воздуха. Неопытный водитель почти всегда беспомощен при заносе, и его бессознательное действие – торможение. Но замедления не происходит, так как при юзе нарушается сцепление шин с дорогой. Блокировка колес, т. е. движение их юзом, наоборот, удлиняет их тормозной путь.

Поэтому в случае блокировки колес надо немедленно ослабить нажим на педаль тормоза. Это – главное правило для прекращения заноса. Если водитель быстро не отпустит педаль тормоза, задняя часть автомобиля начнет, как говорят, обгонять переднюю, автомобиль может повернуться вокруг своей оси и съехать с дороги. Если транспортное средство уже занесло вбок, занос нужно прекратить, управляя передними колесами

Как известно, транспортное средство выводят из заноса, поворачивая руль в ту сторону, в какую происходит скольжение задних колес. При этом передние колеса должны быть повернуты в направлении, в котором автомобиль двигался до заноса. Однако очень трудно угадать, на сколько нужно повернуть передние колеса и когда следует возвращать их в обратное положение. Неопытные водители поворачивают колеса в направлении заноса, но обычно делают это слишком сильно, так как стремятся противодействовать заносу и не умеют точно управлять рулем. Обычно такие водители забывают, что руль нужно возвратить в положение «прямо» еще до того, как выровняется транспортное средство. Возвращение задней части транспортного средства является заносом в противоположную сторону, и если его вовремя не прекратить поворотом руля, снова возникает занос, но в другую сторону.

Транспортное средство повернется в противоположную сторону, т. е. влево. Поэтому опытные водители опережают занос поворотом рулевого колеса в сторону заноса. Но они тотчас же поворачивают руль обратно, потому что задняя часть автомобиля уже возвращается в прежнее положение.

Водитель должен твердо помнить: при заносе транспортного средства необ­ходимо повернуть руль в направлении, в котором повернута задняя часть транспортного средства, но для прекращения заноса очень важно не перестараться и своевременно повернуть передние колеса в положение, в котором они были до заноса.

И последнее: в момент, когда транспортное средство занимает положение, которое водитель стремится ему придать, рулевое колесо нужно резко повернуть влево и тотчас возвратить в прямую позицию. Такое движение останавливает занос транспортного средства влево.

Занос на повороте очень похож на занос при торможении, но причина его иная. Из-за неправильно выбранной скорости на повороте возникает значительная центробежная сила, которая нарушает сцепление с дорогой. Вывод транспортного средства из заноса в таких случаях производится следующим образом. Тормозить нельзя, наоборот, рекомендуется немного прибавить газ. Необходимо повернуть колеса в противоположную сторону, но не слишком круто и во­время вывернуть руль в обратную сторону.

Знать приемы вывода транспортного средства из заноса необходимо каждому водителю. Однако нужно помнить, что из заноса далеко не всегда возможно благополучно выйти, лучше его избежать.

**1.6.1. Влияние бокового наклона кузова на устойчивость**

**транспортного средства**

Представим стоящее транспортное средство, все колеса которого симметричны при нейтральном положении рулевого управления, т. е. колеса на одной стороне транспортного средства являются как бы зеркальным отображением колес на его другой стороне. Следовательно, условия качения всех колес одинаковы и в принципе симметрия, существующая в статическом положении транспортного средства, должна сохраняться и при его движении, однако есть определенные типы подвесок, при которых способ размещения колес не обеспечивает посто­янной строгой параллельности осей транспортного средства, что вызывает непроизвольные изменения углового положения управляемых колес. Обычно эти постоянные флуктуации незначительны и не оказывают существенного влияния на управляемость автомобиля. Поэтому не воз­никает серьезных оснований для постановки вопроса об изменении конструкции транспортных средств.

Тем не менее могут возникнуть условия, например, вследствие естественного износа деталей и узлов, когда указанное явление может заметным образом повлиять на устойчивость движения транспортного средства.

Рассмотрим упрощенную модель транспортного средства с жесткими осями и полуэллиптическими рессорами. Транспортное средство входит в правый поворот и возникающая центробежная сила стремится сдвинуть его к обочине на кривой. Этому препятствует приложенная к шинам поперечная реакция дороги, но под действием центробежной силы кузов накреняется, деформируя рессоры. Левые рессоры дополнительно нагружаются, правые разгружаются. Конструкция крепления рессор к осям такова, что концы дополнительно нагруженных рессор отодвигаются назад от точек их неподвижного крепления, а вместе с ними и соответствующий край оси (рис. 1.30).

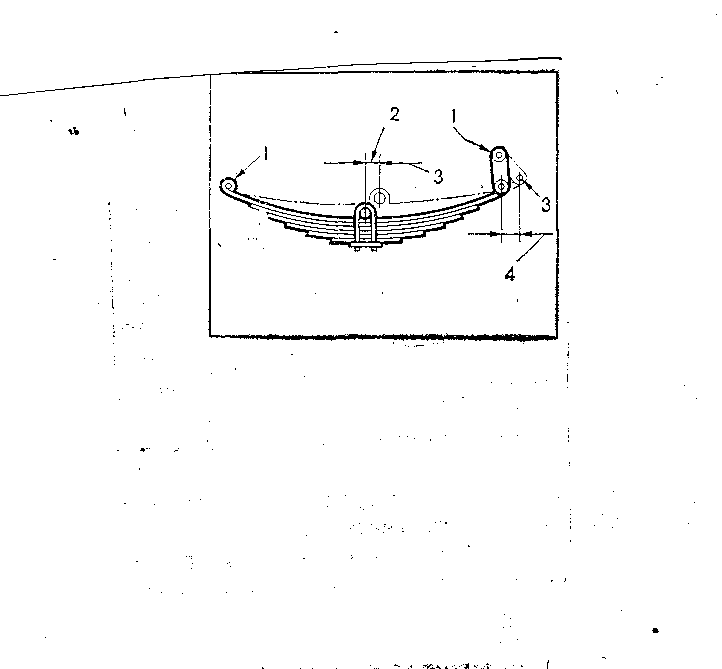


Рис. 1.30. Полуэллиптическая рессора:

*1* – кронштейн; *2* – величина перемещения оси автомобиля

при сжатии рессоры; *3* – подвижный шарнир серьги;

*4* – величина перемещения подвижного шарнира

Нейтрализация влияния поперечного крена. Если дополнительная деформация рессор, вызванная поперечным креном транспортного средства на повороте, одинакова на передней и задней осях, то обе оси остаются почти параллельными. Поэтому крен оказывает незначительное влияние на управление этим транспортным средством (рис. 1.31, *а*).

Отклонение за пределы траектории, вызванное креном. Если передние рессоры прогибаются на повороте больше, чем задние, то крен оказывает существенное влияние на управляемость транспортного средства, заметно снижая эффект от поворота руля и управляемых колес. Транспортное средство сохраняет тенденцию движения по прямой, менее свободно вписываясь в преодолеваемую кривую (рис. 1.31, *б*).

Центробежная сила, а вместе с ней и крен кузова возрастают с увеличением скорости. Поэтому чем больше скорость на повороте, тем более выражена тенденция отклонения транспортного средства к внешнему краю дороги на кривой.

Отклонение внутрь траектории. Если задние рессоры прогибаются на повороте больше, чем передние, то соответственно больший перекос задней оси действует в направлении уменьшения радиуса поворота транспортного средства (рис. 1.31, *в*).

Указанный эффект, вызванный поперечным креном, препятствует водителю в движении по желаемой траектории, способствует отклонению транспортного средства к внутреннему краю дороги на кривой. Для преодоления отрицательного влияния этого эффекта рулевое колесо следует поворачивать на угол, меньший обычного. Чем больше скорость движения по кривой, тем более выражена тенденция автомобиля к отклонению внутрь траектории поворота.

Хотя здесь (в целях пояснения сущности влияния крена на управляемость) речь шла о характеристиках лишь одной конструктивной разновидности подвески колес, большинство автомобилей подвержено влиянию крена на управляемость независимо от типа подвески.

Отсюда следует, что любое небольшое повреждение или износ деталей подвески может повлиять на управляемость транспортного средства. Довольно распространены такие неисправности, как ослабление или поломка упругих элементов подвески, изгиб одной из поперечных рулевых тяг независимой подвески колес при исправной другой тяге. Эти и другие подобные неисправности влияют на управляемость во время поворота транспортного средства в соответствующую сторону и должны рассматриваться как значимый фактор при воспроизведении механизма ДТП и техническом осмотре.

**Амортизаторы.** Роль амортизаторов заключается в том, чтобы замедлить воздействие на подрессоренную часть транспортного средства резких толчков из-за неровностей дороги.

Во время осмотра важно убедиться в надежности верхнего и нижнего крепления амортизаторов и в отсутствии чрезмерных подтеков смазки, которые свидетельствуют об их износе (наличие тонкого поверхностного слоя смазочного материала необходимо для обеспечения нормальной работы амортизаторов). Кроме того, амортизаторы следует проверить на их работоспособность.

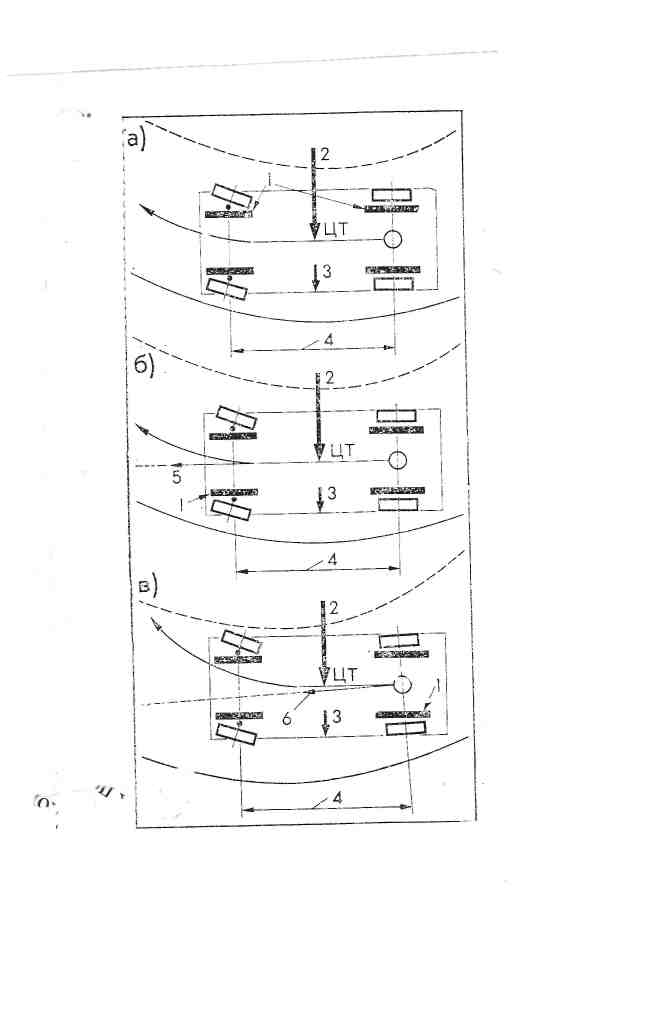


Рис. 1.31. Схемы влияния крена на управляемость автомобиля:

*1* – рессоры (*а* – деформация задней и передней одинаковая;

*б* – передней больше, чем задней; *в* – задней больше, чем передней);

*2* – направление центробежной силы; *3* – направление крена кузова;

*4* – оси (*а* – остаются параллельными; *б*, *в* – нарушается параллельность);

*5* – передняя ось стремится отклониться; *6* – задняя ось стремится

двигаться в этом направлении

Не прилагая чрезмерных усилий, опустить каждый из углов автомобиля вниз и проследить за его возвращением вверх до нормального уровня без толчков и колебательных движений. Если автомобиль сильно поврежден, а на основании данных, полученных при осмотре места ДТП, от свидетелей или в результате обнаружения неодинакового износа шин, можно предполагать, что амортизаторы могли повлиять на возникновение ДТП, то следует снять их с поврежденного автомобиля для осмотра. Вертикальные колебания колес могут быть вызваны чрезмерным уменьшение сцепления шин с дорогой, это приводит к потере управления, увеличению остановочного пути и к тому, что движущийся автомобиль будет подвержен действию внешних сил, таких, как составляющая силы тяжести на дороге с поперечным уклоном или сила давления бокового ветра.

Поэтому при осмотре места происшествия необходимо обратить внимание на возможные разрывы в тормозном следе, которые, как правило, хорошо просматриваются на проезжей части.

Вертикальные колебания кузова.

Колебания кузова автомобиля, которые могут быть вызваны неровностями на проезжей части, увеличивают остановочный путь и ухудшают работу рулевого управления, особенно на влажной дороге. При реконструкции ДТП следует обращать внимание на любое препятствие в пределах полотна дороги, которое могло вызвать колебания

кузова. Слегка волнистый тормозной след служит надежным свидетельством неисправности амортизатора или сильного износа подвески.

**Крен и продольные колебания кузова.** На повороте, большая часть массы автомобиля перераспределяется с заднего внутреннего (по отношению к центру поворота) на переднее внешнее колесо. Темп на­растания углового крена и возможность возникновения продольных колебаний определяются степенью работоспособности амортизаторов. Их неисправность серьезно ухудшает устойчивость автомобиля вплоть до полной потери управления. В зависимости от конструкции автомобиля и от расположения неисправных узлов результатом может быть чрезмерное отклонение влево или вправо и в любом случае возникают угловые колебания автомобиля относительно вертикальной оси.

1.7. Управляемость транспортного средства

*Управляемость* – это свойство транспортного средства легко изме­нять направление движения, следуя повороту рулевого колеса. Управляемость, устойчивость и тормозные свойства автомобиля тесно связаны и взаимно обусловливают друг друга. Они являются слагаемыми маневренности автомобиля, а значит, и безопасности дорожного движения.

Управляемость зависит от технического состояния автомобиля, и в частности, органов управления, ходовой части, стабилизации управляемых колес, давления воздуха в шинах, нагрузки на колеса и углов увода.

На управляемость автомобиля влияют также состояние проезжей части и поперечный уклон дороги, величина коэффициента сцепления шин с дорогой, направление и сила ветра.

Боковой увод транспортного средства.

На движущееся транспортное средство почти всегда действует поперечная сила, которая проявляется в результате поперечного уклона дороги, бокового ветра или поворота автомобиля.

При отсутствии боковой силы (рис. 1.32, *а*) линия *АО* проходит посередине протектора. Точки *В* и *С*, находящиеся на этой линии, при качении колеса касаются дороги соответственно в точках *В*1 и *С*1. Траектория качения располагается в плоскости симметрии колеса. Если к колесу приложена поперечная сила *Р*бок, то шины колес деформируются, средняя плоскость колеса смещается относительно центра контакта, а линия *АО* будет изогнутой (рис. 1.32, *б*). Тогда при повороте колеса на некоторый угол точка *В* войдет в контакт с дорогой в точке *В*2 а точка *С* – в точке *С*2. При дальнейшем качении колеса все точки, лежащие на середине протектора, будут располагаться на линии *OD*. Траектория колеса (линия *OD*) отклоняется от плоскости колеса на угол δ, называемый углом увода.

Схождение и развал колес может вызвать увод колес. Если силы *Р*бок относительно малые, то изменение направления движения осуществляется главным образом за счет упругих деформаций шин. Увеличивающийся под действием силы *Р*бок увод шины сопровождается одновременным ее проскальзыванием относительно дороги. Увеличение вертикальной нагрузки и давления воздуха в шине повышает сопротивление уводу. При уводе колеса сила, необходимая для его качения, резко увеличивается. Так как шина деформируется не только в радиальном направлении, но и в поперечном, внутреннее трение в шине возрастает, срок службы ее уменьшается. При больших углах увода наблюдается большое проскальзывание шины.

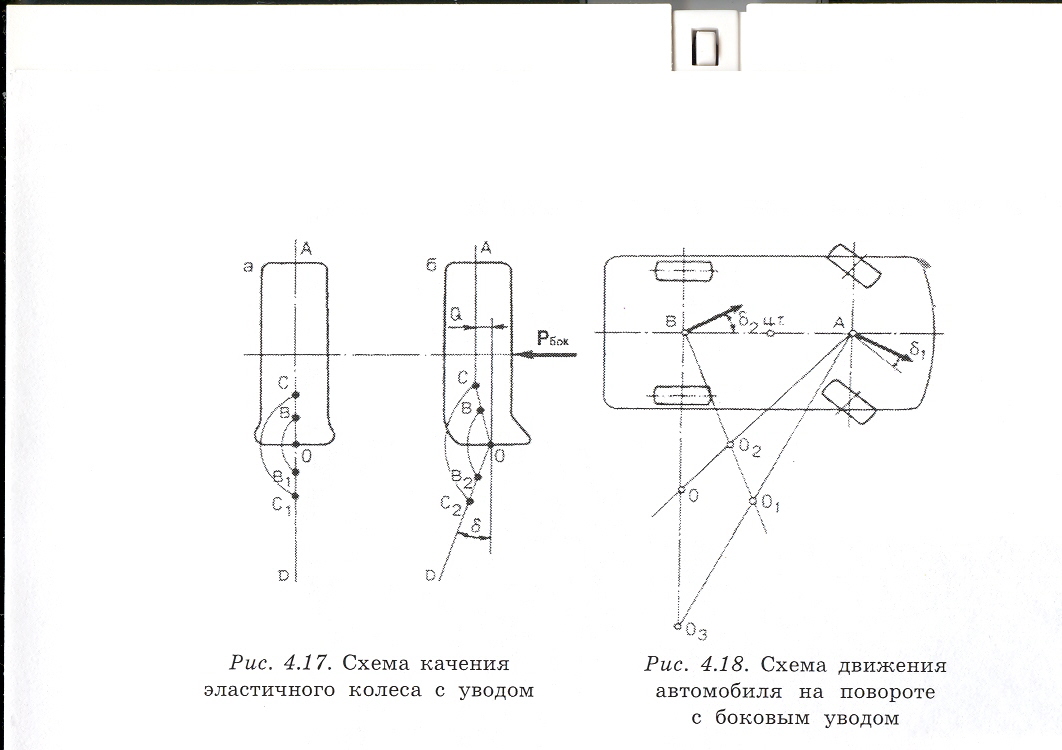


Рис. 1.32. Схема качения эластичного колеса с уводом

Устойчивость транспортного средства на повороте. Чтобы на повороте колеса катились без буксования и проскальзывания, необходимо совпадение мгновенных центров поворота всех колес. Это возможно, если поворот наружного и внутреннего управляемых колес осуществляется на разные углы с помощью рулевой трапеции. Мгновенный центр поворота находится в точке пересечения перпендикуляров, проведенных к векторам скорости каждого колеса.

В действительности движение транспортного средства на повороте всегда сопровождается боковым уводом. Вследствие бокового увода направление движения задней оси не совпадает с продольным направлением, а отклоняется от него в сторону действия поперечной силы на угол увода δ2 (рис. 1.33).

Движение передней оси также не совпадает с направлением управляемых колес, отклоняясь от этого направления на угол увода δ1. Если провести к направлениям движения передней и задней осей перпендикуляры *АО*1 и *ВО*2, то точка их пересечения *О*1 и будет действительным центром поворота автомобиля. Действительный радиус поворота не равен теоретическому радиусу и зависит от угла поворота управляемых колес и от соотношения между углами увода задней δ2 и передней δ1 осей.

Допустим, что колеса передней оси транспортного средства обладают абсолютной жесткостью в боковом направлении и будут двигаться на повороте без бокового увода, а задняя ось – с уводом δ2. Тогда центр поворота будет расположен в точке *О*2 и действительный радиус будет меньше теоретического.

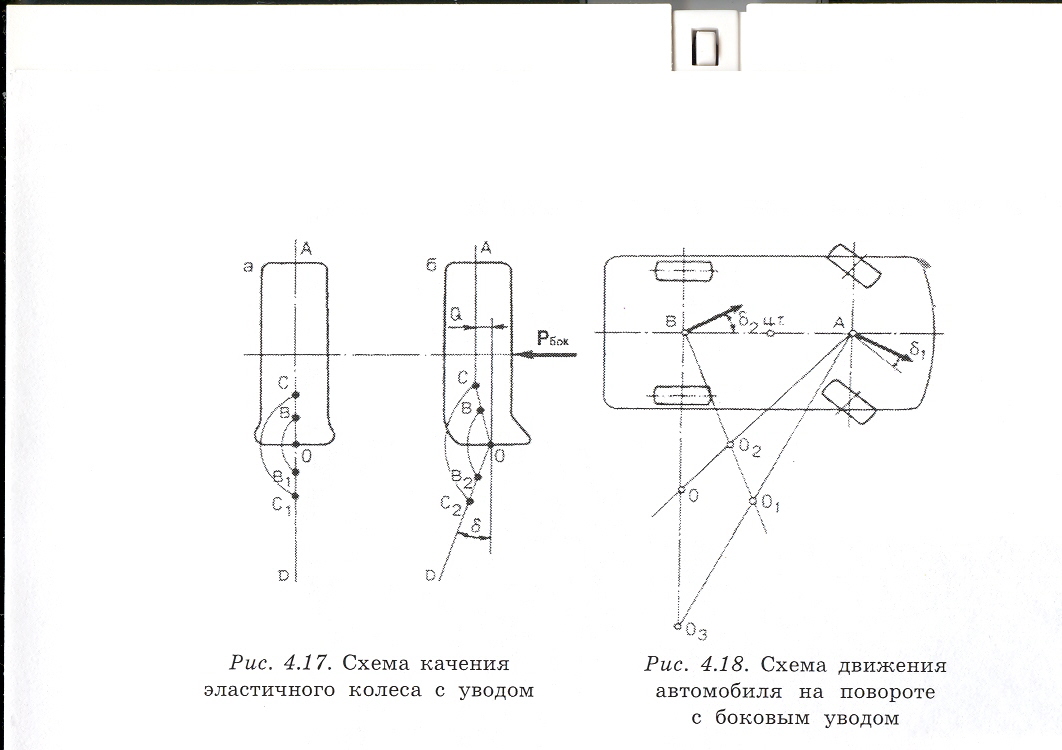


Рис. 1.33. Схема движения транспортного средства

на повороте с боковым уводом

Если абсолютной жесткостью в боковом направлении обладают задние колеса, а передняя ось движется с уводом δ1, то центр поворота расположен в точке *О*2 и действительный радиус больше теоретического.

Автомобиль, у которого δ2 > δ1, называется автомобилем с излишней поворачиваемостью, а автомобиль, у которого δ2 > δ1 – с недостаточной поворачиваемостью.

При прямолинейном движении по горизонтальной дороге в случае внезапного действия боковой силы *Р*бок автомобиль изменит свое направление. Если автомобиль имеет нормальную поворачиваемость, т. е. δ2 = δ1 (рис. 1.34, *а*), то он движется прямолинейно под углом к своей продольной оси. Для движения транспортного средства без увода необходимо управляемые колеса повернуть направо и, когда транспортное средство вернется на свое место, вернуть колеса в нейтральное положение.

Если на транспортное средство с излишней поворачиваемостью, движущееся прямолинейно, действует случайная поперечная сила (например, порыв бокового ветра), то по причине бокового увода движение автомобиля значительно изменится. Вследствие различных углов увода (δ2 > δ1)задняя ось будет стремиться отклониться вбок больше, чем передняя (рис. 1.34, *б*). Транспортное средство будет двигаться по кругу около мгновенного центра поворота *О*1. Но как только прямолинейное движение автомобиля перейдет в криволинейное, возникнет центробежная сила, а следовательно, и поперечная составляющая силы *Р*ц, которая в этом случае будет направлена в ту же сторону, в которую направлена действующая на автомобиль случайная поперечная сила *Р*бок. При этом углы увода осей увеличатся, а радиус поворота уменьшится, что приведет на той же скорости движения к увеличению центробежной силы, углов увода осей и т. д.

Транспортное средство будет двигаться по траектории все умень­шающегося радиуса, пока не начнется занос. Так как величина центробежной силы зависит не только от радиуса поворота, но и от скорости движения транспортного средства, то при высоких скоростях движения достаточно приложить к автомобилю небольшую случайную поперечную силу, чтобы нарушить прямолинейное движение. Если своевременно не выровнять транспортное средство поворотом рулевого колеса, то стремительно нарастающая центробежная сила может очень легко привести к потере автомобилем поперечной устойчивости. По этой причине при управлении автомобилем, обладающим излишней поворачиваемостью, от водителя требуется повышенная внимательность и осторожность.

Сопротивление уводу тем больше, чем выше давление воздуха в шине, шире обод колеса и больше число слоев каркаса шины.

При внезапном приложении случайной силы к транспортному средству с недостаточной поворачиваемостью вследствие бокового увода (рис. 1.34, *в*) первоначальное прямолинейное движение также нарушается. При недостаточной поворачиваемости (δ1 > δ2) автомобиль поворачивается около мгновенного центра поворота *О*2 и уже не в сторону действия случайной поперечной силы *Р*б. Возникающая при этом дополнительная поперечная сила направлена в сторону, противоположную *Р*б, будет не увеличивать, а уменьшать углы увода осей.

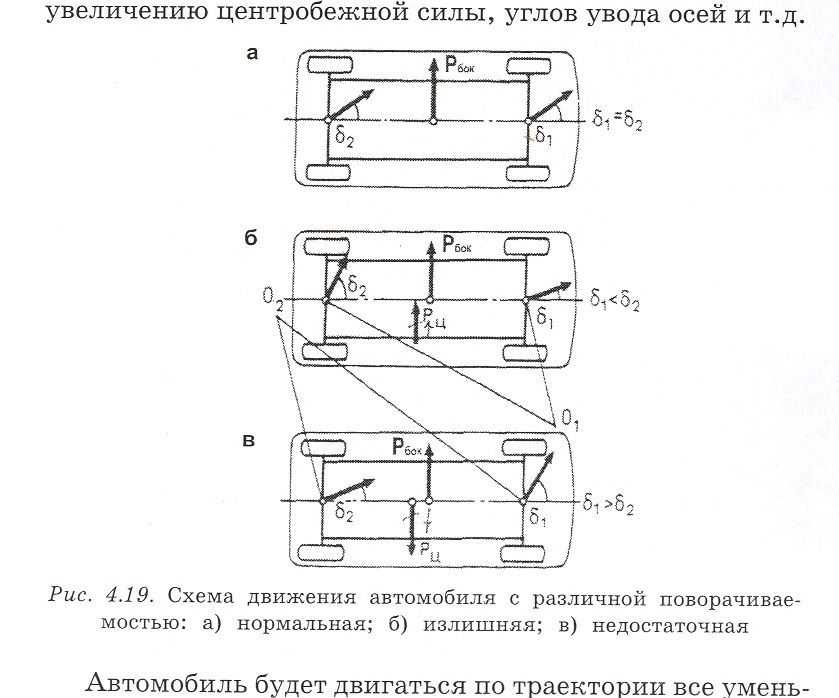


Рис. 1.34. Схема движения транспортного средства

с различной поворачиваемостью: *а* – нормальной;

*б* – излишней; *в* – недостаточной

Возникшая поперечная составляющая силы *Р*ц препятствует появлению заноса, и автомобиль сохраняет управляемость. Чем выше скорость движения автомобиля, тем больше поперечная сила, возникающая вследствие увода, и тем эффективнее ее противодействие внезапно приложенной поперечной силе. Таким образом, автомобиль, обладающий недостаточной поворачиваемостью, автоматически сохраняет прямолинейное движение, что облегчает управление. Однако если точки приложения первоначальной боковой силы *Р*б и возникшей центробежной силы *Р*ц не совпадают, то возможно появление разво­рачивающего момента. Соотношение между углами увода δ2 и δ1 оказывает существенное влияние на устойчивость и управляемость транспортного средства.

С точки зрения устойчивости транспортного средства ему необходимо придавать свойства недостаточной поворачиваемости. Этого можно достичь смещением центра тяжести автомобиля ближе к передней оси, чтобы большая доля центробежной силы, действующая на автомобиль, приходилась на переднюю ось, уменьшением давления в шинах передних колес. Величина увода шин при постоянной боковой силе обратно пропорциональна давлению воздуха в шине. У грузовых автомобилей, имеющих спаренные колеса, углы увода передних колес получаются больше задних. Неисправности в подвеске передних и задних мостов, рессор, амортизаторов, рулевого управления способствуют увеличению увода колес. Максимальные углы увода шин – 12–18°. Средний угол увода автомобиля находится в пределах 5–7°.

С увеличением нагрузки на задние ведущие колеса необходимо повышать в них давление. Однако чрезмерное повышение давления в задних колесах может привести к снижению сцепления колеса с дорогой, что ухудшит устойчивость транспортного средства.

Каждая модель транспортного средства испытывается на явление бокового увода при подборе шин. Поэтому нельзя изменять размер шин на транспортном средстве в процессе его эксплуатации. При необходимости поставить шину меньшего размера следует уменьшить приходящуюся на нее нагрузку или повысить в ней давление воздуха. Радиус поворота зависит не только от угла поворота управляемых колес, но и от величины углов увода колес.

Стабилизация управляемых колес. При движении автомобиля на управляемые колеса всегда действуют силы, стремящиеся отклонить их от заданного положения. В силу наличия зазоров и упругости деталей колеса отклоняются даже при фиксированном положении рулевого механизма. Это может явиться одной из причин неустойчивого движения автомобиля. Устойчивость движения автомобиля обеспечивается стабилизацией управляемых колес, т. е. способностью управляемых колес автоматически возвращаться в нейтральное положение (положение, соответствующее прямолинейному движению автомобиля) без помощи водителя.

Стабилизация управляемых колес достигается за счет установки шкворней с наклоном в поперечной и продольной плоскостях и обеспечения стабилизирующего момента эластичными шинами при их качении с боковым уводом.

Оси шкворней управляемых колес устанавливают в поперечной плоскости под некоторым углом α к вертикали, вследствие чего при повороте управляемых колес происходит подъем передней части автомобиля так, если повернуть колесо на угол β (рис. 1.35), точка контакта колеса с дорогой должна была бы переместиться по дуге *АА*/ радиуса *С* и опуститься на *h* ниже опорной поверхности. Но в действительности это не может произойти, поэтому поворот колеса вызывает подъем автомобиля на величину

*h* = *х* · sin α;

*х* = *с* – *с* · cos β;

*h* = *с* (1 – cos β) sin α.

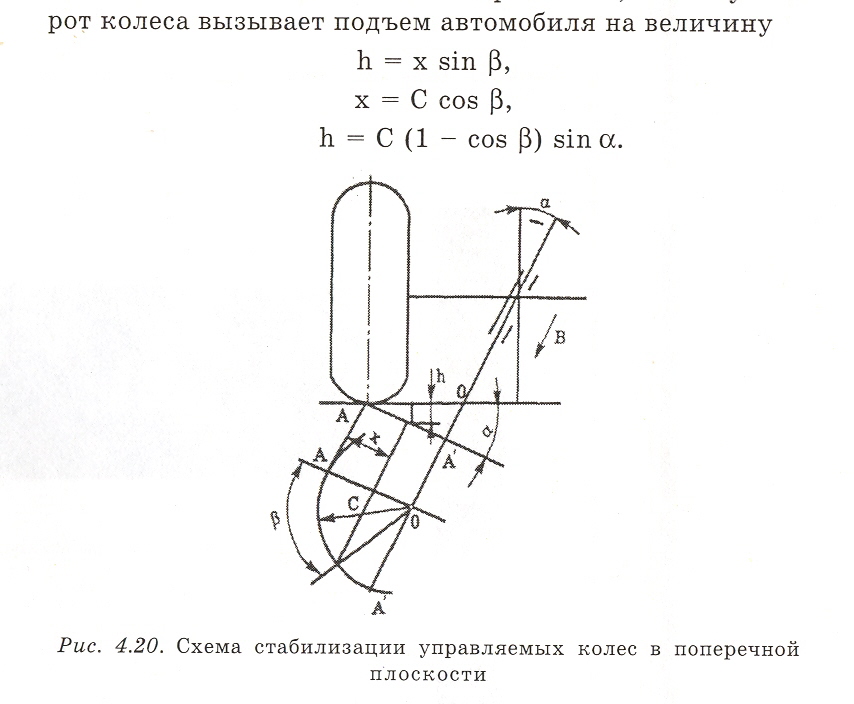


Рис. 1.35. Схема стабилизации управляемых

колес в поперечной плоскости

Стабилизирующий момент значителен при движении автомобиля с малым радиусом поворота, что случается при малых скоростях движения. В некоторых случаях по конструктивным соображениям шкворень в поперечной плоскости устанавливают без наклона.

Шкворни управляемых колес устанавливают в продольной плоскости под углом γ к вертикали (наклон назад).

При повороте автомобиля возникающие боковые реакции дороги приложены у жесткого в поперечном направлении колеса на вертикальной оси, проходящей через его центр (рис. 1.36).

По причине наклона шкворня боковая реакция *R*у в точке контакта колеса с дорогой и боковая сила *F*б, приложенная к центру колеса, создает момент, который стремится повернуть колесо в направлении, показанном стрелкой (возвратить колесо в нейтральное положение). Стабилизирующий момент равен

.

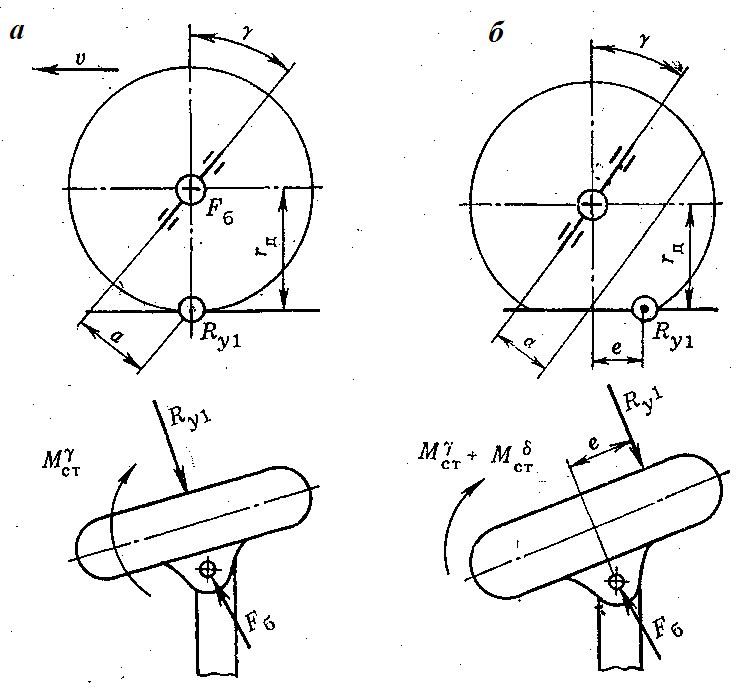


Рис. 1.36. Стабилизация управляемых колес автомобиля:

*а* – за счет наклона шкворня в продольной плоскости;

*б* – то же и стабилизирующего момента эластичных шин

При малой скорости движения стабилизирующий момент незначителен и сильно возрастает при увеличении скорости. Поэтому его называют скоростным стабилизирующим моментом.

При действии боковой силы на эластичное колесо точка приложения равнодействующей боковых реакций смещаетсяназад на расстояние *е.* Суммарный стабилизирующий момент равен

.

Смещение *е*,а следовательно, и момент зависит от угла увода колес. Значение стабилизирующего момента возрастает при увеличении размеров шин, нагрузки на шину и уменьшении давления воздуха в ней. Понятно, что при прямолинейном движении автомобиля стабилизирующий момент равен нулю.

Так как угол увода зависит от поперечной силы, действующей на колесо, эта сила в свою очередь зависит от радиуса поворота и квадрата скорости движения автомобиля*.* Большой стабилизирующий момент может затруднять управление автомобилем, поэтому с учетом эластичности шины он выбирается в оптимальных пределах.

На рулевую трапецию автомобиля кроме стабилизирующего момента действует момент, обусловленный трением в рулевом управлении. В нейтральном положении колеса удерживаются в основном в результате трения.

Управляемые колеса автомобиля (рис. 1.37) устанавливаются под углом и к вертикали (угол развала колес). Это связано с тем, что:

– при качении управляемого колеса на него действует сила сопротивления качению, которая с плечом *С* создает момент сопротивления повороту, но при наличии развала плечо *С* уменьшается и управление автомобилем облегчается;

– повышается безопасность движения: колесо прижимается к внутреннему подшипнику, в случае появления зазоров в подшипниках ступицы не наблюдается виляние колеса;

– при износе поворотных цапф обратный развал отсутствует. Так как плоскость колеса отклонена от вертикали, то оно катится с боковым уводом. Для устранения этого явления управляемые колеса в горизонтальной плоскости имеют схождение. Схождение как разность расстояний *В* и *А* (рис. 1.37, *б*) измеряется в миллиметрах.

При наличии зазоров в рулевой трапеции касательные и боковые реакции дороги, а также удары, действующие на колеса, стремятся вызвать их отрицательное схождение. Во избежание этого управляемым колесам часто придается схождение несколько большее, чем необходимо для компенсации развала.



Рис. 1.37. Развал (*а*) и схождение (*б*) управляемых колес

Оценка стабилизирующих свойств управляемых колес производится по усилию, прикладываемому к рулевому управлению при движении автомобиля по кругу с постоянной скоростью. Стабилизация считается нормальной, если для удержания автомобиля на круговой траектории при боковом ускорении *а* = 4 м/с2 и скорости движения 40 и 80 км/ч к рулевому колесу необходимо прилагать усилие 60–120 Н. С увеличением скорости усилие не должно уменьшаться.

Угловые колебания управляемых колес**.** При движении транспортного средства могут возникнуть угловые колебания управляемых колес: вокруг шкворней, виляние колес в результате их неуравновешенности и вследствие гигроскопического действия.

Это нарушает устойчивость и управляемость автомобиля, снижает безопасность движения, приводит к повышенному износу шин и деталей рулевого управления, увеличивает сопротивление движению.

Если колесо не уравновешено, то у такого колеса есть участок, масса которого больше массы диаметрально противоположно располо­женного участка. При движении транспортного средства может воз­никнуть положение, когда неуравновешенная часть одного колеса (рис. 1.38, *а*) окажется направленной вперед, а неуравновешенная часть другого колеса – назад. Тогда и центробежные силы, вызываемые этими неуравновешенными частями, окажутся направленными в разные стороны и будут стремиться повернуть управляемые колеса вокруг шкворней в сторону, показанную стрелками.

Когда колеса сделают пол-оборота (рис. 1.38, *б*), то неуравновешенные части изменят свое положение и центробежные силы будут стремиться вызвать поворот вокруг шкворней в противоположном направлении. При малых скоростях центробежные силы неуравновешенных частей колес малы и не могут преодолеть трения шин о дорогу, трения в рулевом управлении и возбудить угловое колебание колес. Гигроскопические моменты у автомобилей незначительны.

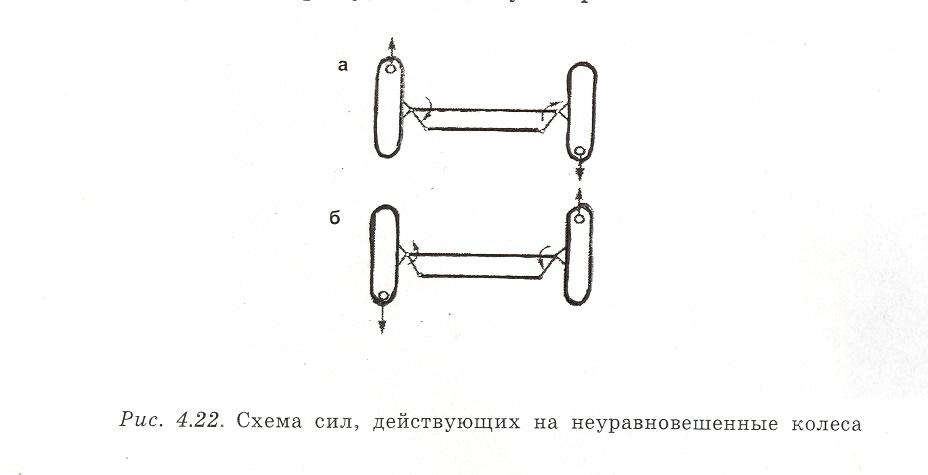


Рис. 1.38. Схема сил, действующих

на неуравновешенные колеса

При скорости движения 60–70 км/ч начинается виляние управляемых колес. Управление автомобилем сильно затрудняется и возникает реальная угроза потери устойчивости, когда колеса делают вокруг шкворня более 6–8 колебаний в секунду. Поэтому следует обращать особое внимание на балансировку управляемых колес.

Если во время движения будет обнаружено виляние управляемых колес или рулевого колеса, необходимо снизить скорость до предела, при котором эти явления прекратятся. Нужно тщательно осмотреть передние колеса, подвеску и рулевое управление и устранить неисправность, вызвавшую колебания управляемых колес.

Колебания «шимми» обусловливаются упругими связями между колесами в результате бокового увода шин и возникающих при этом их деформаций в плоскости контакта с дорогой. В связи с этим вокруг осей вращения поворотных цапф колес возникают переменные по величине и направлению моменты, вызывающие колебательный процесс. Одним из способов борьбы с «шимми» является устранение люфтов в системе управления.

Боковые наклоны колес могут возникнуть при езде по неровной дороге, если у автомобиля передняя ось неразрезного типа. При такой конструкции передней оси наезд колеса на какое-либо препятствие всегда сопровождается наклоном колес. В связи с этим на автомобилях применяют независимую подвеску управляемых колес, а также стаби­лизаторы поперечной устойчивости.

Стабилизатор представляет собой металлический стержень, жестко связанный с обоими управляемыми колесами и с кузовом. В момент наклона кузова стержень скручивается, препятствуя раскачиванию кузова и наклону управляемых колес.

Чтобы обеспечить достаточную устойчивость и управляемость автомобиля, водитель должен знать следующее:

1. Нельзя превышать скорость при движении автомобиля по скользкой дороге или на повороте, чтобы не нарушить устойчивость и управляемость.

2. Следует избегать резких торможения, разгона и поворота управляемых колес при движении по скользкой дороге.

3. Необходимо учитывать высоту груза, находящегося в кузове грузового автомобиля, расположение груза на багажнике, установленного на крыше легкового автомобиля.

4. Для гашения заноса задней оси нужно прекратить торможение или разгон автомобиля и повернуть управляемые колеса в сторону заноса.

5. Необходимо своевременно и в соответствии с инструкцией смазывать узлы рулевого управления, регулировать зазоры в сочленениях, увеличивающихся в результате износа, поддерживать в шинах требуемое давление, следить за уравновешенностью передних колес и тщательно их балансировать.

**1.7.1. Рулевое управление и подвеска.**

**Углы установки управляемых колес**

Существует много конструкций и вариантов размещения узлов подвески, но общими для них являются имеющие незначительные различия конструктивных элементов, обеспечивающие требуемые углы установки колес. Однако эти конструкции характеризуются некоторыми особенностями, определяющими положение колес во время движения транспортного средства. Повреждение, износ и установка не соответствующих данной модели транспортного средства шин, колес, деталей подвески могут привести к большой перегрузке систем рулевого управления и подвески и неблагоприятно повлиять на управляемость транспортного средства.

В конструкции механизма управляемых колес имеются три угла их установки: продольного наклона шкворня (рис. 1.39), поперечного наклона шкворня (рис. 1.40) и развала колес (рис. 1.41).

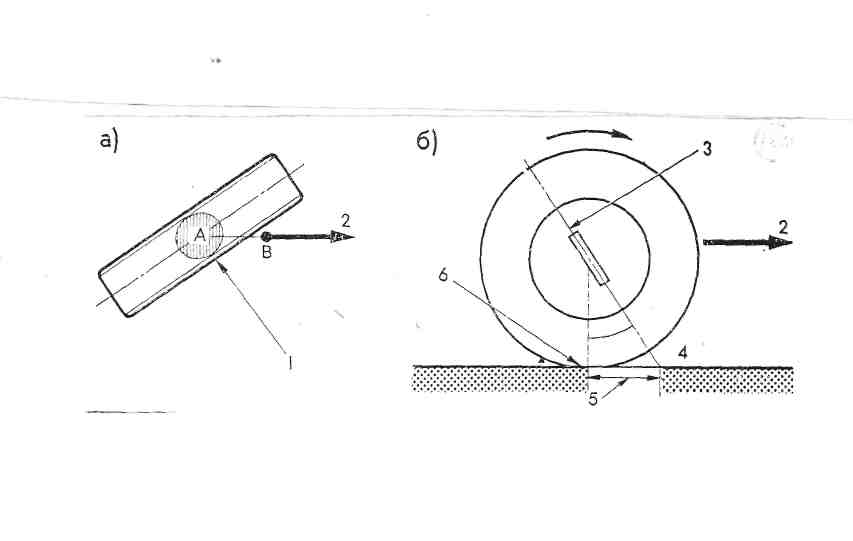


Рис. 1.39. Схема продольного наклона шкворня:

*а* – вид-сверху; *б* – вид сбоку; *1* – боковая сила 5; *2* – направление движения; *3* – ось шкворня; *4* – положительный угол продольного наклона шкворня; *5* – стабилизирующее плечо; *6* – зона контакта, через которую действует сила

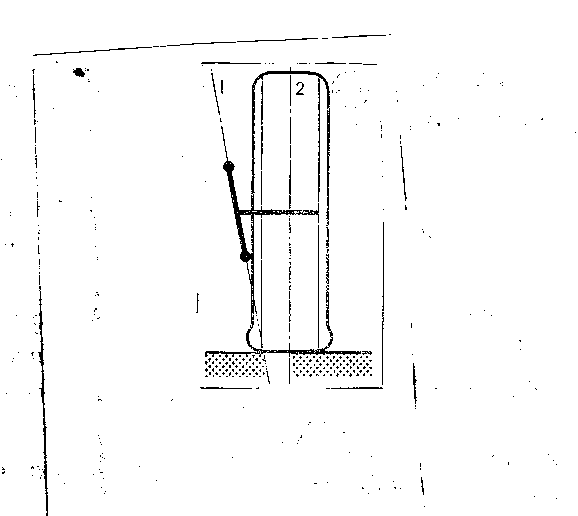
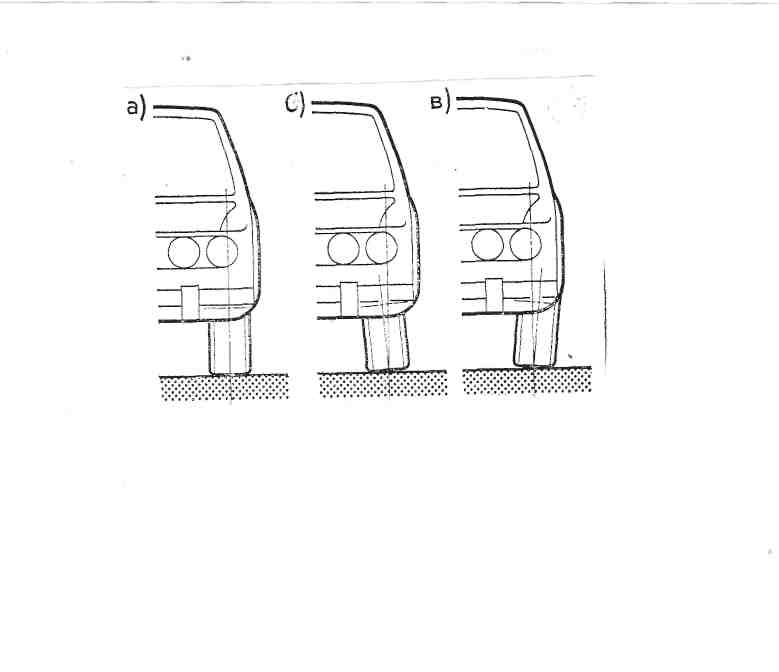


Рис. 1.40. Схема поперечного наклона

шкворня: *1* – ось шкворня; *2* – вертикальная

осевая плоскость колеса



*в*

*с*

*а*

Рис. 1.41. Схема развала колеса: *а* – вертикальное положение колеса;

*б* – отрицательный угол развала (верхняя часть колеса

наклонена осевой плоскости автомобиля);

*в* – положительный угол развала (верхняя часть колеса

наклонена в сторону от осевой плоскости автомобиля

**Роль угла продольного наклона шкворня.** Из-за продольного наклона шкворня центр зоны контакта колес с дорогой всегда находится сзади точки пересечения оси шкворня с плоскостью дороги. Простейшим примером подобной конструкции является вилка переднего колеса велосипеда. При такой ориентации оси шкворня угол его продольного наклона считают положительным. При наличии угла между повернутым управляемым колесом и общим направлением движения автомобиля (рис. 1.39, *а*) возникает тенденция к боковому сдвигу колеса, которому препятствует реакция дороги. Так как сила приложена к точке А, находящейся сзади точки пересечения оси шкворня с дорогой, то возникает действующий по часовой стрелке вокруг этой оси момент, стремящийся выровнять колесо и вернуть транспортное средство на траекторию прямолинейного движения. Этот эффект самовыравнивания, стабилизации управляемых колес ха­рактерен как для переднеприводных, так и для заднепри-водных транспортных средств. Он дает водителю ощущение того, что автомобиль «хорошо держит дорогу», облегчает контроль за его движением по прямой.

Не соответствующий норме продольный наклон шкворней может вызвать нестабильность управляемых колес. Поэтому необходимо обеспечить как можно более точное равенство этих углов на левой и правой сторонах транспортного средства. Особенно важен контроль за независимой подвеской колес, которая в большей степени, чем другие виды подвесок, подвержена разрегулировке с нарушением правильности указанных углов.

**Комбинированные углы наклона шкворней.** Когда транспортное средство перемещается по дороге, возникает сопротивление движению колес, величина которого зависит от качества дорожного покрытия, типа шины и возрастает при затормаживании колес (рис. 1.42).

*б*

*а*

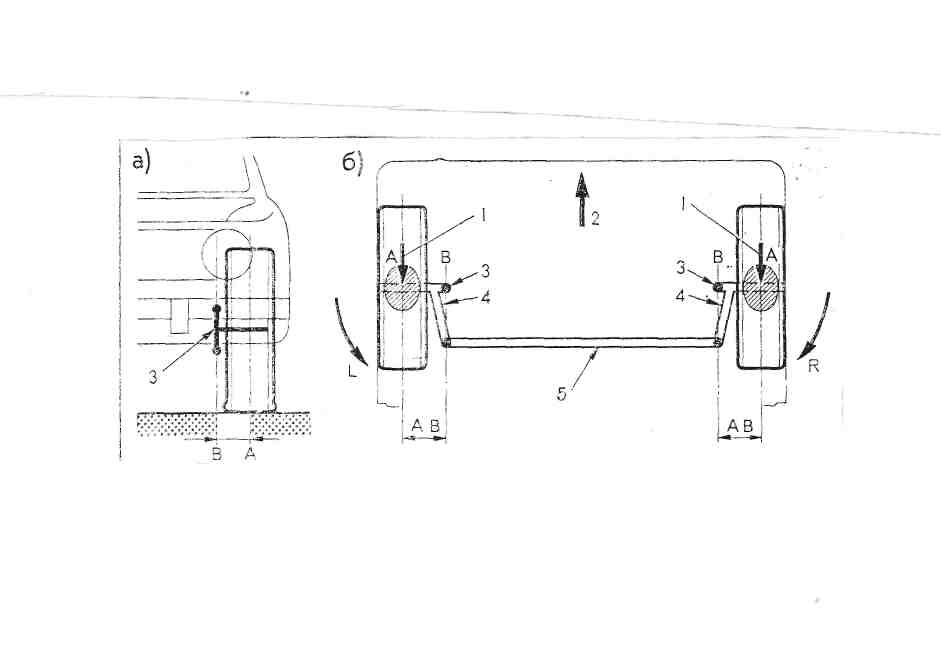


Рис. 1.42. Схема сил сопротивления движению колес:

*а* – вид спереди; *б* – вид в плане; *1* – сила сопротивления

движению колеса; *2* – направление движения;

*3* – шкворень; *4* – поворотный рычаг;

*5* – поперечная рулевая тяга

Сила сопротивления приложена к колесу в зоне его контакта с дорогой (в точке *А*) и противоположна по направлению силе, движущей колесо, приложенной в точке *В*. Наличке плеча *АВ* приводит к возникновению моментов, воздействующих на колеса в направлениях *L* и *R*. В результате поворотные рычаги и поперечная рулевая тяга под­вергаются сжатию. Если силы сжатия слева и справа одинаковы, то автомобиль не отклоняется от прямолинейной траектории. Если же это равенство нарушается, например, при наезде одного колеса на неровность дороги, то возникший дисбаланс сил должен быть для сохранения прямолинейного направления движения скомпенсирован.

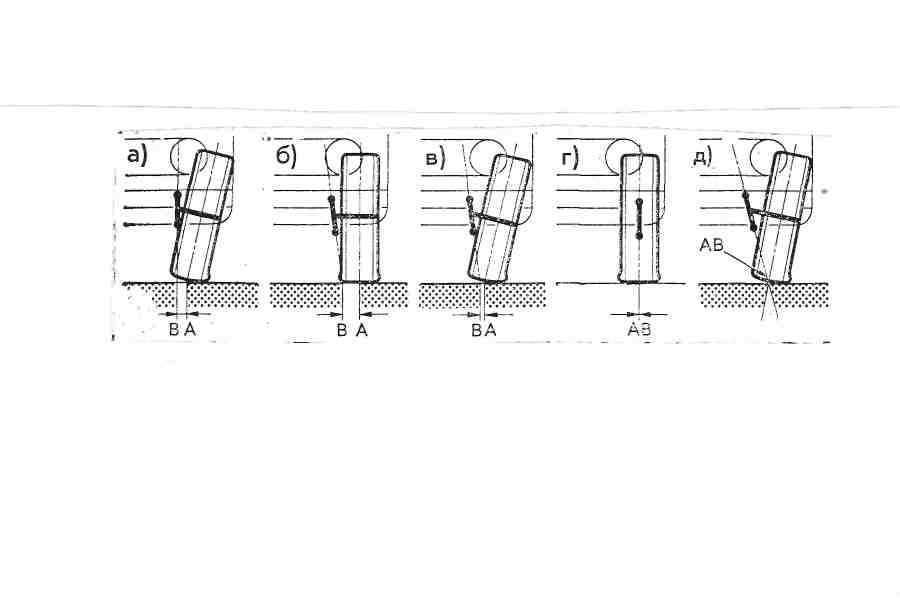
Во время удара колеса о неровность возрастает момент, стремящийся повернуть его вокруг оси шкворня, особенно если расстояние *АВ* достаточно велико, в результате чего при отсутствии надлежащего контроля водителя автомобиль может резко изменить курс. Чтобы свести к минимуму влияние силы, стремящейся повернуть цапфу, и, следовательно, уменьшить силу, сжимающую поперечную рулевую тягу, точку *В* приближают к точке *А* насколько это конструктивно возможно. Это достигается различными способами.

1. Развал колеса. Оставляя ось шкворня вертикальной, колесо можно наклонить так, чтобы точка *А* приблизилась к точке *В* (рис. 1.43, *а*). Однако угол развала приходится ограничивать, так как его превышение ведет к быстрому износу внешнего края протектора.

2. Поперечный наклон шкворня. Колесо может оставаться вертикальным, а ось шкворня быть наклонной по отношению к вертикали (рис. 1.43, *б*). Однако, как и в случае развала колеса, чрезмерный поперечный наклон шкворня порождает большую нагрузку на шкворневое соединение и возрастающее усилие на рулевом колесе.

3. Сочетание развала колеса и поперечного наклона шкворня. Умеренный наклон шкворня в сочетании с небольшим развалом колеса применяется наиболее часто, так как такая конструкция технологична в производстве и надежна в эксплуатации (рис. 1.43, *в*).

4. Устранение вращающего момента. Возможно конструктивное решение, при котором ось шкворня совпадает с вертикальным диаметром колеса, т. е точки *А* и *В* находятся на одной вертикали (рис. 1.43, *г*). Оно применяется на мотоциклах, где шарнир передней вилки находится над колесом. На автомобилях реализация этой идеи затруднена необходимостью размещения шкворневого соединения внутри ступицы колеса.



*б*

*д*

*г*

*в*

*а*

Рис. 1.43. Взаимное расположение оси шкворня и продольной осевой

плоскости колеса: *а* – вертикальная ось шкворня и наклонная плоскость

колеса (расстояние *АВ* уменьшено); *б* – поперечный наклон шкворня

и вертикальное колесо (расстояние *АВ* уменьшено); *в* – поперечный

наклон шкворня и колеса (расстояние *АВ* уменьшено); *г* – вертикальные

оси шкворня и фронтальной проекции колеса совпадают;

*д* – рулевое управление с центровой точкой

Если точка пересечения оси шкворня и центровой плоскости колеса находится ниже уровня земли, то расстояние *АВ* между точкой пересечения оси шкворня и линией пересечения центровой плоскости с плоскостью земли считают положительным центровым расстоянием (рис. 1.43, *в*).

**Рулевое управление с центровой точкой.** Если точка пересечения центровой плоскости колеса находится на уровне земли (на фронтальной проекции, т. е. точки *А* и *В* совпадают, то такой вариант конструкции называют рулевым управлением с центровой точкой (см. рис. 1.43, *д*).

В практике автостроения оно применяется редко, так как характеризуется чрезмерным поперечным наклоном шкворня, что нежелательно по ряду причин и, в частности, как уже говорилось, вызывает значительную перегрузку этого шарнирного узла.

**Роль поперечного наклона шкворня.** Поворачиваясь вокруг наклонного шкворня, колесо стремится опуститься вниз. Но так как этому препятствует поверхность дороги, то фактически приподнимается сам шарнирный узел подвески, а с ним и передняя часть автомобиля. Воздействующая на автомобиль сила тяжести препятствует этому, стремясь переместить его массу в наиболее низкое и стабильное положение, которое соответствует прямой ориентации колес.

Эта особенность конструкции имеет большое значение для стабилизации управляемых колес. Тенденция их возврата в нейтральное положение становится более выраженной по мере увеличения угла поперечного наклона-шкворня, так как при этом увеличивается высота подъема автомобиля при повороте колес.

Чрезмерный поперечный наклон ведет к возрастанию усилия на рулевом колесе, перегрузке узлов рулевого управления и непроизвольному изменению положения колес при разгоне и торможении.

**Влияние установки колес и шин несоответствующей конструкции.** Замена колес на нестандартные (не соответствующие заводской технической характеристике) с отличающимся расстоянием между центровой плоскостью колеса и фланцем ступицы (рис. 1.44), если при этом не вносятся соответствующие изменения в другие узлы, приводит к изменению положения точки пересечения оси шкворня проекцией колеса на плоскость дороги.

Глубокий обод характеризуется следующими параметрами: номинальный диаметр – на уровне опорной поверхности под борта покрышки. Он соответствует размеру, указанному на шине (например, 5,90–14); ширина обода – между внутренними вертикальными поверхностями фланца, высота фланца – равна половине разности между наружным и номинальным диаметрами. Обозначена кодовым шифром.

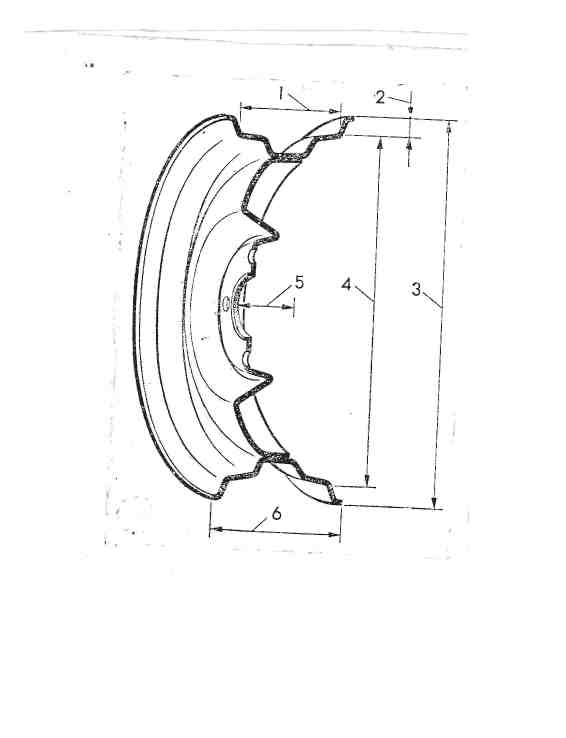


Рис. 1.44. Дисковое колесо с глубоким ободом:

*1* – внутренняя ширина обода; *2* – высота фланца;

*3* – наружный диаметр *А*; *4* – номинальный диаметр;

*5* – смещение между центровой плоскостью

колеса и опорной плоскостью диска;

*6* – наружная ширина обода

Центровое расстояние *АВ* может сократиться или даже стать отрицательным, что повлечет уменьшение или исчезновение эффекта самоцентрирования колес (рис. 1.45).

В результате нарушится стабильность движения по прямой и водителю придется затрачивать больше сил для выдерживания нужного курса. Такие же последствия вызовет установка шин с увеличенной высотой профиля.

**Правильная установка управляемых колес.** Она обеспечивает требуемую ориентацию каждого из колес в процессе движения. Понятие «требуемая ориентация» зависит от конкретных обстоятельств, но в его основу следует положить такой принцип: колесо считается правильно ориентированным, если оно движется в направлении, совпадающем с продольной осью его проекции на горизонтальную плоскость, или, иначе говоря, если отсутствует боковое проскальзывание шины в зоне ее контакта с дорогой.

*г*

*в*

*б*

*а*

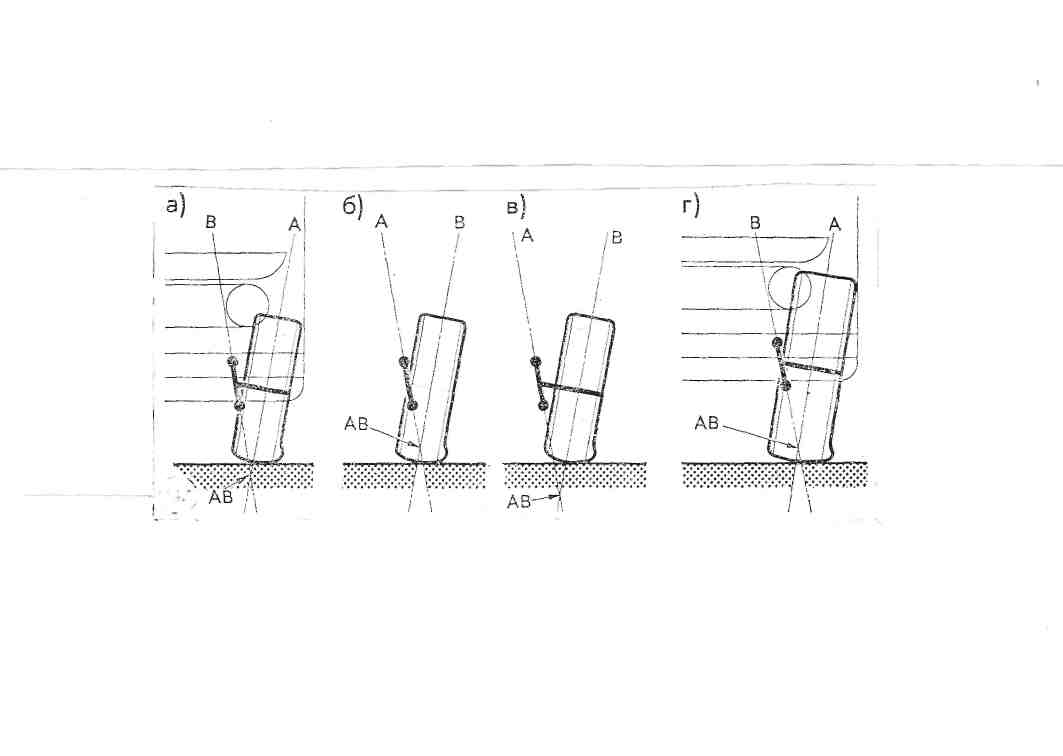


Рис. 1.45. Влияние применения колес, шин и расширяющих вставок

неправильного размера: *а* – правильная установка (точка пересечения

осей находится ниже уровня дороги); *б* – колесо неправильного размера

(точка пересечения осей находится выше уровня дороги);

*в* – колесо или вставка несоответствующего размера

(точка пересечения осей находится намного ниже уровня дороги);

*г* – шина слишком большого размера (точка пересечения

осей находится выше уровня дороги)

Схождение передних колес. Представим заднеприводной автомобиль, движущийся в прямом направлении. К каждому из его передних колес приложено усилие через шкворневое соединение и поворотный кулак. Этому усилию противодействует сила сопротивления в зоне контакта шины с дорогой. Возникают моменты, которые вследствие зазора в шарнирах рулевых тяг вызывают небольшое расхождение колес и их некоторое боковое проскальзывание. Это явление устраняется первоначальной установкой колес со схождением, компенсирующим последующее расхождение, из-за чего колеса движутся точно по прямой.

**Расхождение передних колес.** На многих переднеприводных автомобилях ситуация иная. Здесь тяговое усилие, приложенное к передним колесам, вызывает их схождение. Для его компенсации колеса обычно устанавливают с некоторым первоначальным расхождением.

**Расхождение передних колес на повороте.** Исходя из принятого выше содержания понятия правильной установки колес, рассмотрим особенности соотношения углов поворота каждого из управляемых передних колес при изменении направления движения транспортного средства.

Если бы оба передних колеса были повернуты на одинаковый угол, то они стремились бы двигаться по круговым траекториям с различными центрами поворота. Ясно, что тогда их траектории должны пересечься (рис. 1.46).

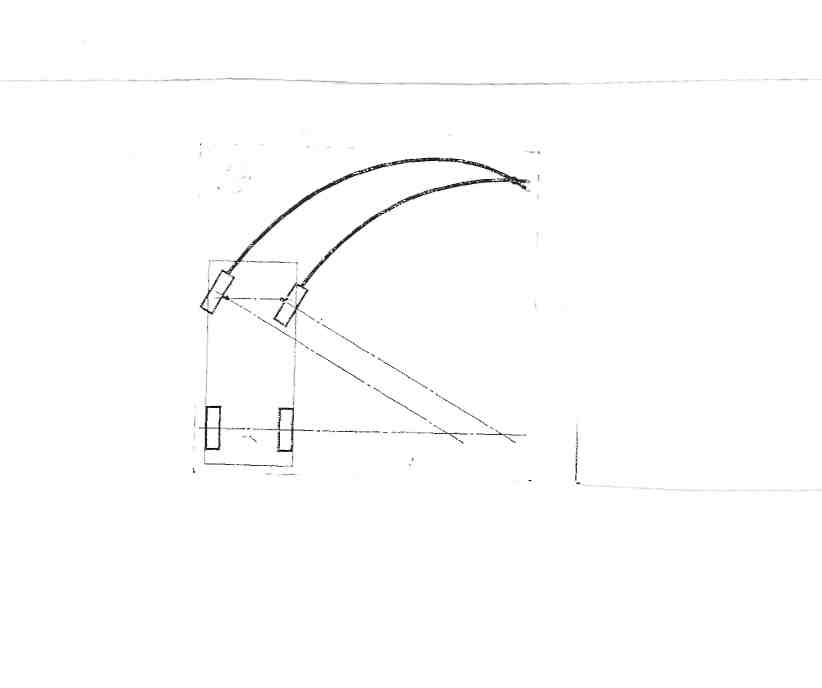


Рис. 1.46. Неправильная установка передних колес на повороте

Поскольку это невозможно, то обе шины будут проскальзывать, а их сцепление с дорогой и критическая скорость прохождения поворота уменьшаться. То же самое произойдет, если схождение или расхождение колес будет выбрано неправильно. Отсюда следует, что автомо­биль и все его колеса должны двигаться на повороте вокруг одного общего центра. И так как этот центр должен лежать на продолжении оси заднего моста (рис. 1.47), то угол поворота внутреннего переднего колеса должен быть больше угла поворота внешнего колеса. Это означает, что на повороте необходимо обеспечить расхождение передних колес.

**Принцип Аккермана.** Устройство отдельных шарнирных шкворневых соединений для каждого из передних колес и обеспечение их поворота на разные углы известны как принцип Аккермана, а расхождение этих колес на повороте – как расхождение передних колес по Аккерману, причем это расхождение должно быть тем больше, чем меньше радиус поворота (рис. 1.47).

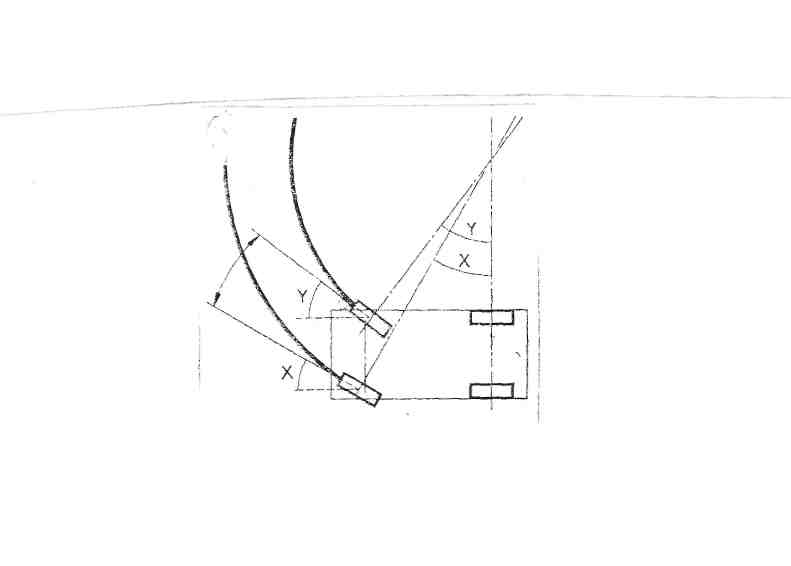
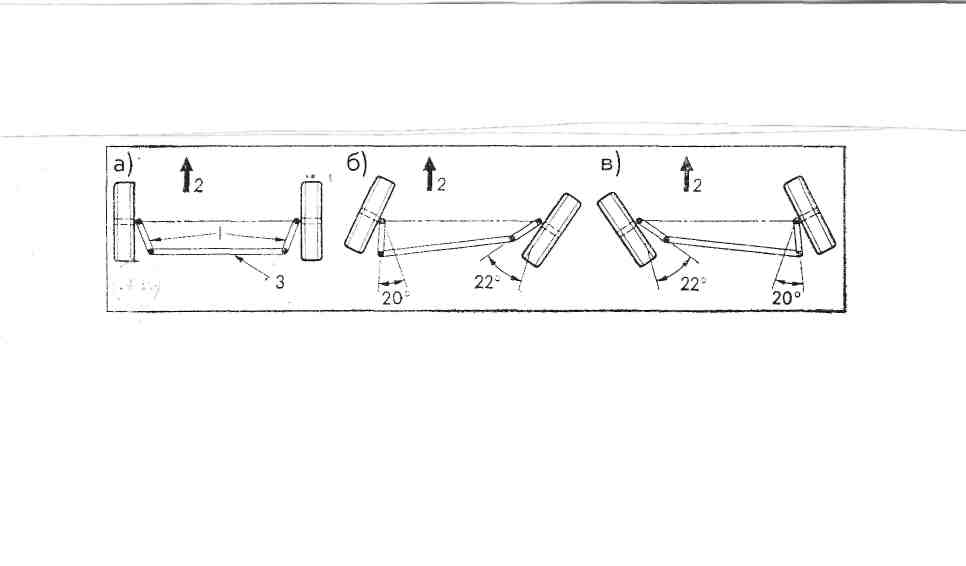


Рис. 1.47. Расхождение колес по принципу Аккермана

Для обеспечения поворота передних колес на разные углы большинство автомобилей конструируются таким образом, чтобы оси рычагов сходились в одной точке продольной оси автомобиля, обычно вблизи оси заднего моста. Точное местоположение этой точки зависит от соотношения базы и колеи автомобиля, а также ряда других факторов. Поскольку рычаги поворотных кулаков расположены под углом друг к другу, горизонтальное перемещение их концов имеет следствием неодинаковый угол их поворота (рис. 1.48).

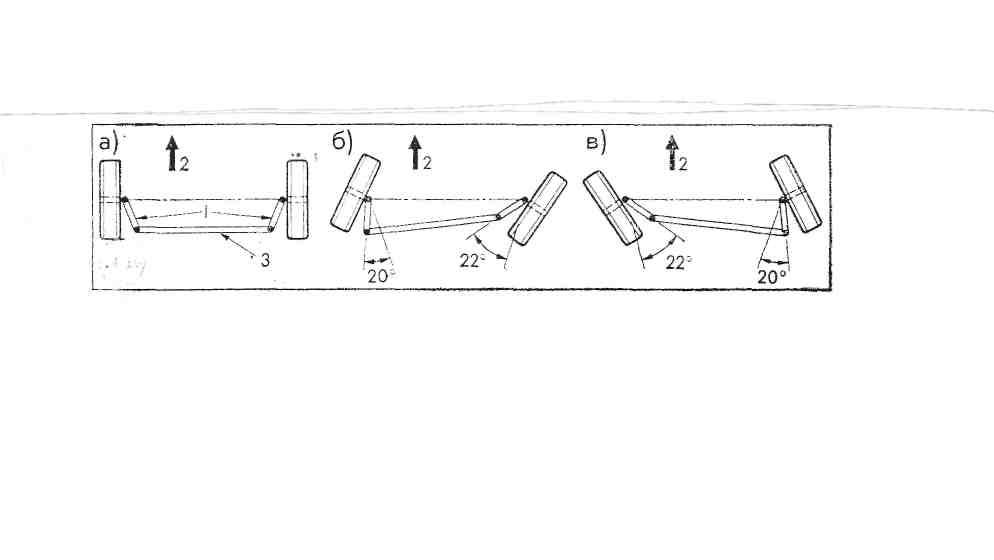
Однако необходимо отметить, что закон перемещения рычагов не может быть математически точно выражен для всех случаев.



*в*

*б*

*а*



*а*

*б*

*в*

Рис. 1.48. Схемы перемещений поворотных рычагов:

*а* – нейтральное положение колес; *б* – поворот направо;

*в* – поворот налево: *1* – поворотный рычаг; *2* – направление движения;

*3* – поперечная рулевая тяга (или рейка с шестерней)

Для данного положения рычагов существует лишь одно значение радиуса поворота в каждом направлении, которому соответствует угол между продольными центровыми плоскостями передних колес. На практике то положение колес данного автомобиля и звеньев механизма их управления, которому принцип Аккермана математически полностью соответствует, является лишь наилучшим усредненным результатом, но ошибка в значении радиуса поворота для других положений колес обычно настолько мала, что не имеет практического значения

**1.7.2. Техника управления транспортным средством**

Когда водитель пытается воспользоваться рулевым управлением при блокировании всех колес, то это не дает никакого реального эффекта, особенно если скорость движения достаточно высока или коэффициент сцепления шин с дорогой имеет низкое значение. Передняя часть транспортного средства слегка отклоняется в сторону поворота передних колес, но центр его массы продолжает перемещаться практически по прямой.

**Движение на повороте.** В процессе движения на повороте боковая сила, развивающаяся в зоне контакта шин с дорогой, испытывает влияние ряда факторов. Она изменяется, например, при приложении тягового или тормозного моментов. Их увеличение в общем приводит к уменьшению боковой силы. Однако приложение небольшого ускоряющего момента может быть полезно в том случае, когда продольная составляющая боковой силы становится достаточно большой и сама создает момент, замедляющий движение транспортного средства. При наличии небольшого тягового момента величина боковой силы сохраняется или слегка возрастает. Но следует помнить, что при прохождении крутого поворота на скорости, близкой к критической, потребный тяговый момент для поддержания постоянной скорости может в некоторых случаях приблизиться по величине к максимальному моменту, обеспечивающему двигателем, или даже превысить его. Если же мощность двигателя достаточна для увеличения тягового момента в требуемых пределах, то усилие на колесах может достигнуть значения предельной силы сцепления шин с дорогой.

**Ускорение движения на повороте.***Задний привод*. Представим заднеприводной автомобиль, движущийся на повороте, причем боковая сила соответствует центростремительному ускорению 0,5g, а тяговая сила – ускорению движения 0,5g. Векторная сумма этих сил, действующих под прямым углом по отношению друг к другу – 0,7g (рис. 1.49).

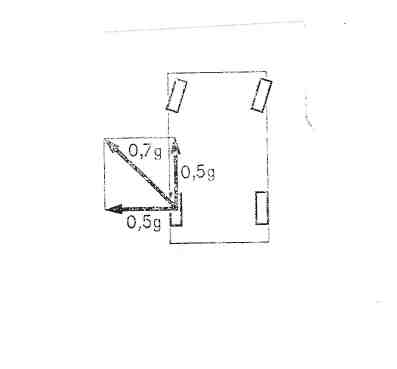


Рис. 1.49. Схема сил, действующих на автомобиль

с силовым приводом на задние колеса

при ускорении на повороте

При величине коэффициента сцепления шин с дорогой меньше 0,7 сцепление нарушится и задняя часть автомобиля начнет скользить по направлению к внешнему краю дороги. Если водитель немедленно не сбросит газ и одновременно не примет влево, то начнется вращение автомобиля с его перемещением, как правило, к внутреннему краю дороги.

*Передний привод*. К ведущим колесам переднеприводного автомобиля может быть приложен на повороте гораздо больший тяговый момент без потери сцепления шин с дорожной поверхностью. Это объясняется главным образом перераспределением массы с внутреннего заднего колеса на наружное переднее, вследствие чего улучшается сцепление переднего колеса с дорогой. Следовательно, потеря сцепления из-за чрезмерного тягового усилия может произойти в основном только при относительно малой величине коэффициента сцепления. Однако если сцепление нарушено, то передняя часть транспортного средства скользит к внешнему краю дороги, отклоняясь от прежней круговой траектории.

***Пример.*** На пологой правой кривой в конце скоростного участка дороги с раздельными проезжими частями легковой автомобиль, съехав через внутренний край дороги за пределы полотна, ударился о под­порную стенку. Покрытие было влажным, и ясно просматривались следы шин в месте пересечения автомобилем бордюра и боковой по­лосы. Тщательный осмотр дороги не дал иных свидетельств относи­тельно траектории его движения.

Водитель заявил, что скорость была не чрезмерной, но достаточно высокой, так как помехи для движения отсутствовали. При выезде на кривую водитель снял ногу с педали акселератора и, убедившись в том, что дорога свободна, прибавил газ. Он смог дать единственное объяснение происшедшему – спущенная шина. Автомобиль имел при­вод на задние колеса; срок его службы составлял 3 месяца, техническое состояние было отличным. Повреждение, свидетельствующее об ударе о стенку, находилось на левой боковой стороне сзади и захватило четверть длины автомобиля. Задняя левая шина оказалась спущен­ной. Обод колеса был сильно поврежден, причем характер поврежде­ний и материал захваченных ободом частиц полностью соответствова­ли повреждениям и материалу бортового камня. Хотя на проезжей части не обнаружено никаких следов, но следы на боковой полосе позволили установить последовательность положений автомобиля при его перемещении от края проезжей части до стенки (рис. 1.50).

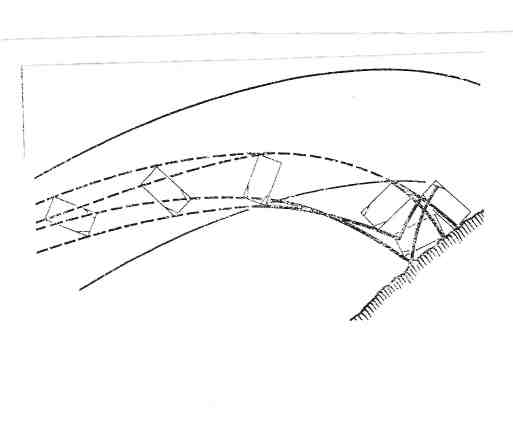


Рис. 1.50. Схема ДТП к примеру

Положение автомобиля у края дороги свидетельствовало о том, что он, еще находясь на проезжей части, подвергся заносу и в процессе заноса совершил полуоборот вокруг вертикальной оси.

Осмотр колеса и шины показал, что автомобиль не ехал по дороге на спущенной шине, так как она не повреждена. Судя по повреждени­ям обода, вероятной причиной утечки воздуха был удар колеса о бортовой камень. Это же подтверждается отсутствием следов «волочения» спущенной шины на проезжей части.

Как пояснил сам водитель, его метод прохождения кривой заклю­чается в сбрасывании газа при вхождении в поворот и последующем резком увеличении тягового момента. И то, и другое способствует от­клонению транспортного средства внутрь траектории.

На основании изложенного сделано заключение, что водитель своими неправильными действиями вызвал явление отклонения авто­мобиля по направлению к внутреннему краю дороги на кривой и не сумел приостановить этот процесс. Однако оценочная траектория дви­жения автомобиля до точки съезда показывает, что по всей вероятно­сти вначале водитель вел автомобиль по своей стороне дороги.

**Торможение на повороте.** Имеющийся ограниченный резерв силы сцепления шин с дорогой может быть исчерпан также при интенсивном торможении, в результате которого значительно возрастает суммарная сила на передних колесах. Если автомобиль движется, имея на повороте боковую силу колес 0,5g, и затормаживается силой, также равной 0,5g, то в зоне контакта шины с дорогой разовьется суммарная сила 0,7g (рис. 1.51).

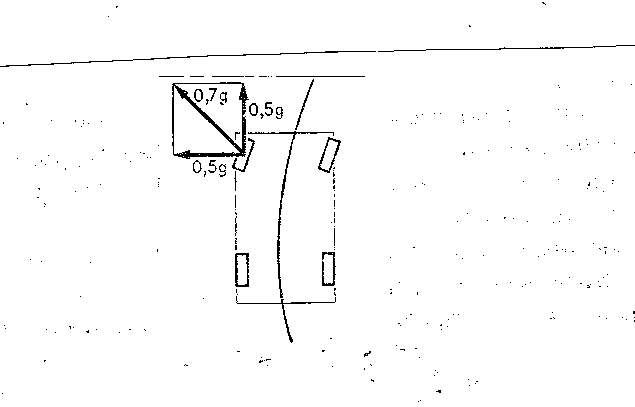


Рис. 1.51. Схема сил, действующих на автомобиль

при торможении на повороте

При величине коэффициента сцепления шин с дрогой меньшей 0,7 сцепление нарушается. Чтобы восстановить контроль над автомобилем, водитель должен немедленно прекратить торможение, на очень короткое время повернуть рулевое колесо в сторону увеличения ра­диуса поворота, а затем в обратную сторону с выходом автомобиля на нормальную траекторию движения по кривой. Однако это не всегда удается, и обычно при потере сцепления автомобиль скользит по касательной к предыдущей круговой траектории в направлении внешней обочины.

***Пример.*** Легковой автомобиль, двигавшийся по пологой правой кривой, пересек внешнюю обочину и непроизвольно выехал за пределы дороги (рис. 1.52).

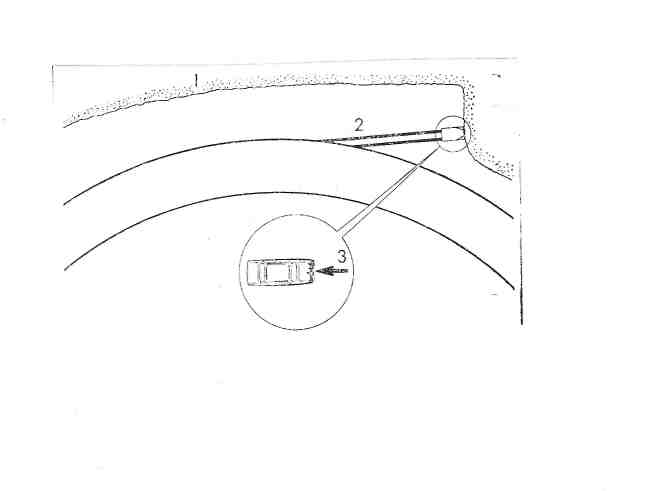


Рис. 1.52. Схема ДТП к примеру:

*1* – насыпь и зеленые насаждения; *2* – следы шин;

*3* – фронтальное повреждение автомобиля

Проезжая часть во время ДТП была влажной. Следов на ней не осталось. Следы скольжения на обочине позволили установить положение автомобиля при движении по ней. Повреждение передней части автомобиля идентифицировано с повреждением насыпи, на которую совершен наезд. И следы, и характер повреждения свидетельствовали о том, что вращение автомобиля отсутствовало.

Судя по расположению линий, продолженных назад в направлении обнаруженных следов, водитель не пытался вписаться в поворот. И поскольку не было никаких свидетельств неисправности автомобиля или болезни водителя, то сделано заключение о том, что водитель на входе в кривую резко затормозил, вызвав неуправляемое движение автомобиля по прямой.

1.8. Проходимость транспортного средства

*Проходимость* – это способность транспортного средства двигаться по плохим, разбитым дорогам, бездорожью, дорогам, покрытым снегом или льдом, а также возможность преодолевать естественные и искусственные препятствия на пути движения без вспомогательных средств.

Важнейшими факторами, влияющими на проходимость, являются:

1) геометрические параметры автомобиля;

2) конструкция отдельных агрегатов трансмиссии (подвески, коробки передач, дифференциала и др.);

3) опорно-тяговые свойства (давление колес на почву, коэффициент сцепления, колесная формула).

На проходимость транспортного средства в значительной степени влияют квалификация водителя, стиль вождения и скорость движения.

Проходимость транспортного средства часто ограничивается недо­статочной силой сцепления ведущих колес с дорогой. На проходимость автомобиля влияет давление шин на дорогу, рисунок протектора, степень его износа, совпадение следов передних и задних колес. По мере уменьшения давления воздуха в шинах площадь контакта с дорогой увеличивается, а опорное давление снижается.

Для движения транспортного средства по мягким влажным грунтам нужно использовать шины, имеющие протектор с большими выступами (грунтозацепами). В момент погружения выступов в грунт из-за малой их площади контакта давление в месте контакта большое, поэтому влага хорошо выдавливается. Потом, по мере погружения колеса в грунт увеличивается площадь срезаемого грунта.

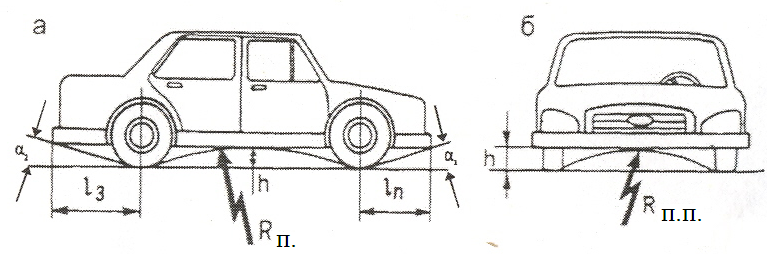
Для движения по пахоте, сильно размокшей дороге, песку или снегу применяют шины с особо широким профилем и низким давлением воздуха. У обычной шины в контакте с дорогой находится около 8 % ее длины окружности, а у шины с регулируемым давлением – до 16 %.

Шины с регулируемым давлением применяют на автомобилях высокой проходимости. В связи с тем, что они работают в более тяжелых условиях и при пониженных давлениях воздуха, срок службы их в 2–2,5 раза меньше, чем у обычных шин. Пробег этих шин не превышает 20–25 тыс. км. Кроме того, эти шины имеют пониженную грузоподъемность по сравнению с обычными шинами того же размера.

При увеличении диаметра колеса проходимость автомобиля увеличивается. На транспортных средствах высокой проходимости устанавливаются колеса диаметром 1,5–2,0 м, а иногда до 3 м.

Чтобы транспортное средство могло двигаться по рыхлому грунту, необходимо, чтобы сила тяги на ведущих колесах была больше, чем сила сопротивления качению всех колес, но не превышала силу сцепления шин с дорогой. Расстояния между низшими точками автомобиля и опорной поверхностью колес при полностью нагруженном транспортном средстве определяют дорожный просвет *h* (рис. 1.53). Это расстояние характеризует возможность движения транспортных средств без задевания неровностей дороги или сосредоточенных препятствий (камней, пней). Минимальные просветы для легковых автомобилей – 150–220 мм, грузовых 250–350 мм, автобусов – 220–300 мм.

Возможность движения транспортного средства без задевания за неровности дороги зависит также от величины радиуса продольной проходимости *R*п. Он представляет собой наибольший радиус окружности, проведенный через одну из низко расположенных точек касательно к внутренним окружностям передних и задних колес. Чем меньше величина *R*п, тем лучше проходимость автомобиля.



*б*

*а*

Рис. 1.53. Геометрические показатели проходимости   
транспортного средства

Радиусы продольной проходимости для легковых автомобилей с колесной формулой – 4×2 – 3,2–8,3 м, грузовых – 4×2 – 2,0–5,5 м, грузовых – 4×4,8×4,6×6 – 1,9–3,6 м, автобусов – 4–9 м.

Окружность, проведенная касательно к правому и левому передним и задним колесам через нижнюю точку переднего и заднего мостов, определяет радиус поперечной проходимости *R*п.п. Проходимость автомобиля зависит от углов въезда α1 и съезда α2. Углы проходимости представляют собой углы, образованные плоскостью дороги касательными, проведенными из низших, наиболее удаленных точек передней и задней частей кузова к внешним окружностям шин соответственно переднего или заднего колеса.

Углы α1 и α2, передний свес *l*п и задний свес автомобиля *l*з характеризуют проходимость автомобиля по неровным дорогам, буграм, выбоинам, канавам, при въезде на препятствие или при съезде с него (переезде через канаву). Для легковых автомобилей α1 = 20–30°, α2 = 15–20°; грузовых α1 = 40–60°, α2 = 25–45°; автобусов α1 = 10–40°, α2 = 6–20°.

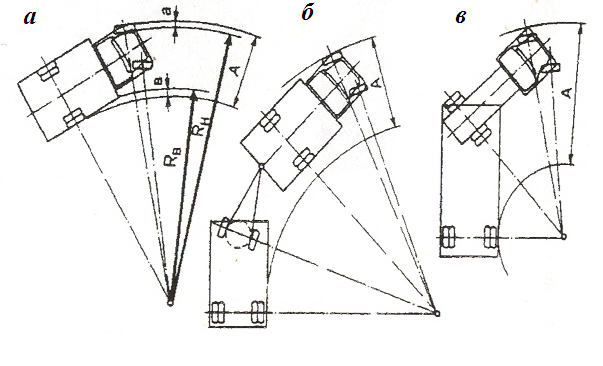
Передний *l*п и задний *l*з свесы транспортного средства определяются расстоянием от крайней точки контура передней (задней) выступающей части автомобиля по длине до плоскости, перпендикулярной опорной поверхности и проходящей через центры (передних) задних колес транспортного средства.

1.9. Маневренность транспортного средства

Свойство транспортного средства поворачиваться на минимальной площади называется маневренностью. Она характеризует проходимость транспортного средства в горизонтальной плоскости. На маневренность транспортного средства оказывают влияние длина и ширина автомобиля, длина базы автомобиля (расстояние между передней и задней осями), наибольший угол поворота управляемых колес. Транспортное средство обладает лучшей маневренностью, если оно короче, уже, имеет короткую базу и управляемые колеса его поворачиваются на больший угол.

Маневренность оценивается минимальным радиусом поворота наружного переднего колеса *R*н (рис. 1.54, *а*), шириной полосы движения *А*, которую занимает транспортное средство при повороте, максимальным выходом отдельных частей транспортного средства за пределы траектории движения наружного переднего (*а*) и внутреннего заднего (*b*) колес автомобиля.

*б*



*в*

*а*

Рис. 1.54. Показатели маневренности:

*а* – одиночный автомобиль; *б* – тягач с прицепом;

*в* – тягач с полуприцепом

Максимальная ширина полосы движения *А* = *R*н – *R*в + *а* + *b*, наружный радиус поворота *R*н определяет дугу, описываемую крайней передней точкой транспортного средства с центром поворота в точке *О*, внутренний радиус поворота *R*в – дугу, описываемую боковой поверхностью транспортного средства у задней его оси.

Разность между наружным *R*н и внутренним *R*в радиусами поворота определяет ширину полосы *А*, необходимую для проезда транспортного средства без задевания за препятствия или другие транспортные средства. Величина радиусов поворота и ширина полосы проезда зависят от максимального угла поворота передних колес, расстояния между осями и габаритной длины транспортного средства.

При криволинейном движении ширина динамического коридора может быть довольно большой. Ширина динамического коридора автопоезда значительно больше, чем у одиночного автомобиля с той же габаритной шириной, так как прицеп и полуприцеп смещаются к центру поворота (рис. 1.54, *б*, *в*), с увеличением числа буксируемых прицепов, базы прицепа и длины дышла ширина полосы движения автопоезда растет. Поэтому для улучшения маневренности и уменьшения динамического коридора применяют прицепы с управляемыми передними колесами. Одиночные транспортные средства со всеми управляемыми колесами наиболее маневренны.

1.10. Плавность хода транспортного средства

Под *плавностью хода* понимают совокупность свойств транспортного средства поглощать различные толчки, удары и вибрации, возникающие при движении.

Плавность хода – весьма важное эксплуатационное качество, которое влияет на самочувствие водителя, производительность и экономичность работы, тяговые качества, долговечность автомобиля и безопасность его движения.

Основным источником возникновения вынужденных колебаний являются взаимодействие колес с неровностями дороги, геометрическая и силовая неоднородность шин, неравномерность вращения колес. Кроме того, плавность хода зависит от общей компоновки транспортного средства и отдельных его конструктивных особенностей, подвески, а также от мастерства вождения.

Неровности дороги бывают единичные и повторяющиеся. Неровности на дороге с твердым покрытием имеют, как правило, волны или выбоины. Профиль грунтовых и гравийных дорог подвержен частым изменениям, особенно весной и осенью. Полевые дороги имеют неровности, определяемые агротехникой возделывания тех или иных сельскохозяйственных культур.

Подвески транспортных средств бывают жесткие, полужесткие и упругие. В настоящее время для мобильных машин жесткие подвески не применяются.

В зависимости от схемы соединения звеньев различают зависимые и независимые подвески. В независимой подвеске каждое опорное колесо соединено с остовом через самостоятельные кинематические звенья и упругие элементы, а при зависимой – перемещение одного колеса относительно остова вызывает перемещение другого.

Колебательный процесс транспортного средства характеризуется частотой, амплитудой, скоростью колебаний, ускорением и скоростью изменения ускорений.

**1.10.1. Влияние шин на плавность хода транспортного средства. Конструкция шин**

Назначение любой шины заключается в следующем: способствовать смягчению ударов, испытываемых пассажирами и транспортными средствами из-за неровностей дороги; нести на себе нагрузку (именно сжатый воздух несет большую часть нагрузки, а покрышка с камерой или без нее лишь поддерживают давление воздуха); передавать тяговое и тормозное усилия; обеспечивать повороты транспортного средства; гарантировать общую устойчивость транспортного средства; обладать достаточной износостойкостью, соответствующей условиям эксплуатации.

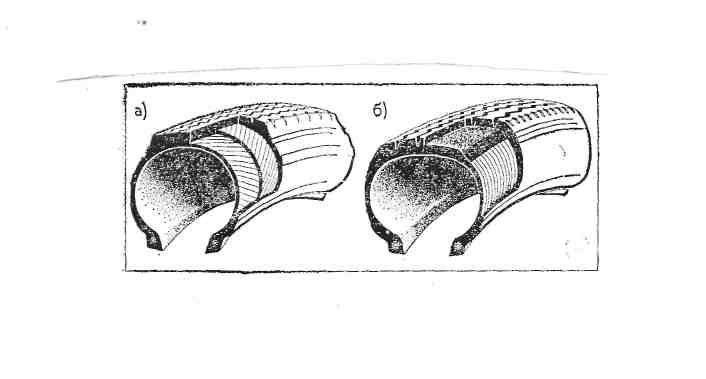
Каждая шина имеет нормированную несущую способность, или грузоподъемность, для достижения которой рекомендовано определенное давление воздуха. Оптимальное давление обеспечивает правильный контакт протектора с дорогой, соответствующую норме деформацию стенок покрышки, а поскольку шина при деформации нагревается, то и правильную ее рабочую температуру. Нормальный температурный режим способствует повышению безопасности движения, достаточно большому пробегу протектора шины.

В настоящее время применяют три основные конструктивные разновидности шин – с диагональным кордом (диагональная), с радиальным кордом (радиальная) и смешанная (диагональная и радиальная).

**Диагональные шины.** Корпус диагональной шины (рис. 1.55, *а*) состоит из нескольких провулканизированных и скрепленных вместе слоев кордной ткани, обычно из нейлона или вискозы. Нити корда ориентированы по диагонали, а в соседних слоях расположены крест-накрест. При такой конструкции шины протектор хотя и довольно жестко зафиксирован, но податлив к деформирующим воздействиям, что в определенных условиях приводит к ухудшению его контакта с дорожным покрытием, особенно при скоростном прохождении поворота и резком торможении, тем более, если это имеет место на влажной дороге. Именно указанная способность протектора такой шины деформироваться проявляется в том, что внешние края следов скольжения при резком торможении и следов проскальзывания при дви­жении по кривой оказываются особенно четко обозначенными.

Гибкость скрепленных крест-накрест кордных слоев приводит к изменению угла между нитями работающей шины, сказывающемуся в ее нагреве и значительном снижении прочности.

**Радиальные шины.** Радиальные шины (рис. 1.55, *б*) имеют очень гибкие стенки, так как нити кордных слоев проходят от одного края шины до другого перпендикулярно к центровой линии. Под протектором располагается жесткий изолирующий пояс-брекер, состоящий из нескольких слоев текстильного или стального корда, нити которого ориентированы по окружности шины. Брекер, поддерживающий и удерживающий протектор, обеспечивает стабильность зоны его контакта с дорогой, уменьшая тангенциальные деформации протектора и его вдавливание. В результате значительно улучшается сцепление шины с дорогой, особенно при движении по кривой со скоростью, близкой к критической. Рабочая температура такой шины ниже, а прочность выше, чем у диагональной.



*б*

*а*

Рис. 1.55. Конструкции шин: *а* – диагональная;

*б* – радиальная, на мокрой дороге легче осуществляется

дренаж воды через каналы рисунка протектора

При изучении следов на дороге шины с меньшей деформацией протектора идентифицируются по более подчеркнутым, плотным краям обоих следов проскальзывания на повороте и краям следов торможения передних колес.

**Шины смешанной конструкции.** Шины смешанной конструкции в Европе применяются редко, но широко распространены в Соединенных Штатах Америки.

**Маркировка шин.** Выраженные в единицах длины обозначения на шине не только указывают ее физические размеры, но и свиде­тельствуют форме корпуса шины.

Диагональные шины. Обычно на шине проставляются два числа, разделенные тире. Первое число обозначает номинальную габаритную ширину профиля накаченной шины, второе – диаметр обода колеса, для которого шина предназначена. Оба размера даются в дюймах.

**Например:** 6,2–12, где 6,2 – ширина профиля; 12 – диаметр обода. Радиальные шины. Эти шины имеют размеры поперечного сечения в миллиметрах, а диаметр обода в дюймах (например, 165–13), но в некоторых случаях и второй размер дается в миллиметрах (например, 135–355). Наличие радиального корда может быть также обозначено введением между указанными числами буквы *R*, например, 165–*R*–13. К этим основным элементам маркировки могут добавляться обозначения конструкции, типа протектора и грузоподъемности шины.

Существует также маркировка на шине максимально допустимой скорости легкового автомобиля. Для этого применяются буквы *S*, *Н* и *V*, помещенные между числами, представляющими номинальную ширину профиля шины и диаметр колеса, т. е. 6,40*S*13.

Кордный показатель. Термин «кордный показатель» используется для обозначения на шине ее максимальной нагрузки при эксплуатации в специфических условиях. Кордный показатель служит для указания грузоподъемности или несущей способности колеса, он не обязательно пред­ставляет число кордных слоев в шине.

**Показатель формы.** Как уже было сказано в начале данного подраздела, лишь небольшое изменение в обозначении размеров шины может послужить для введения показателя, характеризующего ее форму. Таким показателем является отношение высоты *2* профиля шины к его ширине *1* (рис. 1.56).

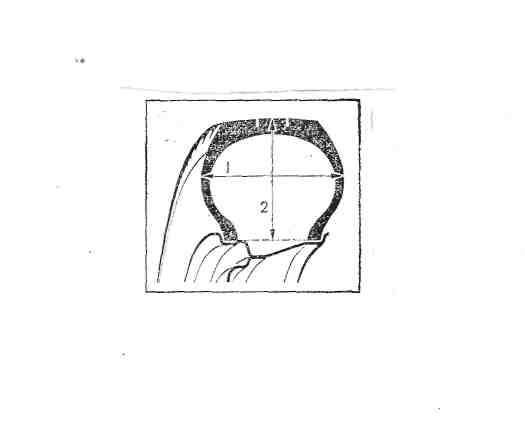


Рис. 1.56. Форма шины – соотношение высоты

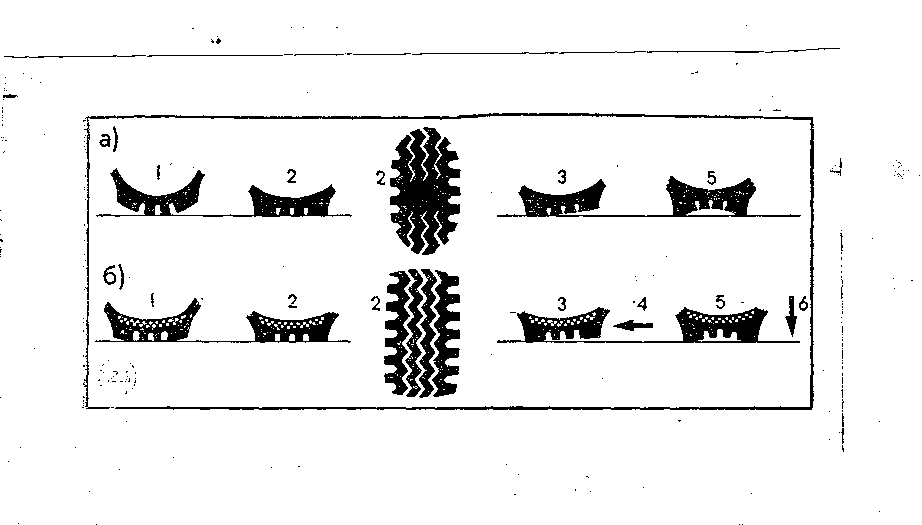
и ширины ее профиля

Двойная маркировка. С точки зрения интересов производства невозможно длительное время изготавливать очень небольшими партиями шины разных размеров. Следовательно, когда это возможно, новая шина начинает производиться взамен одной или двух старых моделей. На таких шинах применяется двойная маркировка, имеющая цель исключить неудобства для лиц, покупающих шины взамен изношенных: 6,70–13 (6,40–13) *ХС*, 6,40*SR*13 (7,00*S*13) *ZX*.

Мотоциклетные шины маркируются так же, как шины для легковых автомобилей, – номинальная ширина поперечного сечения и диаметр колеса в дюймах. Буквы *S*, *Н* к *V* указывают на скоростные ограничения.

**Функциональные характеристики шин.** *Контакт шины с дорогой.* Как видно из рис. 1.57, след в виде отпечатка шины формируется в зоне ее контакта с дорогой, причем через эту зону поочередно проходят все элементы протектора.

*Угол бокового увода.* Когда транспортному средству приложена боковая сила – центробежная, вызванная поперечным уклоном дороги, либо боковым ветром, то благодаря наличию силы сцепления с дорогой шины деформируются. Поэтому на повороте колеса движутся под некоторым углом к тому направлению, в котором они ориентированы. Угол между направлениями ориентации колес и фактического движения называется углом бокового увода (рис. 1.58).



*а*

*б*

Рис. 1.57. Взаимодействие шин с дорогой: *а* – диагональные шины;

*б* – радиальные шины: *1* – нижняя часть профиля диагональной и

радиальной шинн ненагруженного колеса; *2* – профиль

в зоне контактов нагруженных шин; *3* – движение на повороте;

*4* – боковая сила; *5* – торможение передних колес;

*6* – перераспределение нагрузки на переднюю ось

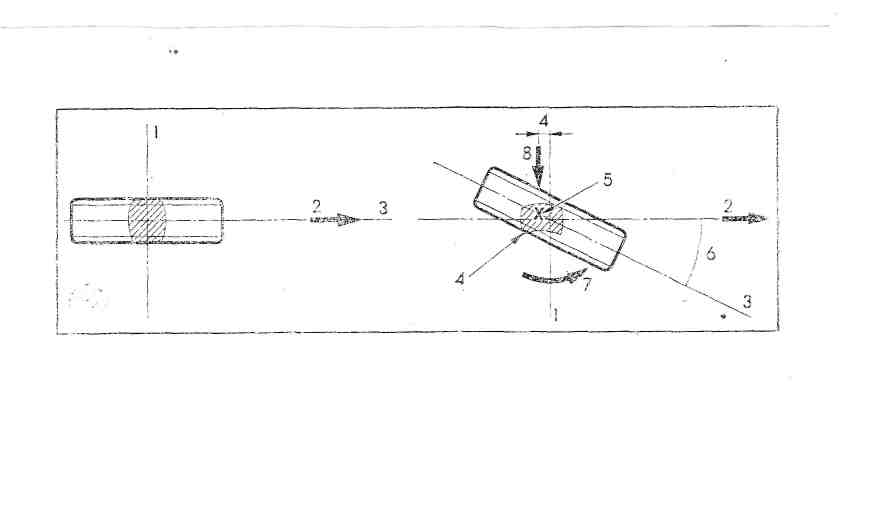


Рис. 1.58. Схема угла бокового увода: *1* – центр колеса;

*2* – направление движения; *3* – центровая линия протектора;

*4* – плечо стабилизации; *5* – центр приложения боковой силы;

*6* – угол бокового увода; *7* – направление стабилизирующего момента;

*8* – боковая реакция дороги

**Сопротивление боковому уводу.**Увод шины движущегося колеса при приложении к ней боковой силы возникает вследствие того, что адгезия между шиной и дорогой вызывает деформацию протектора и перенос зоны контакта. Участки протектора, находящиеся около его центровой линии, вступая в контакт с дорогой, постепенно все более отодвигаются боковой силой в поперечном направлении, а затем, выходя из контакта, возвращаются к центровой линии благодаря силам упругости.

Величина боковой силы, требуемая для увода колеса за один угловой градус, может служить мерой сопротивления шины боковому уводу или, иначе говоря, мерой ее боковой жесткости, которая во многом определяется конструкцией шины.

В последнее время термин «боковая жесткость» становится более распространенным, так как он более наглядно отражает сущность прямой взаимосвязи между сопротивлением протектора шины деформирующему воздействию и величиной боковой силы, вызывающей увод на один градус.

Когда лимит силы сцепления шин с дорогой исчерпывается, элементы рисунка протектора в зоне контакта начинают легко проскальзывать по дорожному покрытию. Сцепление шин с покрытием становится недостаточным для сохранения боковой силы, уравновешивающей центробежную.

Колеса транспортного средства подвергаются заносу, и оно становится неуправляемым.

**Стабилизирующий момент.** Поскольку боковая деформация протектора постоянно возрастает при переходе от передней к задней границе зоны контакта, боковая реакция дороги оказывается приложенной к центру деформированной части протектора, который вследствие этой деформации находится несколько сзади геометрического центра нормальной зоны контакта. Поэтому возникает вращающий момент вокруг центра, стремящийся вернуть колесо в прямое положение и уменьшить угол бокового увода. Он называется стабилизирующим моментом и дополняет самоцентрирующий эффект, обеспечиваемый геометрией системы рулевого управления. Расстояние между геометрическим центром нормальной зоны контакта и точкой приложения боковой силы зависит от величины угла бокового увода. Чем больше угол увода, тем больше указанное расстояние. Его называют плечом стабилизации.

**Факторы, ограничивающие величину угла увода.** Чем меньше радиус кривой или больше скорость движения по определенной кривой, тем значительнее воздействующая на транспортное средство боковая сила, а следовательно, и вызываемый ею угол увода для данной конструкции шин. И, наконец, чрезмерная боковая сила, вызывающая чрезмерную деформацию шин, приводит к заносу транспортного средства.

Стабилизирующий момент тоже вначале возрастает с увеличением действующего на транспортное средство тягового усилия, но затем постепенно уменьшается до того момента, когда дальнейшее возрастание боковой реакции дороги фактически приводит к ее уменьшению и, наконец, при потере управления стабилизирующий момент полностью исчезает.

К другим факторам, определяющим величину угла увода для данной боковой силы и конструкции шин, относятся вертикальная нагрузка на шину, давление и ширина обода колеса.

**Предельная сила сцепления.** Полная сила сцепления шины с дорогой, противостоящая силе *А* (тяговой или тормозной), ориентированной в направлении движения или *S* (боковой силе) либо их комбинации, имеет некоторую предельную величину (рис. 1.59). Если результирующая сила *R* превышает полную силу сцепления, то начинается скольжение шины. Это значит, что когда транспортное средство разгоняется или затормаживается (возрастает сила *А*), то предельная возможная величина боковой силы *S* уменьшается.

**Характеристики движения на повороте.**С того момента, когда управляемые колеса повернуты, начинается движение транспортного средства по круговой кривой. Возникает центробежная сила, которая действует по направлению от центра этой кривой и приложена к центру массы транспортного средства. При этом одновременно на пе­редних и задних колесах возникает боковой увод шин.

Чтобы транспортное средство оставалось на круговой траектории, сцепление шин с поверхностью дороги должно быть достаточным для возникновения силы, уравновешивающей центробежную силу.

Части этой уравновешивающей силы, передаваемые через передние и задние колеса, пропорциональны приходящейся на них нагрузке. Для вычисления боковых уравновешивающих сил могут быть ис­пользованы следующие уравнения:

сила, действующая поперек передней оси ;

сила, действующая поперек задней оси ,

где *F*п, *F*з – боковые силы на передних и задних колесах;

*F*цс – центробежная сила, приложенная к центру тяжести;

*d*, *x* – расстояния между центром тяжести и центровой линией задних и передних колес, при этом = *F*цс – *F*п.

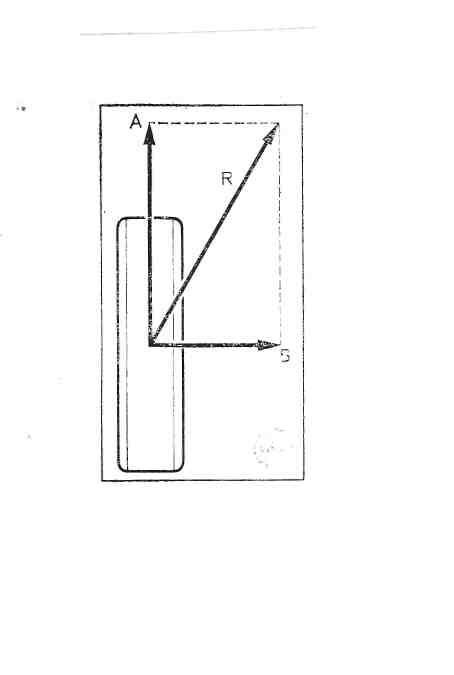


Рис. 1.59. Схема предельной

силы сцепления

Обратимся к рис. 1.60.

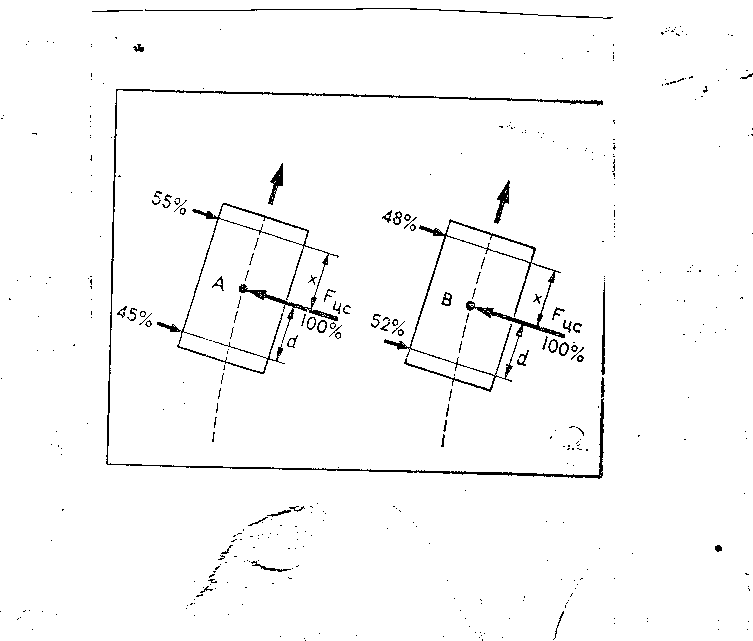


Рис. 1.60. Схемы соотношения величин боковых сил

и уравновешивающей их центробежной

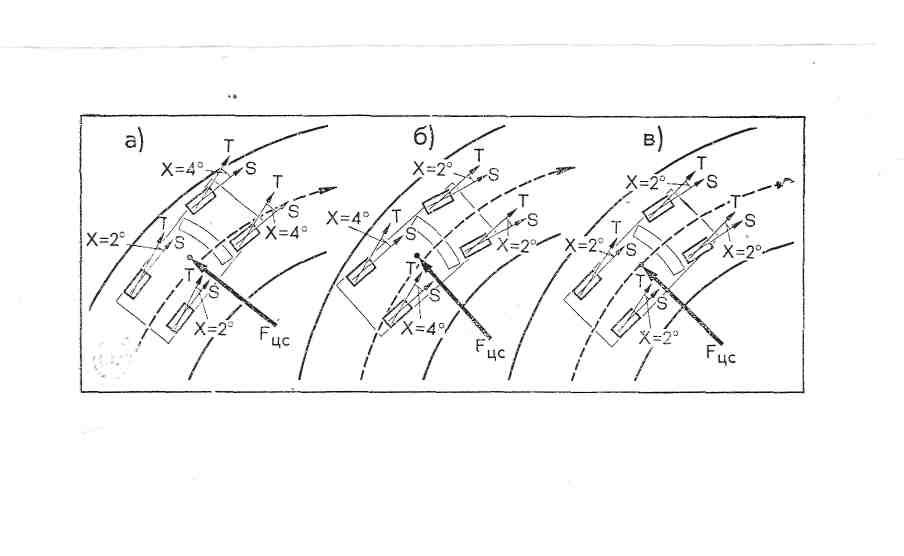
На передние колеса транспортного средства *А* требуется большая боковая сила, чем на задние, чтобы удерживать его на постоянной траектории без скольжения по направлению от центра поворота. Для транспортного средства *В* большая боковая сила требуется на задних колесах. Отсюда следует, что угол бокового увода, тесно связанный с величиной боковой силы, оказывает существенное влияние на управляемость транспортного средства.

**Отклонение за пределы траектории.** Если угол бокового увода шин передних колес больше, чем задних, как у транспортного средства, показанного на рис. 1.61, *а*, то оно отклоняется наружу за пределы круговой траектории, соответствующей данному положению передних колес. Чтобы удержать транспортное средство на нужной траектории, необходимо довернуть рулевое колесо на некоторый дополнительный угол. Умеренное отклонение вполне приемлемо, так как может быть легко скомпенсировано водителем.

**Отклонение внутрь траектории.** Если угол бокового увода шин задних колес больше, чем передних, как у транспортного средства, показанного на рис. 1.61, *б*, то оно отклоняется внутрь по направлению к центру круговой траектории, соответствующей данному положению передних колес. Для компенсации отклонения рулевое колесо необходимо повернуть несколько назад. Опытные водители используют это явление для скоростного прохождения поворота, однако водителю средней квалификации лучше этого избегать.

**Нормальный поворот.** Если углы бокового увода передних и задних колес одинаковы, то отклонение отсутствует и транспортное средство движется по траектории, соответствующей положению управляемых колес (рис. 1.61, *в*). Такая характеристика транспортного средства наиболее желательна, так как в данном случае водитель располагает максимальным резервом угла поворота руля в обе стороны, что может иметь большое значение при необходимости выхода из внезапно возникшей аварийной ситуации.

Силы, действующие на поворачивающий автомобиль, показаны на рис. 1.62. Сумма боковых сил на передних и задних колесах урав­новешивает центробежную силу, приложенную к центру тяжести. Си­ла, приложенная к передним колесам *F*п, плюс сила, приложенная к задним колесам *F*з, равны центробежной силе, приложенной к центру тяжести *F*цс.



*в*

*б*

*а*

Рис. 1.61. Схемы движения на повороте: *а* – отклонение транспортного средства

за пределы траектории; *б* – отклонение транспортного средства внутрь траектории;

*в* – нормальный поворот; *F*цс – центробежная сила; *S* – ориентация управляемых колес; *T* – направление движения; *X* – угол бокового увода (угол между *S* и *Т*)

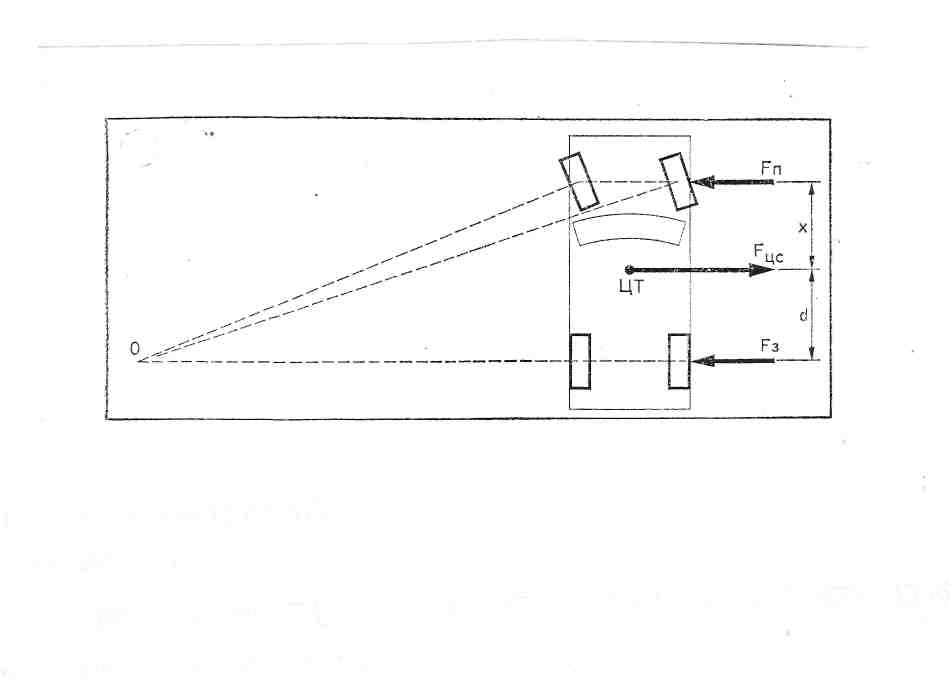


Рис. 1.62. Схема сил, действующих на автомобиль

во время поворота

Взяв моменты относительно ЦТ, получаем *F*п *х* = *F*з*d*, т. e. *F*з = = *F*п*x*/*d*.

Таким же образом *F*п = *F*з*d*/*x*.

Определим величину боковой силы на передних колесах *F*п. Подставив *F*з = *F*п*x*/*d* в равенство *F*п + *F*з = *F*цс, получим:

*F*п + *F*п*x* / *d* = *F*цс*F*п (1 + *х*/*d*) = *F*цс  .

Определим величину боковой силы на задних колесах *F*з. Подставив *F*ц = *F*з*djx* в равенство*F*n + *F*3= *F*цс,

получим:

*F*з*d*/*x* + *F*з= *F*цс; *F*з (*d* /*x* +1) = *F*цс; .

Тот же результат можно получить, вычтя *F*п из *F*ц, c: *F*цс – *F*п= *F*з.

***Пример*.** На транспортное средство, имеющее базу 2,9 м и массу 900 кг, движущееся со скоростью 60 км/ч по кривой радиусом 50 м, действует центробежная сила 4960 Н. Определить величины боковых сил на передних и задних колесах транспортного средства для двух случаев:

а) на передние колеса приходится 55 % массы транспортного средства;

б) на передние колеса приходится 48 % массы.

Для случая (а) масса, приходящаяся на передние колеса, равна 9000 – 0,55 = 495 кг.

Масса, приходящаяся на задние колеса, равна 900 ∙ 0,45 = 405 кг.

*X* = 405 ∙ 2,9 / 900 = 1,305 м; *d* = 2,9 – 1,305 = 1,595 м;

*F*п = *F*цс : (1 + *х*/*d* ) = 4960 : (1 + 1,305 / 1,595) = 2728 Н.

*F*з= *F*цс – *F*п = 4960 – 2728 Н.

Для случая (б) масса, приходящаяся на передние колеса, равна 900 – 0,48 =  432 кг.

Масса, приходящаяся на задние колеса, равна 900 – 0,52 = 468 кг.

*Х* = (468 ∙ 2,9) / 900 = 1,508 м; *d* = 2,9 – 1,508 = 1,392 м;

*F*п = *F*ц / (1 + *x* / *d*) = 4960 / (1 + 1,508 / 1,392) = 2381 Н;

*F*з = *F*цс– *F*п = 4960 – 2381 = 2579 Н.

**Установка шин разной конструкции.** Если на транспортном средстве используются шины разной конструкции, то они должны устанавливаться только парами так, чтобы шины на колесах одной оси были одинаковыми.

*Радиальные и диагональные шины*. При одинаковых боковых силах деформация протектора, а следовательно, и угол бокового увода у радиальных шин значительно меньше, чем у диагональных. Это объясняется наличием в радиальных шинах слоев корда, опоясывающих каркас шины по окружности и ограничивающих упругие смещения протектора, особенно в случае применения стального корда. Указанная особенность диктует следующие правила смешанной установки шин.

*Диагональные шины на передних колесах, радиальные шины на задних* *колесах и наоборот*. Когда впереди установлены более деформируемые шины с большим углом бокового увода, то возникает на повороте отклонение транспортного средства наружу, за пределы траектории. Хотя эта тенденция к спрямлению траектории выражена больше, чем в случае установки одинаковых шин на передние и задние колеса, но если отклонение не чрезмерно, то водитель легко может его скомпенсировать поворотом рулевого колеса на угол, несколько больший обычного.

При обратной установке более эластичные и в большей степени подверженные боковому уводу диагональные шины задних колес могут способствовать возникновению отклонения транспортного средства внутрь траектории поворота, т. е. вместо привычного для водителя противодействия изменению направления движения автомобиль бу­дет реагировать аномально резко на повороты рулевого колеса, что для среднего водителя затруднит процесс управления, особенно в чрезвычайных ситуациях.

*Радиальные шины с текстильным и стальным опоясывающим кордом*. Правило смешанной установки радиальных и диагональных шин относится также к установке шин с другими конструктивными различиями. На передние колеса должны устанавливаться шины с меньшей боковой жесткостью (с более деформируемым протектором).

*Установка одной шины иной конструкции*. Установка одной шины иной конструкции, чем остальные три, резко ухудшает управляемость как заднеприводных, так и переднеприводных автомобилей. Ни при каких обстоятельствах этот вариант установки шин не должен применяться для дорожных транспортных средств, хотя он часто использу­ется водителями, участвующими в автомобильных гонках по короткому замкнутому маршруту, где явление отклонения от траектории способствует скоростному прохождению кривых.

Исследовались различные комбинации шин, но наибольшее внимание было уделено изучению поведения.

***Поведение переднеприводных автомобилей с тремя радиальными шинами и одной диагональной на заднем колесе*.** Такой автомобиль даже при небольшой скорости без всякой видимой причины, т. е. при отсутствии, например, хотя бы небольшого изменения поперечного уклона дороги или дефектов дорожного покрытия, может внезапно изменить направление движения, отклоняясь от выбранной водителем траектории движения. Причем при увеличении полезной нагрузки это явление возникает чаще.

**Давление в шинах.** Боковая сила, приходящаяся на один градус бокового увода, возрастает с увеличением давления воздуха в шине, но при очень высоком давлении возможно подпрыгивание колеса с потерей контакта между шиной и дорожным покрытием.

Если автомобиль подвержен отклонению наружу, за пределы траектории поворота, то повышение давления в шинах передних колес действует в направлении устранения этого явления или даже появления отклонения внутрь траектории. При наличии же отклонения внутрь можно уменьшить его, повысив давление в шинах задних колес (рис. 1.63). Необходимо иметь в виду, что центр массы транспортного средства с полным количеством пассажиров и полностью загруженного смещается назад, создавая условия для возникновения сноса внутрь, который в большинстве случаев может быть устранен небольшим увеличением давления в шинах задних колес.

***Пример*.** Водитель автомобиля типа «универсал» погиб при столк­новении с нагруженным грузовым автомобилем (рис. 1.64). Дорога была влажной. Автомобиль получил значительные повреждения пра­вой стороны. Повреждена также передняя часть грузового автомобиля. Его водитель сказал, что он видел приближающийся к закруглению автомобиль-универсал, движущийся посередине проезжей части со скоростью 72–88 км/ч. По его словам, и водитель универсала заметил грузовик, так как начал уходить ближе к краю проезжей части на свою сторону. Но в процессе выполнения этого маневра автомобиль, по-видимому, стал неуправляемым, его заднюю часть занесло вправо и он оказался прямо на пути следования грузовика, после чего и произошло столкновение.

Водитель грузовика заявил, что сам он не имел времени для того, чтобы затормозить или уйти в сторону. Коэффициент сцепления оказался равным 0,6. Универсал получил обширные повреждения, а его груз – несколько ящиков с фруктовыми консервами – был рассыпан. Не было никаких видимых повреждений шин, камер или ободьев колес. Однако давление в задней правой шине было на 20 % ниже, чем в трех остальных.

После того, как была вычислена критическая скорость движения по кривой, показание водителя грузового автомобиля стало выглядеть весьма правдоподобным. Скорость автомобиля была близка к критической из расчета использования всей ширины проезжей части и превы­шала критическую на имевшей меньший радиус траектории ухода от встречного столкновения.

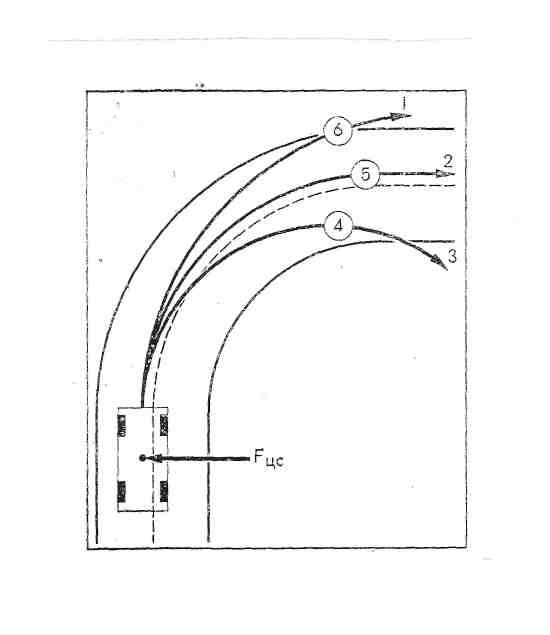


Рис. 1.63. Влияние давления воздуха в шинах

на траекторию поворота: *1* – снос за пределы траектории;

*2* – движение по заданной траектории;

*3* – снос внутрь траектории; *4* – давление в шинах

(передних – 1,69 кгс/см2, задних – 1,41 кгс/см2);

*5* – давление в шинах передних и задних колес 1,69 кгс/см2;

*6* – давление в шинах (передних – 1,41 кгс/см2, задних – 1,69 кгс/см2)

Особенности размещения тяжелого груза в совокупности с пониженным давлением в задней шине вызвали снос внутрь траектории, перешедший в занос с последующим столкновением с грузовым автомобилем.

*Спущенные шины*. Влияние прокола шины на управляемость транспортного средства, движущегося с постоянной скоростью по прямой, обычно незначительно. Когда скорость достаточно высока, то водитель может совершенно не подозревать о возникшей опасности, особенно если утечка воздуха медленная. К тому же на большой скорости центробежная сила, действующая на шину, быстро вращающегося колеса в какой-то мере уравновешивает приходящуюся на колесо массу транспортного средства.

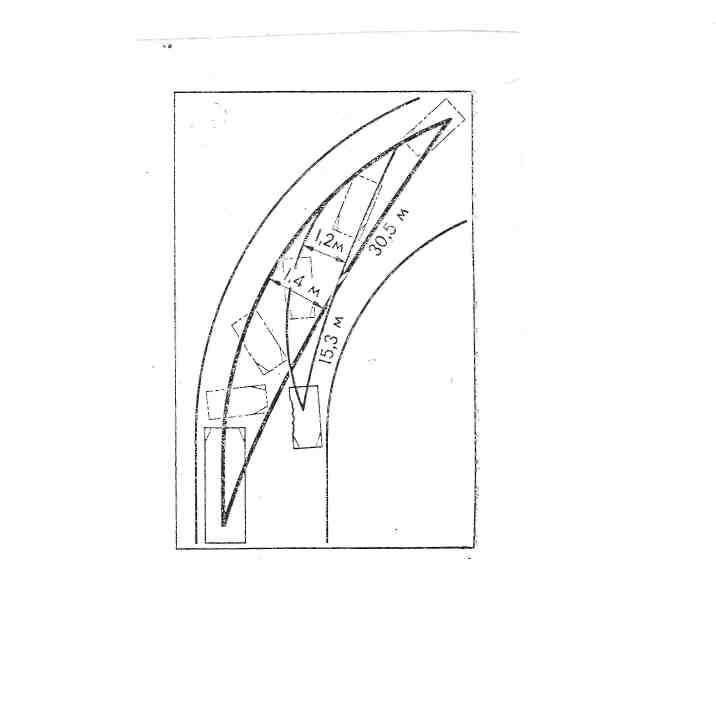


Рис. 1.64. Схема к примеру

Однако, когда на транспортное средство начинает действовать тормозная или боковая сила на повороте, то спущенная диагональная шина может резко ухудшить управляемость транспортного средства вплоть до полной потери управления. Этот отрицательный эффект менее выражен в случае повреждения радиальной шины со стальным опоясывающим кордом.

Дальнейшее во многом зависит от времени реакции водителя и принятых им мер для выхода из критической ситуации. Испытания показали, что, как правило, транспортное средство при торможении резко отклоняется в сторону спущенной передней шины, если она диагональная. При повреждении передней радиальной шины со стальным кордом это происходит не всегда. Влияние прокола задней шины на движение замедляемого автомобиля весьма незначительно.

На повороте автомобиль со спущенной наружной (по отношению к центру поворота) передней шиной почти не управляем и движется по направлению к внешней стороне кривой. Влияние спущенной наружной задней шины менее определенно. Преобладает тенденция потери сцепления задних колес и заноса задней части транспортного средства к обочине.

Последствия прокола шины на внутреннем (по отношению к центру поворота) переднем или заднем колесе в значительной мере зависят от скорости движения транспортного средства и радиуса кривой. В общем случае если скорость движения на крутом повороте достаточно высока, то большая часть массы транспортного средства перераспределяется на наружные колеса и спущенная внутренняя шина почти не влияет на управление. На меньших скоростях возникает боковое «волочение» спущенной передней шины с отклонением транспортного средства наружу за пределы траектории. Спущенная задняя шина способствует поперечному сдвигу заднего моста к внешнему краю дороги с возникновением отклонения транспортного средства внутрь. В обоих случаях результативный эффект заключается в появлении тенденции смещения или вращения транспортного средства по направлению к внутреннему краю дороги.

Значение внезапного разрыва шины как причины возникновения ДТП преувеличено. Следует иметь в виду, что опытным водителям почти всегда удается при этом остановить автомобиль без потери управления. Поэтому практически во всех случаях за редкими исключениями сопутствующим фактором дорожно-транспортных происшествий при разрыве шины следует считать неопытность водителя.

**Аквапланирование.** Аквапланирующее транспортное средство не оставляет следов скольжения, так как его колеса не находятся в прямом контакте с поверхностью дороги. Если скорость транспортного средства достаточно велика, между шиной и дорогой возникает водная подушка, которая резко снижает силу сцепления между ними. Стоит только в этих условиях воспользоваться тормозами или рулевым уп­равлением, как сцепление шины с дорогой полностью прекращается и автомобиль неуправляемо скользит по воде. Интересно отметить, что масса транспортного средства практически не влияет на возникновение этого явления. Однако при современной конструкции шин аквапланирование редко возникает, если только толщина слоя воды на дороге не превышает глубины рельефа протектора.

При наличии признаков аквапланирования необходимо с помощью линейки измерить толщину слоя воды. При этом учитывается высота поверхности воды над высупами макроструктуры дорожного покрытия, так как только эта вода, а не заключенная в углублениях, способствует возникновению аквапланирования. Когда аквапланируют только передние колеса, транспортное средство движется по прямой. Если же сцепление передних колес с дорогой не нарушено, а аквапланируют задние колеса, то создаются условия для заноса. Так происходит в тех случаях, когда шины передних колес имеют более глубокий рельеф протектора, чем задних.

1.11. Информативность транспортного средства

Автомобиль является частью системы автомобиль – водитель – дорога – среда (А-В-Д-С). Предотвращение дорожно-транспортного происшествия (ДТП) водителем немыслимо без постоянного получения информации о работе системы (А-В-Д-С). Такую информацию водитель воспринимает с помощью соответствующих органов чувств –анализаторов (зрения, слуха, обоняния, двигательных и др). Для надежного приема информации, относящейся к обеспечению безопасного функционирования системы А-В-Д-С, ее составляющие А-В-Д-С должны обладать требуемыми качествами информативности, т. е. свойствами, которые могут обеспечить участников движения соответствующей информацией. Для водителя наиболее важная информация воспринимается зрением (90 % всех сведений, обеспечивающих безопасность движения). К транспортным средствам предъявляются соответствующие требования по обеспечению ими установленных параметров информативности. Разрабатываются и исследуются параметры информативности и т. д.

При управлении транспортным средством водитель принимает конкретное решение на основании переработанной информации, которую он получает с помощью анализаторов (зрительного, слухового и др.) от внешних раздражителей.

Свойство транспортного средства обеспечивать участников движения информацией, необходимой для динамичного функционирования системы водитель – транспортное средство – дорога, называется информативностью. Оно является одним из эксплуатационных свойств автомобиля, которые определяют его безопасность.

Информация к водителю поступает с помощью сигналов (движущиеся объекты, физические процессы, звуковые источники и т. д.), как возникающих при нормальном процессе – естественные сигналы, так и специально предназначенных для сообщения – искусственные сигналы.

При выполнении конкретной работы сигналы, необходимые водителю, поступают к нему через органы чувств, которые реагируют на физические и химические изменения, происходящие в окружающей среде и в его организме (воздействие звука, света, запаха, изменение температуры и т. д.).

Они вызывают в нервной системе человека сложные физиологические процессы, которые отражаются в его сознании в форме ощущений (зрительных, слуховых, осязательных и т. д.). Наиболее важны для водителя зрительные ощущения, так как зрительный анализатор поставляет ему более 90 % всей необходимой информации. В процессе движения водитель должен реагировать на информацию, исходящую как от управляемого им автомобиля или трактора (внутренняя информативность), так и от других транспортных средств (внешняя информативность).

Информативность транспортного средства бывает визуальной, звуковой и тактильной. *Визуальная информативность* транспортного средства – форма, размеры, цвет, светосигнальное оборудование, элементы щитка приборов, параметры обзорности. *Звуковая информативность* – звуковые сигнализаторы, шум двигателя и трансмиссии. *Тактильная информативность* – реакция органов управления на действия водителя.

Визуальная информативность играет большую роль для обеспечения безопасности движения, так как это свойство выдает визуальную информацию о месторасположении на дороге, режиме движения. Визуальная информативность подразделяется на внешнюю и внутреннюю.

Внешнюю визуальную информативность определяют габаритные размеры транспортного средства, системы внешней световой сигнализации, световозвращатели. Транспортные средства информируют других участников движения о своем присутствии и маневрах своими габаритами, формой и окраской. Окраска транспортного средства должна обеспечивать световой и цветовой контраст с дорожным покрытием. Транспортные средства, окрашенные в яркие и светлые тона, имеют лучшую информативность, чем транспортные средства черного, серого или коричневого цвета. Вероятность столкновения с ними в тумане, сумерках или во время дождя особенно велика. Оптимальные с точки зрения безопасности цвета транспортного средства – оранжевый, желтый и красный.

Окраска автомобиля очень важна. Особенно она существенна для малогабаритных транспортных средств. Автомобили, окрашенные в яркие и светлые тона, реже попадают в ДТП, чем имеющие черную, серую или коричневую окраску. Большую роль этот фактор приобретает в условиях ограниченной видимости: в тумане, сумерках, во время дождя.

В темное время суток особенно хорошо видны поверхности, на которые нанесены краски с включением шаровой катоптрической оптики или металлических световозвращающих частиц. В свете фар (до 100 м) при наличии на транспортном средстве световозвращающих участков дальность обнаружения транспортного средства значительно увеличивается.

На фоне дополнительного цвета всякий цвет воспринимается более насыщенным и ярким. По этой причине транспортные средства оперативных служб окрашивают в два цвета, при этом один из них относится к группе цветов, отличающихся наибольшей дальностью видимости.

Большое значение для безопасности движения имеют сигнальные приборы: указатели поворотов, сигналы торможения, габаритные огни, фонарь освещения номерного, заднего хода, указатель автопоезда, стояночные огни.

Безопасность движения ночью во многом зависит от приборов освещения дороги: фар дальнего света, ближнего, противотуманных фар.

Фары должны освещать дорогу на расстоянии не менее 100 м, но не ослеплять встречных водителей. К сожалению, это свойство фар дальнего света неудовлетворительно, что подтверждается числом ДТП по причине ослепления водителей при встречных разъездах. Ослепляемость усиливается при неправильной регулировке фар. Поэтому важно воспитать у водителей чувство уважительного отношения друг к другу при встречных разъездах. Дальний свет фар должен быть переключен на ближний при встречном разъезде на расстоянии не менее 300 метров до транспортного средства, а также на большем расстоянии, если водитель встречного транспортного средства периодическим переключением света фар покажет необходимость этого, а также если дальний свет фар будет освещать движущееся в попутном направлении транспортное средство или его водитель включением аварийной световой сигнализации покажет необходимость такого переключения.

При ослеплении водитель должен немедленно включить аварийную световую сигнализацию и, не перестраиваясь, снизить скорость движения и остановиться.

Противотуманные фары предназначены для обеспечения видимости дороги в туман, однако эффективность их ограничена действием туманной атмосферы, которая не только уменьшает освещенность дороги за счет ослабления светового потока фар, но и рассеивает свет крупными частицами тумана (каплями воды). Использование противотуманных фар не дает ощутимых результатов и преимуществ для заметного увеличения скорости автомобиля.

Противотуманные фары имеют большой угол рассеивания светового пучка в горизонтальной плоскости (45–90°). Эта особенность положительно проявляет себя при движении по дорогам с закруглениями, особенно малых радиусов, так как позволяет водителю лучше ориентироваться на повороте за счет освещения местности и за поворотом, еще до начала его выполнения. Противотуманная фара не дает прямых лучей от лампы благодаря отражателю, а также рассеиванию с вертикальными цилиндрическими линзами, расширяющими световой поток в горизонтальной плоскости. Цвет излучаемого света противотуманной фарой не имеет значения. Противотуманные фары используют при движении по слабоосвещенным улицам, поскольку движение по ним с подфарниками затруднено недостаточной освещенностью дороги, а включение ближнего света ведет к ослеплению встречных водителя и пешеходов. Кроме того, по свету подфарников пешеходу трудно ориентироваться в расстоянии до автомобиля, скорости движения, маневрирования.

При отсутствии противотуманных фар автомобиль должен двигаться в тумане с ближним или дальним светом фар. Однако опыт показывает, что лучшую ориентировку встречных водителей, пешеходов о приближении к ним транспортных средств дает дальний свет, который в тумане не оказывает слепящего действия. Противотуманные фары на транспортном средстве могут использоваться водителем в темное время суток и (или) при недостаточной видимости дороги совместно с ближним или дальним светом фар, а также вместо ближнего света в условиях, предусмотренных пунктами 166 и 167 ПДД. Задние противотуманные фары на транспортном средстве могут применяться только при недостаточной видимости дороги. Запрещается подключать задние противотуманные фары к стоп-сигналам.

Важное значение для повышения безопасности движения имеют указатели поворотов: передние, задние, боковые, особенно обозначающие левый поворот автомобиля, при котором создаются наиболее опасные ситуации, связанные с обгоном, выездом на полосу встречного движения, пропуском встречного транспорта на пересечениях и т. п.

Кроме внешних средств информативности, используют внутреннюю информативность: панели приборов, обзор с рабочего места пути движения и источников опасности. Водитель на панели приборов получает сведения о работоспособности систем и агрегатов автомобиля, обеспечивающих безопасность движения: давление воздуха в тормозной системе, шинах колес, об отказе какого-либо контура тормозов, работе указателей поворота, скорости движения и т. д. Размещение приборов внутренней информативности, их размеры, освещение, цвет нормируется соответствующими документами. Конструкция, размеры окон, зеркал, кабины, кузова и их некоторых элементов – главные факторы, влияющие на обзор с рабочего места водителя. Стеклоочистители, омыватели, обогрев и обдув стекол обеспечивают требуемую обзорность в дождь, снег, мороз. У современных автомобилей стандарты предусматривают не только обязательность установки таких приборов, но и их количество и требования к техническому состоянию, режиму работы.

Световозвращатели. Экономичным и эффективным средством улучшения информативности автомобиля в темное время суток на дороге является оснащение его специальными *световозвращающими знаками*.

Самый простой световозвращатель (рис. 1.65, *а*) представляет собой гибкую эластичную пленку толщиной 0,2 мм с микроскопическими стеклянными шаровыми линзами диаметром 20–25 мкм, размещенными в слое порошкообразного алюминия.

Более качественный световозвращатель (рис. 1.65, *б*) изготавливается из материала с гладкой пленкой (для предохранения поверхности от воздействия внешней среды), связующего слоя, металлической фольги, клеевого слоя и плотного бумажного основания. Диапазон углов падения света на отражающую поверхность находится в пределах 5–175°. Преломленный сферическими поверхностями микрошаров световой пучок отражается под углом 180° и направляется к источнику излучения. Отраженный свет не ослепляет водителя.

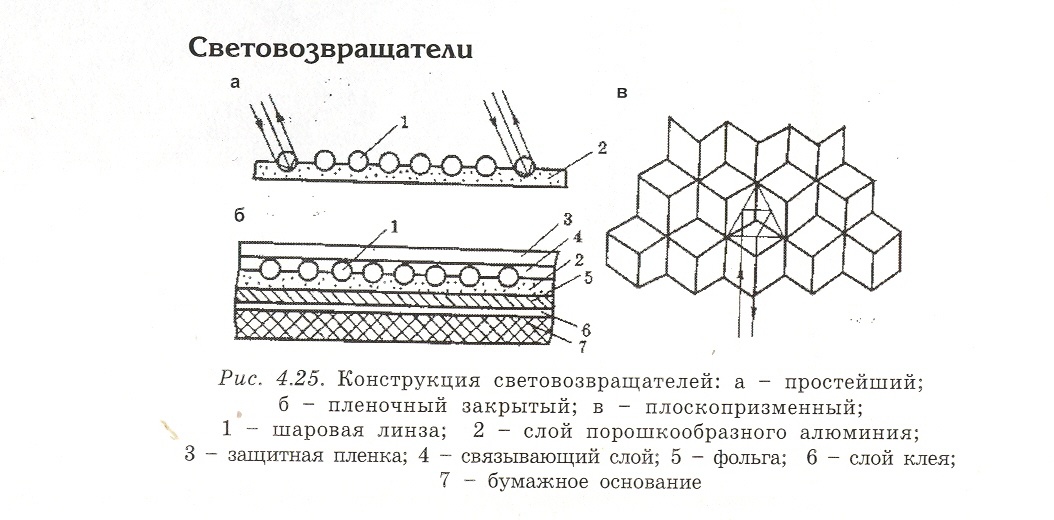


Рис. 1.65. Конструкция световозвращателей: *а* – простейший;

*б* – пленочный закрытый; *в* – плоскопризменный; *1* – шаровая линза;

*2* – слой порошкообразного алюминия; *3* – защитная пленка;

*4* – связывающий слой; *5* – фольга; *6* – слой клея;

*7* – бумажное основание

Большое распространение нашли плоскопризменные световозвращатели, изготавливаемые из полимеров (рис. 1.65, *в*). Они имеют высокоточное расположение трех взаимно перпендикулярных отражающих граней. Световозвращатели эффективны при углах падения света +35°, дальность видимости их в свете фар – до 600 м.

Для транспортных средств обязательно наличие двух задних красных светоотражающих приспособлений нетреугольной формы, для прицепов – треугольной. У прицепов и полуприцепов на боковых поверхностях устанавливаются дополнительно световозвращатели оранжевого цвета. Кроме того, на прицепах и полуприцепах спереди должны быть установлены световозвращатели белого цвета.

Согласно требованиям ЕЭК ООН, на механических транспортных средствах устанавливаются плоскопризменные светоотражатели.

В настоящее время ГОСТом 8769-75 регламентируется *комплект обязательных для каждого транспортного средства сигнальных приборов*: указатели поворотов, сигналы торможения, габаритные огни, фонарь освещения регистрационного знака, а также количество, расположение, цвет и видимость сигналов.

При необходимости на транспортных средствах устанавливаются дополнительные световые сигналы и фонари. Например, сигнал, обозначающий увеличение габарита автомобиля при открывании дверей; световой сигнал, указывающий на внезапно возникшее аварийное состояние автомобиля (одновременное мигание всех указателей пово­ротов); стационарные световые сигналы; фонари заднего хода; фонари, обозначающие автопоезд; противотуманные задние фонари.

К внутренней визуальной информативности относится панель приборов и устройства, улучшающие обзорность.

Показания контрольно-измерительных приборов и сигнализаторов приборной доски транспортного средства дают следующую информацию:

– текущее состояние систем автомобиля, непосредственно обеспечивающих безопасность движения (тормозная система, соединение с прицепом, светосигнальное оборудование, система пассивной безопасности);

– характеристики движения транспортного средства в пространстве (скорость, уменьшение критической дистанции при движении в потоке);

– эксплуатационное состояние систем и агрегатов (двигателя, ходовой части, трансмиссии, электрооборудования и др.).

Важнейшей эксплуатационной характеристикой транспортного средства в отношении безопасности движения является обзорность с рабочего места.

Обзорность транспортного средства – это конструктивное свойство, определяющее объективную возможность для водителя беспрепятственно видеть путь движения и объекты, которые могут помешать безопасному движению. Обзорность определяется размерами окон, шириной и расположением стоек салона, местом расположения води­теля относительно окон, размерами зон, очищаемых стек­лоочистителями, конструкцией омывателей, системой обогрева и обдува стекол, а также расположением, числом и размером зеркал заднего вида.

Звуковая информативность. Во время движения транспортного средства на органы слуха водителя воздействуют разнообразные звуки, которые можно разделить на случайные (шумы, отвлекающие водителя от управления) и звуки, несущие информацию об окружающей обстановке, состоянии агрегатов и механизмов транспортного средства.

Основными источниками звуковой информации являются двигатель, трансмиссия, ходовая часть, шины. Под влиянием этого шума снижается устойчивость ясного видения, ослабляется сумрачное зрение, нарушается деятельность вестибулярного аппарата, наступает преждевременная усталость водителя. Шум уменьшает информативность звуковых сигналов, несущих полезную информацию. Поэтому необходимо уделять внимание снижению звукового фона.

Звуковые сигналы можно использовать для передачи водителю простейшей информации, а также предупредительных сигналов, если нужно привлечь его внимание. В особо опасных случаях может быть предусмотрено дублирование аварийного светового сигнала прерывистым звуком (например, сигналы о недостаточном давлении воздуха в шинах). Использование звуковых сигнализаторов позволяет разгрузить зрительный анализатор водителя, что имеет особое значение по мере увеличения числа приборов внутренней визуальной информативности водителя. К элементам звуковой информации относятся звуковые приборы, позволяющие водителю предотвратить опасные ситуации, возникающие на дороге, а также получить самому информацию об изменениях дорожной обстановки или работе механизмов автомобиля.

1.12. Пассивная безопасность транспортных средств

*Пассивная безопасность* – это свойство транспортного средства, обеспечивающее снижение тяжести последствий ДТП, т. е. способность конструкции транспортного средства обеспечивать защиту человека от травмирования или смертельного исхода. Она достигается созданием безопасной конструкции автомобиля, исключающей или снижающей травматизм водителей, пассажиров и пешеходов. Пассивная безопасность проявляется в период, когда водитель, несмотря на принятые меры безопасности, не может изменить характер движения транспортного средства и предотвратить дорожно-транспортное происшествие. Эта фаза ДТП характеризуется событиями, вызывающими наиболее тяжелые последствия (повреждение транспортного средства, травмирование водителя) внутри кабины (салона).

Пассивную безопасность подразделяют на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя пассивная безопасность снижает тяжесть последствий ДТП, т. е. уменьшает возможное травмирование водителя и пассажиров.

Внешняя безопасность уменьшает возможность нанесе­ния повреждений другим участникам движения и уменьшает повреждение транспортного средства.

Иногда применяют термин, обратный внешней пассивной безопасности, – агрессивность транспортного средства.

Принцип действия средств пассивной безопасности в основном состоит в уменьшении динамической нагрузки на тело человека в процессе столкновения или опрокидывания транспортного средства, что обеспечивается некоторой растяжкой времени действия нагрузки за счет деформации элементов пассивной безопасности. При этом используются такие факторы, как ограничение перемещения людей внутри кабины, закрепление в нем предметов, уменьшение травмоопасности деталей, контактирующих с человеком, допустимое уменьшение внутренних размеров кузова, кабины. В современных транспортных средствах элементы пассивной безопасности выполняют в соответствии с действущими международными нормативами. К средствам пассивной безопасности относят: ударно-прочные свойства кузова, кабины, травмобезопасную рулевую колонку, ремни безопасности, замки и петли дверей, сиденья и их крепления, элементы интерьера, подголовники, стекла кузова, кабины, бамперы и др.

Средства пассивной безопасности входят в конструкцию автомобиля и срабатывают автоматически. Исключение составляют ремни безопасности, которыми нужно пользоваться при движении. Также необходимо наращивать передний борт кузова до краев крыши бортовых грузовых автомобилей, что повышает надежность защиты водителя при деформации крыши кабины в случаях опрокидывания на нее автомобиля. Средства пассивной безопасности в отличие от средств активной безопасности в эксплуатации не изменяют своих параметров и поэтому не требуют контрольных операций, связанных с замерами усилий, расстояний и т. д. В нормативных документах изложены требования к техническому состоянию только таких элементов пассивной безопасности, как замки дверей кузова или кабины, запоры бортов грузовой платформы, механизм регулировки положения сиденья водителя, аварийные выходы автобусов и устройства приведения их в действие, привод управления дверьми и сигнал требования остановки. Они должны быть в работоспособном состоянии.

При тяжелых дорожно-транспортных происшествиях (столкновение, наезды на неподвижные препятствия, опрокидывания) сначала деформируются детали машины, т. е. происходит первичный удар. Кинетическая энергия, которой обладает движущееся транспортное средство, тратится на поломку или деформацию деталей. Человек, находящийся в салоне транспортного средства, продолжает движение по инерции с прежней скоростью, так как силы, удерживающие тело (мышечное усилие конечностей, трение о поверхность сиденья), не могут препятствовать его перемещению. Это приводит ко вторичному удару о рулевое колесо, панель приборов, ветровое стекло и т. п. Величина вторичного удара зависит от скорости и замедления транспортного средства, формы и механических свойств деталей, о которые ударяется человек.

При высоких скоростях движения возможен и третичный удар – внутренних органов человека (мозга, сердца, печени) о кости скелета. Это может привести к серьезным повреждениям внутренних органов, разрушению кровеносных сосудов и нервных волокон.

Большую часть травм водители транспортных средств получают во время вторичного удара. При этом тяжесть и характер травмы зависят от многих факторов и, в частности, от вида дорожно-транспортного происшествия, конструкции автомобиля, скорости движения, наличия защитных приспособлений, снижающих тяжесть ДТП, и т. д.

Человек может выдержать кратковременно (в течение 0,01–0,2 с) перегрузку до 40–50g (400–500 м/с2).

Совершенствование транспортных средств в части повышения их пассивной безопасности осуществляется по нескольким направлениям. Конструктивные мероприятия, улучшающие внутреннюю пассивную безопасность, предусматривают уменьшение инерционных перегрузок при ударе, ограничение перемещения водителя в салоне, устранение опасных с точки зрения травматизма деталей.

В третьем периоде транспортные средства, как правило, не контактируют. Их энергия расходуется на преодоление внешнего сопротивления.

Основной причиной разрушения транспортных средств и травмирования людей при ДТП являются ударные нагрузки, которые носят импульсный характер, и хотя действие их весьма кратковременно, они достигают больших величин вследствие резкого изменения скорости.

Для снижения инерционных нагрузок увеличивают продолжительность деформации деталей. Для этого на рабочем месте водителя создают защитную зону путем устройства жесткого каркаса в сочетании с легко сминающимися при ударах передней и задней частями кузова.

Часто во время удара водитель может получить травму уже при первичном ударе. Во время вторичного удара тело водителя деформирует рулевое колесо и входит в контакт со ступицей и рулевым валом. В результате водитель транспортного средства получает тяжелые переломы лица, груди, травмы брюшной полости.

Чтобы защитить водителя транспортного средства, рулевое колесо делают большого диаметра и спицы составляют с плоскостью обода угол не менее 20°.

Исследования доказали, что наиболее простым и эффективным средством, ограничивающим перемещение водителя при аварии, являются ремни безопасности. В ремнях безопасности применяют инерционные катушки, на которые намотана свободная часть ремня. При плавных перемещениях тела человека ремень разматывается, не мешая движению. При больших ускорениях (обычно около 0,4–0,5 g) катушка блокирует ремень. Ремень безопасности подлежит замене: надрывы на лямке, потертости лямки, при которых увеличилась ее толщина; замок не фиксирует «язык» лямки после нажатия на кнопку замыкающего устройства, пружина замка не выбрасывает «язык»; после вытягивания лямки на всю длину лямка не втягивается в инерционную катушку; инерционная катушка замкнулась и не вращается; при быстром торможении автомобиля, движущимся с включенным сцеплением (скорость движения 15–20 км/ч) не блокируется лямка в инерционной катушке.

Крепление безопасных сидений должно выдерживать нагрузку, равную 20-кратному весу сиденья, приложенную параллельно продольной оси автомобиля. Спинка сиденья должна выдерживать приложенную в верхней ее части нагрузку, действующую горизонтально по направлению от передней части автомобиля к задней и равную моменту силы 54 кН∙м. Система перемещения и регулировки сиденья должна иметь автоматическую блокировку, выдерживающую продольную перегрузку до 20g.

Кабина транспортного средства должна быть оборудована только безопасными деталями, без острых углов и граней. Выступающие ручки, выключатели, кнопки, расположенные на панели приборов в зоне возможного удара о них тела водителя и выступающие над поверхностью панели на 3,0–9,5 мм, должны иметь головку площадью не менее 200 мм2 с радиусом закругления не менее 2,5 мм.

**1.13. Послеаварийная безопасность транспортных средств**

За кульминационной фазой ДТП следует конечная. Конец этой фазы часто совпадает с прекращением движения транспортного средства. Послеаварийная безопасность зависит от конструктивных особенностей транспортного средства, обеспечивающих возможность скорейшей эвакуации людей при ДТП в безопасную зону для оказания медицинской помощи.

Послеаварийная безопасность – свойство транспортного средства уменьшить опасные последствия ДТП. Она обеспечивается конструкцией транспортного средства, предусматривающей немедленный выход людей из кузова или кабины после ДТП, особенно в случаях, сопровождающихся пожаром, погружением транспортного средства в водоем. К средствам послеаварийной безопасности относят запасные выходы из салона автобуса, приспособления для обеспечения выхода. Устройства сигнализации, пожаротушения также уменьшают последствия аварии. Большое значение имеет оказание медицинской и другой помощи пострадавшим. В соответствии с требованиями ПДД (прил. 4) при эксплуатации транспортных средств необходимо обеспечить работоспособность стандартных устройств: замков дверей кузова или кабины, запоров бортов грузовой платформы, механизмов регулировки положения сиденья водителя, аварийных выходов автобусов и устройств приведения их в действие, приводов управления дверьми и сигналов требования остановки, звукового сигнала. Аварийные выходы в автобусах должны быть обозначены и иметь таблички по правилам их использования. Изоляция электропроводки транспортного средства должна исключать возможность возникновения случайных замыканий проводов с массой автомобиля и между собой, т.е. к элементам послеаварийной безопасности транспортного средства относятся конструктивные особенности, дополнительные приборы, предотвращающие возникновение опасных последствий, случающихся в результате ДТП.

После возникновения ДТП в результате нарушения герметичности топливной аппаратуры и соприкосновения топлива с нагретыми деталями или электрической искрой может начаться пожар.

**2. ЭКОЛОГИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

**2.1. Влияние механических транспортных средств**

**на окружающую среду**

*Экология* – наука о закономерностях формирования, развития и устойчивого функционирования биологических систем во взаимосвязи со средой обитания. Экология позволяет определить оптимальные формы взаимоотношения природы и человеческого общества. Цель экологии – установить способы управления природными и антропоген­ными системами, человеческим обществом и биосферой в целом в соответствии с экологическими законами для устойчивого развития цивилизации. Эксплуатация транспортных механических средств должна быть экологически безопасной. Это будет являться базой при разработке средств и методов сохранения (охраны) окружающей среды и рационального использования природных ресурсов в процессе эксплуатации транспортных средств.

Все самоходные машины и механизмы являются источниками неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Поэтому при экологической оценке дорожно-транспортной системы анализируется «транспортное загрязне­ние», под которым подразумеваются не только выбросы загрязняющих веществ, но и тепловое излучение, вибрация, шум, электромагнитное поле.

Воздействие дорожно-транспортной системы на окружающую среду можно разделить на *три вида*:

1) ингредиентные – собственно материальные выбросы;

2) механические – прямые силовые действия на элементы среды (в том числе и дорожно-транспортные происшествия);

3) параметрические – связанные с непроизводительными потерями.

К *механическим (силовым)* относятся гравиметрические воздействия (разрушение дорожных конструкций, удары при непосредственном контакте транспортных средств с другими объектами, разрушение дорожных конструкций).

*Параметрические воздействия* – это выбросы транспортными средствами тепла. На открытых пространствах в местных масштабах выделение тепла движущимися транспортными средствами существенных последствий не оказывает. Однако они должны учитываться при исследовании в глобальном масштабе теплового баланса земли. К этой группе воздействий относятся и другие энергетические потери (шум, вибрация, электромагнитные излучения).

В современном понимании экологическая безопасность подразумевает и безопасность движения.

* 1. **Токсические вещества отработавших газов**

Экологическая проблема связана с автомобилизацией и ее вред­ными последствиями. Наиболее остро ощущается загрязнение ат­мосферы выхлопными газами двигателей.

Качество атмосферного воздуха регулируется нормированием предельно допустимых концентраций вредных веществ. Предельные нормы устанавливают в соответствии с медико-биологическими критериями охраны здоровья человека и социально-экономической структурой общественного развития.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ определяется условиями полной безопасности пребывания человека в загрязненной среде. Допустимое содержание СО в атмосфере составляет 1 мг/м3.

В больших городах создается автоматизированная система контроля чистоты атмосферного воздуха. Датчики устанавливают на крупных предприятиях, в парках, скверах, на крупных транспортных магистралях, развязках, привокзальных пло­щадях и т. п. В дальнейшем будет возможность связать такие автоматические системы контроля загазованности магистралей с системой управления дорожным движением, которая с целью снижения уровня загазованности сможет переключать транспортные потоки на дублирующие магистрали или устанавливать безостановочный режим движения.

Следует учитывать загрязнение атмосферы картерными газами, парами бензина.

В атмосферном воздухе отработанные газы вступают в фото­химические реакции с образованием раздражающих и токсичных для организма веществ. Подобные явления в больших объемах приводят к образованию смога. Действие основных компонентов на человека сопровождается разнообразными симптомами.

**Окись углерода.** Газ, не имеющий ни запаха, ни цвета, легче воздуха, легко распространяется в атмосфере. Вызывает кислородное голодание, сказывающееся на центральной нервной системе.

Содержание в атмосфере СО выше 0,01 % по объему может вызвать признаки отравления, а 0,02 % в течение нескольких часов –отравление. Концентрация в воздухе СО 0,20–0,25 % через 30 мин приводит к обморочному состоянию.

**Окислы азота (NOx).** В отработанных газах присутствует два вида окислов азота: NO – окись азота, NО2 – двуокись азота. Окислы азота обладают значительно большей токсичностью, чем СО. В организме они соединяются с водой, образуя азотную и азотистую кислоты, разрушающие ткани организма. Окислы азота раздражающе действуют на слизистые оболочки глаз, носа, рта.

**Альдегиды** в отработанных газах содержатся обычно в виде формальдегида (НСНО) и акролеина (С3Н4О). Оба вещества представляют собой газ с резким неприятным запахом, действующим на слизистую оболочку. Содержание в атмосфере 0,002 % акреолина непереносимо. Формальдегид при содержании 0,18 % вызывает сильное раздражение.

**Углекислый газ** (СО2) не имеет ни цвета, ни запаха, тяжелее воздуха. При содержании 20–25 % по объему в атмосфере опасен для жизни из-за парализации центров дыхания. Опасно содержание СО2 в небольших закрытых объемах (цистерны с СО2, помещения, заполненные тающим сухим льдом).

**Углеводороды** (С*n*Н*m*) кроме собственной токсичности вызывают образование озона и перекиси, которые воздействуют на глаза, нос и приносят вред растительности.

**Сажа** (С) засоряет органы дыхания, раздражает их, вызывает легочное заболевание. Основное вредное воздействие сажи состоит в переносе ею канцерогенов (например, C2H12 – бензапирен) за счет эффекта адсорбции. Канцерогены, откладываясь на живой ткани организма, могут приводить к появлению злокачественных образований.

**Свинец** (Рb), поступая в атмосферу и затем попадая в организм человека, воздействует на кровь, снижая количество гемоглобина и разрушая эритроциты. Признаки отравления свинцом: головная боль, головокружение, раздражительность, быстрая утомляемость, плохой сон. Особенно вредно воздействие свинца на детский организм. Свинец не покидает организм, а, накапливаясь, как и канцерогенные вещества, достигает опасных концентраций. Он может проникать в организм как через дыхательные пути, так и через кожу.

Совершенствование двигателей, применение газового топлива и других заменителей бензина – основные пути снижения загрязнения воздуха отработанными газами. Разрабатываются эффективные средства нейтрализации токсических выбросов, совершенствуется техническое обслуживание транспортных средств и контроль их состояния. Важное значение для крупных населенных пунктов имеет и система организации дорожного движения, снижающая задержки транспортных потоков, повышающих их среднюю скорость движения. Нельзя не учитывать и планирование роста индивидуального транспорта.

Характер загрязнения атмосферы, общее количество и состав выбрасываемых вредных веществ, их распределение в атмосфере в значительной степени зависят от места расположения и характера рабочего цикла источников. Около 50 % общей массы выброса приходится на долю передвижных источников, т. е. на долю тракторов, автомобилей и других самоходных машин.

С точки зрения экологической безопасности для практики проектирования и эксплуатации дорог важное значение имеют ингредиентные транспортные загрязнения (выбросы отработавших газов, свинца, тяжелых металлов, продуктов износа шин и дорожных покрытий). Выбросы в атмосферу отработавших газов считаются наиболее опас­ными, так как они переносятся воздушными потоками, суммируются с промышленными и энергетическими выбросами. Так, согласно статистическим данным, транспортный парк СНГ ежегодно потребляет около 70 млн. тонн углеводородного топлива (без учета газа), расходует более 200 млн. тонн атмосферного кислорода, выбрасывает в атмосферу 27 млн. тонн окиси углерода, 2,5 млн. тонн углеводородов, 9 млн. тонн окиси азота, 200–300 млн. тонн углекислого газа, 190 тонн соединений серы, 100 тыс. тонн сажи, 13 тыс. тонн свинца и тяжелых металлов и 3,1∙1012 МДж тепла. Общее количество выбросов в пересчете на СО составляет 300–400 млн. тонн в год.

При работе двигателей внутреннего сгорания выделяется более 200 видов веществ. К наиболее массовым относятся двуокись углерода (углекислый газ – СО2), оксид углерода (СО), углеводороды (C*n*H*m*), оксиды азота (NO, NО2) и сернистый газ (SО2).

При работе механических транспортных средств выделяются три основных источника выбросов загрязнителей: продукты горения топлива, картерные газы и топливные испарения.

Данные о количестве выбросов, приходящемся на 1 кг сгоревшего топлива, приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. **Количество выбросов двигателей внутреннего сгорания**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Основные вещества  продуктов сгорания | Количество выбросов, топлива | |
| Дизельные  двигатели | Карбюраторные двигатели |
| Углекислый газ (СО2) | 2780 | 2710 |
| Окись углерода (СО) | 35 | 200 |
| Углеводороды (С*n*Н*m*) | 13 | 40 |
| Оксиды азота (NО, NО2) | 70 | 22 |
| Сернистый газ (SО2) | 10 | 2 |

Вредными компонентами отработавших газов тракторных и автомобильных двигателей являются окись углерода, углеводороды, окислы азота, окислы серы и твердые частицы (сажа).

Окислы азота вступают в реакцию с атмосферным воздухом, образуя двуокись азота, которая вместе с углеводородами образует фотохимический смог. Эти соединения токсичны и, воздействуя на бронхи и легкие, могут вызвать ряд необратимых изменений. В создании фотохимического смога участвуют также углеводороды. Наиболее опасным из ароматических углеводородов является бензапирен-3-4, обладающий канцерогенными свойствами. Главным источником в образовании ароматических углеводородов являются дизельные двигатели.

Продуктами отхода работы двигателя внутреннего сгорания являются также твердые частицы, которые подразделяют на нерастворимые и растворимые в органическом растворителе. К нерастворимым веществам относятся твердый углерод, оксиды металлов, сульфаты, нитраты, оксид кремния, сажа и т. д. Сажа не токсична, но она адсорбирует канцерогенные углеводороды. Мелкие частицы сажи образуют аэрозоли и с газами переносятся на достаточно большие расстояния. К растворимым в органическом растворителе относятся смолы, фенолы, карбоны и альдегиды.

Одним из видов выбросов автомобилей являются тяжелые металлы. Например, свинец имеет первый класс опасности и образует устойчивые соединения в почве, способен интенсивно накапливаться. Следует отметить, что почва не обладает свойством самоочищения. Тяжелые металлы прочно сорбируются и взаимодействуют с почвенным гумусом, образуя труднорастворимые соединения. Они с пищей попадают в организм человека, разрушая костные ткани и кроветворные органы, влияют на умственное развитие детей. Предельно допустимые концентрации свинца в воздухе составляют 0,0007 мг/м3, в городах его концентрация может достигать 0,02 мг/м3.

Для некоторых веществ, содержащихся в отработавших газах, предусмотрены санитарные нормы, рассчитанные из условий допустимой токсичности (табл. 2.2).

Выделение углекислого газа в настоящее время в мировой практике не нормируется, так как он не токсичен, но его содержание в атмосфере контролируется по той причине, что он влияет на парниковый эффект. Согласно статистическим данным, количество углекислого газа, выбрасываемое в воздух одним транспортным средством за год, в 4 раза превышает его массу.

Таблица 2.2.**Предельно допустимые концентрации основных компонентов**

**отработавших газов, мг/м3**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Максимально-разовая | Среднесуточная | Класс  опасности |
| Оксид углерода СО | 5 | 3 | 4 |
| Углероды С*n*H*m* | 5 | 1,5 | 4 |
| Оксид азота NO | 0,6 | 0,06 | 3 |
| Двуокись азота NO3 | 0,085 | 0,04 | 2 |
| Твердые частицы, сажа | 0,15 | 0,05 | 3 |
| Свинец Pb | – | 0,003 | 1 |
| Пыль | 0,05 | – |  |

В притрассовой зоне большое влияние на окружающую среду оказывают частицы, образующиеся в результате стирания и выкрашивания дорожной одежды и автомобильных покрышек, которые загрязняют воздух и могут изменять биологический состав почвы.

Попадание транспортных выбросов на поверхность земли в бассейнах стока, в том числе и нефтепродуктов, приводит к загрязнению водных объектов. Концентрацию нефтепродуктов в воде можно определить по следующим признакам: отдельные цветные пятна – 4 мл/м2; серебристые пятна – 10–50 мл/м2; яркие цветные полосы – более 80 мл/м2; сплошная тусклая пленка – более 0,2 л/м2; сплошная темная пленка – более 0,5 л/м2.

В воде могут находиться взвешенные вещества минерального и органического происхождения в виде суспензированных частиц глины, ила и песка.

Отрицательное воздействие транспортных средств на окружающую среду заключается не только в выделении токсичных веществ. При сжигании нефтепродуктов расходуется и кислород (на 1 т нефтепродуктов расходуется 3,3 т кислорода).

Вещества N2, О2, Н2О, СО2 не оказывают влияние на организм человека, так как они не токсичны.

На организм человека влияет оксид углерода СО. Причем влияние зависит от концентрации его в воздухе: до 0,0016 % – безвредно; 0,0016–0,01 – хроническое отравление при длительном вдыхании; 0,01–0,05 – слабое отравление через 1 ч; 1 % – потеря сознания после нескольких вздохов.

В стоках концентрация загрязняющих веществ нормируется (табл. 2.3).

Таблица 2.3.**Допустимые значения концентрации веществ**

**в стоках**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Средняя концентрация в стоках, мг/л | | | Максимально  допустимая концентрация |
| дождевых | талых | моечных |
| рН | 7,75 | 8,15 | 7,75 | 6,0–9,0 |
| Взвешенные вещества | 1230 | 1645 | 700 | 0,75 |
| ХПК нефильтрованного | 470 | 562 | 400 | 15 |
| ХПК фильтрованного | 41 | – | – | – |
| БПК5 26 | 150 | – | – | – |
| БПКполн | 62 | 220 | – | 3 |
| Азот аммония | 2 | 14 | 5,2 | – |
| Азот общий | 4,9 | 34 | – | – |
| Нитраты | 0,08 | – | 0,6 | 45 |
| Нитриты | 0,0 | 0,36 | 0,3 | – |
| Фосфор общий | 1,08 | – | 0,1 | – |
| Свинец | – | 0,03 | – | – |

Примечание. рН – реакция среды, ХПК – химическая потребность в кислороде для окисления органических соединений, БПК – биохимическая потребность в кислороде для окисления органических примесей микроорганизмами в аэробных условиях; БПК5 – в течение 5 суток, БПКполн – на весь процесс до начала полного распада (нитрификации).

Оксид углерода – бесцветный горючий газ без запаха. Его токсичность обусловлена способностью соединяться с гемоглобином в крови со скоростью в 200 раз больше, чем у кислорода. Поэтому при вдыхании СО наступает резкое кислородное голодание с соответствующими биологическими последствиями.

При концентрации СО более 100 мг/м3 (в гараже при работающем двигателе или в автомобильной пробке) проявляются первые признаки отравления. В невентилируемом помещении при работе двигателя через 1–2 ч у человека наступает потеря сознания и смерть, при условии, что концентрация СО более чем 500 мл/м3.

Несмотря на то, что длительность существования СО в атмосфере до превращения в СО2 составляет от 2 месяцев до 3,5 лет, существенного увеличения концентрации СО в атмосфере не наблюдается из-за его рассеивания.

Оксиды NО, NО2 более опасны для человека, чем СО. По обычной концентрации в атмосфере их характеризуют следующим образом, %:

0,00001 – абсолютный порог воздействия;

0,0001–0,0003 – порог восприятия запаха;

0,0013 – порог разрушения слизистой оболочки носоглотки и глаз;

0,001–0,002 – образование метаглобина в крови;

0,004–0,008 – отек легких, воспаление десен;

более 0,085 – внутреннее кровоизлияние, смерть от удушья.

В момент рабочего процесса более 90 % нитрогенов имеют форму монооксида NO, который образуется при высокотемпературном окислении азота воздуха и низкотемпературном окислении азотных соединений моторного топлива, при попадании в атмосферу оксиды за 1,1–10 трансформируются в более устойчивые диоксиды (NО2).

Даже в небольшой концентрации NО2 действует на органы дыхания, образуя на слизистой оболочке азотную и азотистую кислоты.

NО2 в 41 раз опаснее СО и имеет второй класс опасности. Оксиды азота при высокой концентрации действуют на центральную нервную систему, вызывая неадекватное поведение (веселящий газ), снижается реакция, увеличивается вероятность дорожно-транспортных происшествий.

Присутствие в атмосфере оксидов азота является причиной фотохимического смога. Под действием солнечных ультрафиолетовых лучей в атмосфере происходит ряд сложных реакций и образуется туман, состоящий из серной кислоты, двуокиси азота и углеводородов. По физиологическому воздействию фотохимический смог опасен для дыхательных систем и кровеносной системы.

Двуокись серы, или сернистый газ SО2, присутствует в двигателях внутреннего сгорания в небольших количествах и в реальных условиях редко достигает предельно допустимой концентрации (1 мг/м3). Количество сернистого газа нормируется и контролируется только в выбросах дизельных двигателей. Этот газ бесцветен и имеет резкий неприятный запах. Он хорошо растворяется в воде, образуя сернистую кислоту Н2SО3. Растворы серной и сернистой кислот способствуют образованию «кислотных дождей». Осадки с рН < 5,6 считаются вредными, а при рН < 3,5 наблюдается некроз тканей растений (угнетение, затем увядание; изменяется состав воды в водоемах).

Из-за неполного сгорания топлива углеводороды (С*n*H*m*) представлены в воздухе различными низкомолекулярными соединениями: метан (СН4); пропан (С3Н14); гексан (С6Н14).

При работе двигателя в его цилиндрах имеют место пиролизные реакции, в результате чего образуются полициклические ароматические углеводороды и высокомолекулярные углеводородные соединения (альдегиды).

Альдегиды не относятся к высокотоксичным веществам, но действуют на слизистую оболочку дыхательных путей, а при высоких концентрациях – на центральную нервную систему человека, снижают чувство осторожности.

Полициклические ароматические углеводороды, такие как бензапирен (C24H12), являются опасными канцерогенами, которые стимулируют возникновение и развитие раковых заболевание. Переносчиками канцерогенных веществ являются сажа, дым и пыль от автомобильного транспорта. Они отрицательно воздействуют на человека, вызывая раздражение. Мелкие частицы (5–10 мкм) проникают в легкие, более крупные травмируют зрение.

**2.3. Транспортный шум и вибрации**

Работающие механические транспортные средства издают звуки различной частоты и интенсивности. Эта хаотическая совокупность звуков различной частоты, беспорядочно меняющихся во времени, называется шумом. Основными источниками шума являются работающий двигатель, подшипники качения, зубчатые и цепные передачи, а также неуравновешенные и вращающиеся части и др.

Воздействие транспортного шума на окружающую среду стало проблемой. Шум как физическое и физиологическое явление оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека.

В настоящее время исследование транспортного шума проводится по следующим аспектам: санитарно-гигиеническому, инженерно-техническому, архитектурно-планировочному, строительно-акустичес-кому и социально-экономическому.

С точки зрения физики шум – механические колебания, распространяющиеся в воздухе. Звуковая волна оказывает на барабанную перепонку периодическое звуковое давление и вызывает колебание перепонки, которое воспринимается слуховым нервом, передается в слуховые центры коры человеческого мозга и вызывает ощущение звука. Звук характеризуется громкостью и высотой тона. Физиологическое ощущение высоты звука и громкости определяется физическими свойствами звуковых волн – амплитудой звукового давления, частотой его изменений. Человеческое ухо оценивает не абсолютное, а относительное изменение звукового давления, поэтому введено понятие «уровень звукового давления» – 10-кратный десятичный логарифм отношения интенсивности звуковой энергии к ее пороговому значению.

При определении изменений уровней звукового давления в акустике принято пользоваться такой величиной, как децибел (дБ). Увеличение силы звука в 10 раз на слух ощущается как увеличение громкости примерно в 2 раза. Человек обладает большим диапазоном чувствительности – от 20 до 100 дБ, что соответствует изменению интенсивности звуковой энергии в 10 раз.

Уровень шума менее 55 дБА (А – корректирующий контур шумомера, отражающий субъективность восприятия шума человеком) не причиняет вреда. Шум от 55 до 60 дБА причиняет некоторые неудобства чувствительным людям; от 60 до 65 дБА вызывает крайне неприятное ощущение ночью; шум более 65 дБА причиняет существенные неудобства.

В зависимости от частоты звуковых волн выделяют инфразвук с частотой менее 16 Гц, слышимый звук от 16 Гц до 20 кГц и ультразвук больше 20 кГц.

По характеру спектра шум бывает:

– низкочастотный (менее 300 Гц);

– среднечастотный (300–800 Гц);

– высокочастотный (более 800 Гц).

Человеческое ухо обладает неодинаковой чувствительностью на разных частотах. Оно более чувствительно к средним и высоким частотам.

Различают три основных источника шума: точечные, линейные и прерывистые. Механизм эмиссии транспортного шума заключается в генерации шума двигателем автомобиля и шума качения. Дорожные и транспортные условия движения определяют параметры шума двигателя. Шум качения зависит от скорости движения автомобиля, состояния шин и покрытия автомобильной дороги.

Характер затухания звуковых волн определяется типом источника, но зависит от ряда общих и специфических факторов: расстояния от источника шума, молекулярного поглощения в воздушной среде, характера поверхности земли, наличия зеленых насаждений и экранов, темпера­турного и ветрового режимов. Сравнительная оценка разных источников шума приведена в табл. 2.4.

Таблица 2.4.**Оценка основных источников транспортного шума**

|  |  |
| --- | --- |
| Вид источника | Эквивалентный уровень шума, дБ |
| Автомобильный транспорт  (на расстоянии 7,5 м) | 77–83 |
| Легковые автомобили | 77 |
| Автобусы и грузовые автомобили | 78–83 |
| Железнодорожный транспорт  (на расстоянии 20 м) | 90–101 |
| Воздушный транспорт | 98–105 |

Шум является источником и причиной многих болезней. Он раздражает, замедляет психические реакции, нарушает обмен веществ, вызывает быстрое утомление. Чрезмерный шум ведет к избыточному образованию в артериях холестерина, что вызывает развитие атеросклероза. Как экологический фактор шум приводит к повышенной утомляемости человека, снижению умственной активности, неврозам, росту сердечно-сосудистых заболеваний, ухудшению зрения и т. д. Он является постоянным раздражителем центральной нервной системы и способен вызвать ее перенапряжение. Поэтому жители шумных районов, городов чаще страдают сердечно-сосудистыми заболеваниями (на 20 %), атеросклерозом и нарушением нервной системы (на 18–23 %). Весьма отрицательно воздействует шум на состояние сердечной системы у детей. Шумовые раздражения относятся к важным причинам расстройства сна и приводят к хронической усталости со всеми вытекающими последствиями для работоспособности и иммунитета.

В нашей республике приняты стандарты, в которых регламентированы требования к эксплуатации транспортных средств, определены санитарные нормы допускаемого шума для различных градостроительных зон. Согласно СНиП 20444–85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики», допустимый шум уличного движения во дворах жилых домов не должен превышать: днем – 50 дБ, ночью – 40 дБ. Общий уровень шума в жилых помещениях не должен превышать днем 40 дБ, а ночью – 30 дБ.

Вибрация передается человеку в момент контакта с вибрирующим объектом. Если вибрация действует на какой-то орган, то ее называют локальной, а если на весь организм – общей. Локальная вибрация действует на нервно-мышечную систему и опорно-двигательный аппарат и может привести к спазму периферических сосудов. Длительное действие общей вибрации приводит к расстройству нервной системы, нарушению функциональных свойств сосудов и вестибулярного аппарата.

Основными характеристиками вибрации являются смещение, скорость и ускорение. Различные частоты вибрации по-разному действуют на организм человека. Так, для стоящего на вибрирующей поверхности имеются два резонансных пика на частоте 5–12 Гц. При этом допустимые параметры транспортных вибраций в горизонтальных и вертикальных плоскостях различны.

**2.4. Воздействие автомобильных дорог на окружающую среду**

Дороги, как инженерное сооружение, имеют постоянный характер воздействия на окружающую среду.

С экологической точки зрения автомобильные дороги можно рассматривать как «предприятие», вытянутое в линию. Это «предприятие» выполняет транспортную работу, вырабатывает продукцию в виде перевозок и взаимодействует с окружающей средой. Степень взаимодействия зависит от расположения, геометрических параметров, транспортно-эксплуатационной характеристики и системы эксплуатации дороги.

При разработке мер по защите земляного полотна и дорожных одежд от вредных воздействий климатических, топографических, геологических, гидрологических и других природных условий было замечено, что дорога, как важное звено хозяйственной деятельности человека, оказывает влияние на природные изменения и является фактором такого изменения. Так, устройство выемок и насыпей приводит к изменению рельефа местности. Мостовые сооружения влияют на режим рек, а наличие земляного полотна изменяет условия поверхностного стока воды, дорожные сооружения могут способствовать образованию оврагов и развитию оползней. Поэтому с развитием дорожного движения возникла проблема защиты окружающей среды от отрицательного воздействия системы «дорожные условия – транспортный поток».

Автомобильные дороги влияют на места обитания живых сообществ и нарушают естественные пути миграции животных. Дороги изменяют гидрологический режим местности, так как, пересекая лес, разделяют лесные массивы. При изменении гидрологического массива происходит смена видового состава растительности вдоль дорог, снижается продуктивность леса. В результате загазованности, шума, вибрации в придорожной полосе происходит смена видов животных, имеют место генетические мутации грызунов и насекомых, обитающих в полосе отвода. При столкновении с движущимися транспортными средствами гибнут птицы и пчелы, мелкие животные (земноводные, змеи), мелкие и крупные млекопитающие становятся жертвами автотранспорта. Это происходит потому, что автомобильная дорога разрывает пути их естественной миграции.

При проектировании новых дорог и реконструкции существующих очень важно оценивать их воздействие на окружающую среду. При этом необходимо учитывать, что автомобильные дороги должны способствовать передвижению транспортных средств и обеспечивать важнейшие внутри- и межрайонные связи.

Воздействие автомобильной дороги на почву проявляется в загрязнении ее свинцом, углеводородами, солями и др.

На микроклимат и чистоту воздуха оказывают отрицательное влияние загрязнение окислами углерода СО2, азота NO2, серы SO2, озоном O3, несгорающие углеводороды и пыль (сажа, асбест, соединения свинца). Воздействие высоких насыпей и противошумных барьеров способно вызвать изменение микроклимата.

Неудовлетворительное транспортно-эксплуатационное состояние автомобильной дороги обусловливает сложные условия работы автомобилей, повышая тем самым количество выбросов при нестабильной работе двигателей, увеличивает износ автомобилей.

**2.5. Способы уменьшения загрязнения окружающей среды**

**от вредного воздействия дорожно-транспортной системы**

Количество выбросов и степень их токсичности зависит от многих факторов, в частности, от конструктивных особенностей транспортных средств, организационно-технических мероприятий (организации технического обслуживания тракторов и автомобилей, организации и регулирования дорожного движения, градостроения), погодно-климати-ческих условий и др.

*Способы борьбы* с загрязнениями воздушного бассейна можно разделить на *три группы*:

1) способы, обеспечивающие уменьшение токсичности транспорта;

2) совершенствование организации дорожного движения;

3) архитектурно-планировочные решения.

Выделяют следующие *методы снижения токсичности выбросов*:

– изменение конструкции, рабочего процесса, технологии производства и специальное регулирование двигателей внутреннего сгорания и их систем;

– применение другого вида топлива или изменение физико-химического состава;

– очистка выбросов от токсичных компонентов с помощью дополнительных устройств;

– замена традиционных двигателей новыми малотоксичными установками.

Многочисленные мероприятия по улучшению смесеобразования и обеднению смеси, дозированию и распределе­нию ее по цилиндрам электронными и электромеханическими системами впрыска топлива, модифицированные быстропрогреваемые впускные клапаны, термостатирование воздуха, гомогенизация смеси – метод первой группы.

У карбюраторных двигателей токсичность отработавших газов уменьшается при применении транзисторных систем зажигания, карбюраторов новых типов с быстродействующими заслонками, пневматическим впрыском и электронным управлением, при использовании форкамерно-факельных процессов и послойного смесеобразования; применении устройств для рециркуляции отработавших газов, измене­нии формы камеры сгорания и впрыском в нее воды, а также путем специальных регулировок состава смеси, частоты вращения холостого хода коленчатого вала двигателя, угла опережения зажигания и времени перекрытия клапанов. Вторая группа методов предусматривает применение присадок к топливам, снижение выброса свинца, серы, канцерогенных веществ, сажи и твердых частиц; перевод двигателей на водород, природный газ, пропан-бутан.

Очистка выбросов от токсичных компонентов производится с помощью нейтрализаторов различных типов и очистителей. Нейтрализаторы осуществляют физико-химическую очистку выбросов путем улавливания использованного топлива и картерных газов.

Уменьшение объемов выбросов может быть достигнуто за счет соответствующей организации транспортных потоков и оптимизации их характеристик, рациональной организации работы транспортных средств, формированием грузопотоков и оптимальной транспортной планировкой населенных пунктов.

С *загрязнением воздушного бассейна помогают бороться методы второй группы*:совершенствование организации дорожного движения (зеленая волна, оптимизация скоростных режимов, улучшение светофорного регулирования и др.), рациональная организация транспортных процессов улиц, дорог города, введение бестранспортных зон.

*Архитектурно-планировочные решения* (мероприятия третьей группы) предусматривают увеличение площадей парков и скверов, строительство новых транспортных систем, создание безостановочных автомагистралей, строительство подземных переходов, тоннелей, регулирование дорожного движения.

Одним из способов защиты человека от вредного воздействия дорожно-транспортного комплекса является создание преград между автомобильной дорогой и селитебной зоной для предотвращения широкого распространения загрязнителей. Например, создание вдоль дороги полос зеленых насаждений, которые очищают воздух от вредных воздействий, пыли и газа, снижают шум в жилых кварталах, повышают влажность воздуха в жаркие дни. За год зеленые насаждения на площади 1 га очищают 10 млн. м3 воздуха, а за 1 ч поглощают 8 кг углекислого газа, которые выдыхают за это время 200 человек.

При наличии зеленых насаждений на расстоянии 1 км от источника концентрации окиси азота его в 5 раз меньше, чем на территориях, где они отсутствуют. Содержание угарного газа на расстоянии 30–60 м от проезжей части после появления листвы на деревьях снижается в 2–2,5 раза. Установлено, что газозащитный эффект зеленых насаждений зависит от характера посадок, видового состава деревьев и кустарников, времени года. Так, наибольшей интенсивностью обладает клен серебристый.

Зеленые насаждения оказывают эстетическое и психологическое воздействие на человека, снижают нервные кризисы и переутомление.

Разные породы деревьев и кустарников обладают различной пылепоглощающей способностью. Так, запыленность березы в 2,5 раза, а хвойных пород в 30 раз больше запыленности осины. Вяз задерживает пыли в 6 раз больше, чем тополь бальзамический. Запыленность поверхности листьев (г/м2) составляет: вяз – 3,39; тополь бальзамический – 1,32; клен остролистый – 1,0; сирень венгерская – 1,61 и т. д.

Уровень шума уменьшается по мере удаления от дороги. При этом степень гашения зависит от состояния поверхности. Способ содержания и обустройства прилегающей к дороге полосы во многом определяет характер распространения шума.

Данные о влиянии зеленых насаждений на уровень загазованности приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5.**Влияние зеленых насаждений на уровень загазованности воздуха**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип посадки | Снижение уровня загазованности, % | |
| Зима | Лето |
| 1-рядная посадка деревьев | 0–5 | 7–10 |
| 2-рядная посадка деревьев с 2-рядной посадкой кустарников | 5–7 | 30–40 |
| 3-рядная посадка деревьев с 3-рядной посадкой кустарников | 10–12 | 40–50 |
| 4-рехрядная посадка деревьев с 4-рядной посадкой кустарников | 10–15 | 50–60 |

Заглубление дороги по отношению к территории уменьшает уровень шума. Типовыми средствами гашения транспортного шума являются различного рода противошумные экраны-заборы, живые изгороди, полосы древесной растительности, земляные валы, здания. К наиболее эффективным относятся заборы, земляные валы, здания (постройки).

Хорошим решением являются постройки, предназначенные под гаражи, магазины, склады, павильоны обслуживания населения и др., в которых можно допустить высокий уровень шума, а со стороны дороги предусмотреть шумозащитные окна. Дешевым и эстетическим решением можно считать зеленые полосы, но только несколько полос зеленых насаждений, объединенных в единую систему, шириной несколько десятков метров, могут обеспечить заметное снижение уровня шума (табл. 2.6). Формирование полос зеленых насаждений из деревьев высотой 7–8 м и подростом 1,5–2,0 м создает плотную стену, что, по мнению специалистов по безопасности движения, утомляет водителя, закрывает обзор окрестности.

Рекомендуется применять прозрачные экранирующие барьеры, позволяющие сохранить обзор прилегающего ландшафта.

Придорожные экранирующие сооружения иногда целесообразно выполнять в виде земляного кавальера со стенкой и защитными зелеными насаждениями. Они хорошо вписываются в ландшафт, имеют естественный вид, но из-за большой занимаемой валом территории могут иметь большую стоимость, чем защитные экраны.

Таблица 2.6.**Эффективность шумозащитных полос зеленых насаждений**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ширина  полосы, м | Характеристика шумозащитной полосы | Снижение уровня шума за полосой, дБА | | | | | |
| Интенсивность движения транспорта,  автомобилей в час | | | | | |
| 60 | 200 | 600 | 1200 | 1600 | 2000 |
| 10 | 3-рядная посадка лиственных деревьев | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 15 | 4-рядная посадка лиственных деревьев | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 15 | 4-рядная посадка хвойных деревьев | 13 | 15 | 17 | 17 | 18 | 18 |
| 20 | 5-рядная посадка лиственных деревьев | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 20 | 5-рядная посадка хвойных деревьев | 14 | 16 | 18 | 18 | 19 | 19 |
| 15 | 6-рядная посадка лиственных деревьев | 8 | 9 | 10 | 11 | 11 | 11 |

Конструкции защитных экранов могут быть разнообразные. По способу защиты они разделяются на отражающие и поглощающие. Использование отражающих экранов может ухудшать экологическую ситуацию на самом транспортном коридоре. Поглощение достигается применением определенных материалов или структурированием поверхности.

**2.6. Экологическая безопасность транспортных средств**

*Экологическая безопасность* – это свойство транспортного средства (ТС) наносить минимальный ущерб участникам дорожного движения и окружающей среде в процессе его нормальной эксплуатации. Мероприятиями по уменьшению вредного воздействия ТС на окружающую среду следует считать снижение токсичности отработавших газов и уровня шума.

Основными загрязняющими веществами при эксплуатации автотранспорта являются:

– выхлопные газы;

– нефтепродукты при их испарении;

– пыль;

– продукты истирания шин, тормозных колодок и дисков сцепления, асфальтовых и бетонных покрытий.

Особую опасность представляют загрязняющие атмосферный воздух вещества, содержащиеся в отработавших газах ТС.

К таким веществам относятся оксиды углерода (СО*х*), углеводороды (С*m*Н*n*), оксиды азота NO*x*, твердые частицы и др.

В зависимости от уровня выбросов, предусмотренного конструкцией, ТС подразделяют на шесть экологических классов категорий М и N (СТБ 1848-2009).

Экологический класс – это классификационный код, характеризующий транспортное средство в зависимости от уровня выбросов, заложенного в конструкцию транспортного средства.

Согласно ГОСТ 31286-2005, транспортные средства подразделяются на следующие категории.

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

категория M1 – транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие кроме места водителя не более восьми мест для сидения;

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

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

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

категория N1 – транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, максимальная масса которых не превышает 3,5 т;

категория N2 – транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, максимальная масса которых превышает 3,5 т, но не превышает 12 т;

категория N3 – транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, максимальная масса которых превышает 12 т.

**2.6.1. Нормы содержания загрязняющих веществ**

**в отработавших газах транспортных средств,**

**работающих на бензине**

**(СТБ 2170-2011)**

Для оценки выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах транспортных средств, работающих на бензине, измеряют содержание оксида углерода и углеводородов в отработавших газах при работе двигателя ТС в режиме холостого хода на минимальной (*n*min) и повышенной (*n*пов) частоте вращения коленчатого вала двигателя, установленных изготовителем ТС.

Минимальная частота вращения *n*min, мин–1, – установленная изготовителем частота вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода при отпущенной педали управления подачей топлива).

Повышенная частота вращения *n*пов, мин–1, – частота вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода в диапазоне от 2000 мин–1 до 0,8 номинальной частоты вращения.

Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя устанавливается изготовителем ТС для номинальной мощности.

При отсутствии данных изготовителя ТС:

значение *n*min не должно превышать:

- 1100 мин–1 для ТС категорий М1 и N1;

- 900 мин–1 для ТС остальных категорий;

значение *n*пов устанавливают в пределах:

- 2000–3500 мин–1 для ТС категорий М1 и N1;

- 2000–2 800 мин–1 для ТС остальных категорий.

Содержание оксида углерода и углеводородов (объемные доли) должно быть в пределах данных, установленных изготовителем ТС. Если эти данные отсутствуют, то содержание их не должно превышать значения, указанные в табл. 2.7.

Таблица 2.7. **Содержание оксида углерода и углеводородов в отработавших**

**газах транспортных средств, работающих на бензине**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Экологический класс ТС по  СТБ 1848 | Категория ТС | Частота  вращения | Оксид углерода (СО), объемная доля, % | Углеводороды (СН), объемная доля, млн–1 |
| 1 и ниже\* | М1, N1 | *n*min | 3,5 | 1200 |
| *n*пов | 2,0 | 600 |
| М2, М3, N2, N3 | *n*min | 3,5 | 2500 |
| *n*пов | 2,0 | 1000 |
| 2 | М1, N1 | *n*min | 1,0 | 400 |
| *n*пов | 0,6 | 200 |
| М2, М3, N2, N3 | *n*min | 1,0 | 600 |
| *n*пов | 0,6 | 300 |
| 3 | М1, N1 | *n*min | 0,5 | 100 |
| *n*пов | 0,3 |
| М2, М3, N2, N3 | *n*min | 0,5 | 200 |
| *n*пов | 0,3 |
| 4 | М1 – М3,  N1– N3 | *n*min | 0,3 | 100 |
| *n*пов | 0,2 |
| 5 | М1– М3,  N1– N3 | *n*min | 0,15 | 100 |
| *n*пов | 0,1 |

\*ТС, для которых экологический класс не установлен.

Примечание. Для ТС экологических классов 3–5 при достижении пробега 150 000 км и более значения могут быть увеличены на 20 %.

Для ТС с пробегом до 3 000 км значения оксида углерода и углеводорода установлены в руководстве (инструкции) по эксплуатации ТС.

Системы, агрегаты, сборочные единицы и детали ТС, влияющие на выброс загрязняющих веществ, должны быть сконструированы, изготовлены и установлены таким образом, чтобы выбросы ТС не превышали установленных норм в период всего срока эксплуатации ТС при условии соблюдения правил эксплуатации и технического обслуживания, указанных в прилагаемом к ТС руководстве (инструкции) по эксплуатации.

При наличии у ТС раздельной системы выпуска отработавших газов измерения следует проводить в каждой из выпускных труб. При выявлении повышенного содержания оксида углерода или углеводородов в отработавших газах хотя бы в одной выпускной трубе ТС считается технически неисправным.

**2.6.2. Нормы содержания загрязняющих веществ**

**в отработавших газах транспортных средств, работающих**

**на газовом топливе или бензине и газовом топливе**

**(СТБ 2170-2011)**

Для оценки выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах транспортных средств, работающих на газовом топливе, измеряют содержание оксида углерода и углеводородов в отработавших газах.

В качестве топлива может использоваться сжиженный природный газ (СПГ) или сжиженный нефтяной газ (СНГ).

Содержание оксида углерода и углеводородов в отработавших газах измеряют при работе двигателя в режиме холостого хода на минимальной (*n*min) и повышенной (*n*пов) частоте вращения, установленных изготовителем ТС.

Содержание нормируемых загрязняющих веществ должно быть в пределах данных, установленных изготовителем ТС. Если эти данные неизвестны, то их содержание не должно превышать значения, указанные в табл. 2.8.

Для ТС с пробегом до 3000 км значения оксида углерода и углеводорода установлены в руководстве (инструкции) по эксплуатации ТС.

Системы, агрегаты, сборочные единицы и детали ТС, влияющие на выброс загрязняющих веществ, должны быть сконструированы, изготовлены и установлены таким образом, чтобы выбросы ТС не превышали установленных норм в период всего срока эксплуатации ТС при условии соблюдения правил эксплуатации и технического обслуживания, указанных в прилагаемом к ТС руководстве (инструкции) по эксплуатации.

Таблица 2.8. **Содержание оскида углерода и углеводородов в отработавших**

**газах ТС, работающих на газовом топливе**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Комплектация ТС | Вид  топлива | Рабочий объем двигателя, л | Частота вращения | Оксид углерода (СО), объемная доля, % | Углеводороды (СН), объемная доля,  млн–1 |
| ТС, не оборудованные системой нейтрализации отработавших газов | CНГ | Менее 3 | *n*min | 3,0 | 1000 |
| *n*пов | 2,0 | 600 |
| 3 и более | *n*min | 3,0 | 2200 |
| Год выпуска ТС  до 2000 | СПГ | Менее 3 | *n*пов | 2,0 | 900 |
| *n*min | 3,0 | 800 |
| *n*пов | 2,0 | 500 |
| CНГ | 3 и более | *n*min | 3,0 | 2000 |
| Год выпуска ТС после 2001 | CНГ | Менее 3 | *n*пов | 2,0 | 850 |
| *n*min | 3,0 | 1000 |
| *n*пов | 2,0 | 600 |
| 3 и более | *n*min | 3,0 | 2200 |
| *n*пов | 2,0 | 900 |
| СПГ | Менее 3 | *n*min | 2,0 | 700 |
| *n*пов | 1,5 | 400 |
| 3 и более | *n*min | 2,0 | 1800 |
| *n*пов | 1,5 | 750 |
| ТС, оборудованные системой нейтрализации отработавших газов | СНГ  СПГ | Менее 3 | *n*min | 0,5 | 100 |
| *n*пов | 0,3 | 100 |
| СНГ  СПГ | 3 и более | *n*min | 1,0 | 600 |
| *n*пов | 0,6 | 300 |

Выбросы ТС, которые работают на газовом топливе, но имеют работающую на бензине систему питания двигателя, предназначенную только для целей запуска двигателя (объем бака для бензина не более 15 л), проверяют при работе на газовом топливе.

Выбросы ТС, которые работают на двух видах топлива (бензин и газовое топливо), проверяют при работе на каждом из видов топлив. Выбросы ТС не должны превышать значения, установленные в табл. 2.7 при работе на бензине, и значения, установленные в табл. 2.8 при работе на газовом топливе.

При обнаружении повышенного содержания оксида углерода или углеводородов в отработавших газах хотя бы на одном из проверяемых режимов или хотя бы в одной выпускной трубе (при наличии раздельной системы выпуска отработавших газов) ТС считается технически неисправным.

**2.6.3. Нормы дымности транспортных средств, оснащенных**

**двигателем с воспламенением от сжатия (СТБ 2169-2011)**

*Дымность* (выброс видимых загрязняющих веществ отработавших газов транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от cжaтия) характеризуется коэффициентом поглощения света *k*. Этот коэффициент нормируется.

Для измерения коэффициента поглощения света *k* применяют прибор, называемый дымометром.

Коэффициент поглощения света *k*, м–1,– это величина, обратная толщине слоя отработавших газов, проходя который, поток излучения от источника света дымомера ослабляется в *е* раз.

При проверке дымности ТС используют следующие термины и определения:

максимальная частота вращения *n*mах, мин–1,– ограниченная регулятором частота вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода при нажатой до упора педали управления подачей топлива (далее – педали);

минимальная частота вращения *n*min, мин–1, – установленная изготовителем частота вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода при отпущенной педали;

предельно допустимое значение коэффициента поглощения *KL*, м–1, максимальное значение коэффициента поглощения света в режиме свободного ускорения, установленное для ТС;

свободное ускорение – увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя транспортного средства от минимальной до максимальной частоты вращения в режиме холостого хода при перемещении педали до упора;

пробоотборная система – устройство для подачи отработавших газов из выпускной трубы ТС в измерительную камеру дымомера;

режим холостого хода – режим работы двигателя без внешней нагрузки.

Дымность ТС не должна превышать предельно допустимое значение коэффициента поглощения *KL*, значение которого может быть установлено изготовителем или указано в:

* сообщении об официальном утверждении типа двигателя;
* знаке официального утверждения, нанесенном на двигатель или ТС в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 24;
* сертификате соответствия двигателя или его эксплуатационной документации.

В случае отсутствия информации о значении предельно допустимого коэффициента поглощения *KL* для конкретного двигателя или ТС дымность не должна превышать значения, приведенные в табл. 2.9.

Дымность ТС, которые работают на двух видах топлива (дизельном и газовом), проверяют при работе на дизельном топливе.

Дымность ТС, которые работают на газовом топливе, но имеют работающую на дизельном топливе систему, предназначенную только для целей запуска двигателя (объем бака для дизельного топлива не более 15 л), не проверяют.

Дымность гибридных электромобилей проверяют в порядке, указанном в руководстве по эксплуатации ТС.

Для ТС экологических классов 3–6 при достижении пробега 150 000 км и более значения могут быть увеличены на 20%.

Дымность ТС, которые работают на двух видах топлива (дизельном и газовом), проверяют на дизельном топливе.

Дымность ТС, которые работают на газовом топливе, но имеют работающую на дизельном топливе систему, предназначенную только для целей запуска двигателей (объем бака для дизельного топлива не более 15 л), не проверяют.

Таблица 2.9. **Нормы дымности ТС, на которых установлены двигатели**

**с воспламенением от сжатия**

|  |  |
| --- | --- |
| Экологический класс ТС по СТБ 1848 | Дымность по предельно допустимому коэффициенту поглощения *К*, м–1  не более |
| 1 и ниже\* | 2,5 (3,0)\*\* |
| 2 | 1,2 (1,6)\*\* |
| 3 | 0,8 |
| 4 | 0,5 |
| 5 | 0,5 |
| 6 | 0,15 |

\*ТС, для которых экологический класс не установлен.

\*\*Значения в скобках приведены для двигателей с наддувом.

Дымность гибридных электромобилей проверяют в порядке, указанном в руководстве по эксплуатации ТС.

Системы, агрегаты, сборочные единицы и детали ТС, влияющие на дымность, должны быть сконструированы, изготовлены и установлены таким образом, чтобы дымность ТС не превышала установленных норм в период всего срока эксплуатации ТС при условии соблюдения правил эксплуатации технического обслуживания, указанных в прилагаемом к ТС руководстве (инструкции) по эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О дорожном движении. Закон Респ. Беларусь, 5 янв. 2008 г., № 313-З // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 14. – 2/1410.

2. Комментарий к Правилам дорожного движения: согласовано с Управлением ГАИ МВД Республики Беларусь / В. В. Бируля [и др.] – Минск: Тонпик, 2009. – 560 с.

3. Афанасьев, Л. Л. Конструктивная безопасность автомобиля: учеб. пособие / Л. Л. Афанасьев, А. Б. Дьяков, В. А. Иларионов. – Москва: Машиностроение, 1983. – 212 с.

4. Амбарцумян, В. В. Системный анализ проблем обеспечения безопасности дорожного движения / В. В. Амбарцумян, В. С. Шкрабак, В. И. Сараев. – Санкт-Петербург: Изд-во СПГАУ, 1999. – 352 с.

5. Амбарцумян, В. В. Безопасность дорожного движения. – Москва: Машиностроние, 1997. – 288 с.

6. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – Москва: Транспорт, 1993. – 271 с.

7. Автомобили / А. А. Богатырев [и др.]; под ред. А. В. Богатырева. – Москва: Колос, 2008. – 592 с.

8. Бершадский, В. Ф. Безопасность движения автомобиля: учеб. пособие / В. Ф. Бершадский, Н. И. Дудко. – Минск: Ураджай, 2001. – 99 с.

9. Боровский, Б. Е. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б. Е. Боровский. – Ленинград: Лениздат, 1984. – 304 с.

10. Гришкевич, А. И. Автомобили. Теория: учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Минск: Вышэйш. шк., 1986. – 208 с.

11. Дудко, Н. И. Безопасность движения тракторов и автомобилей: учеб. пособие / Н. И. Дудко, В. Ф. Бершадский, В. И. Дудко. – Минск: Дизайн ПРО, 2003. – 256 с.

12. Коноплянко, В. И. Организация и безопасность дорожного движения: учебник для вузов / В. И. Коноплянко. – Транспорт, 1991. – 183 с.

13. Котик, М. А. Психология и безопасность / М. А. Котик. – Таллин: Валгус, 1981. – 252 с.

14. Литвинов, А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А. С. Литвинов. – Москва: Машиностроение. 1987. 288 с.

15. Литвинов А. С. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств: учебник / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 240 с.

16. Основы теории безаварийной эффективности автомобиля: монография / А. А. Лопарев [и др.]. – Киров, 2011. – 103 с.

17. Мельников, А. А. Управление техническими объектами автомобилей и тракторов. Системы электроники и автоматики: учеб. пособие / А. А. Мельников. – Москва: Издат. центр «Академия», 2003. – 376 с.

18. Петровский, А. В. Психология: учебник / А. В. Петровский, М. Г. Ярошевский. – 2-е изд. стер. – Москва: Издат. центр «Академия», 2000. – 512 с.

19. Туревский, И. С. Теория автомобиля: учеб. пособие / И. С. Туревский. – Москва: Высш. шк., 2005. – 240 с.

20. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей: учеб пособие / В. П. Тарасик, М. П. Бренч. – Минск: Новое знание, 2004. – 400 с.

|  |  |
| --- | --- |
| СОДЕРЖАНИЕ | |
| ВВЕДЕНИЕ……………………………………………………………………………….. | 3 |
| 1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЯ………………………….. | 6 |
| 1.1. Общие положения………………………………………………………………….. | 6 |
| 1.2. Активная безопасность транспортных средств………………………………….. | 8 |
| 1.3. Габаритные и массовые параметры транспортных средств…………………….. | 9 |
| 1.4. Силы, действующие на транспортное средство………………………………….. | 17 |
| 1.5. Тормозная динамика транспортного средства…………………………………… | 44 |
| 1.5.1. Роль тормозов в управлении транспортным средством……………………. | 55 |
| 1.6. Устойчивость транспортного средства…………………………………………… | 67 |
| 1.6.1. Влияние бокового наклона кузова на устойчивость транспортного  средства………………………………………………………………………………. | 79 |
| 1.7. Управляемость транспортного средства…………………………………………. | 83 |
| 1.7.1. Рулевое управление и подвеска. Углы установки управляемых колес…….. | 95 |
| 1.7.2. Техника управления транспортным средством……………………………… | 105 |
| 1.8. Проходимость транспортного средства…………………………………………. | 109 |
| 1.9. Маневренность транспортного средства………………………………………… | 112 |
| 1.10. Плавность хода транспортного средства………………………………………. | 113 |
| 1.10.1. Влияние шин на плавность хода транспортного средства. Конструкция шин………………………………………………………………………………….… | 114 |
| 1.11. Информативность транспортного средства…………………………………….. | 130 |
| 1.12. Пассивная безопасность транспортных средств……………………………….. | 137 |
| 1.13. Послеаварийная безопасность транспортных средств……………………….… | 140 |
| 2. ЭКОЛОГИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ…………………………. | 141 |
| 2.1. Влияние механических транспортных средств на окружающую среду………. | 141 |
| 2.2. Токсические вещества отработавших газов……………………………………… | 142 |
| 2.3. Транспортный шум и вибрации…………………………………………………… | 150 |
| 2.4. Воздействие автомобильных дорог на окружающую среду……………………. | 153 |
| 2.5. Способы уменьшения загрязнения окружающей среды от вредного  воздействия дорожно-транспортной системы………………………………………… | 154 |
| 2.6. Экологическая безопасность транспортных средств…………………………… | 158 |
| 2.6.1. Нормы содержания загрязняющих веществ в отработавших газах  транспортных средств, работающих на бензине (СТБ 2170-2011)……………… | 159 |
| 2.6.2. Нормы содержания загрязняющих веществ в отработавших газах  транспортных средств, работающих на газовом топливе или бензине  и газовом топливе (СТБ 2170-2011)…………………………………………………. | 161 |
| 2.6.3. Нормы дымности транспортных средств, оснащенных двигателем  с воспламенением от сжатия (СТБ 2169-2011)……………………………………. | 163 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……………………………………………………. | 165 |

Учебное издание

**Дудко** Николай Иванович

**Петровец** Владимир Романович

ПРАВИЛА И БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

КОНСТРУКТИВНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т. П. Рябцева*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Корректор *Н. С. Кириленко*

Подписано в печать 23.05.2018. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 9,76. Уч.-изд. л. 8,03.

Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.