

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова

Е. А. Новописный

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Учебное пособие

Белгород
2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова

Е. А. Новописный

Безопасность транспортных средств

*Утверждено ученым советом университета в качестве учебного пособия
для студентов направления подготовки 23.03.01 - Технология транспортных процессов*

Белгород
2019

УДК 656.13
ББК 39.33-01
Н74

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова *А. А. Романович*
Эксперт Областного государственного автономного учреждения Центра экспертизы на автомобильном транспорте "Белгородцентравто", кандидат технических наук *В. С. Шатерников*

Новописный, Е. А.

Н74 Безопасность транспортных средств: учеб. пособие /
Е. А. Новописный. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 90 с.

В учебном пособии приведены сведения о составляющих безопасности транспортных средств и, в первую очередь, активной безопасности. Уделено внимание тяговой и тормозной динамичности автомобиля, рассмотрены условия обеспечения его устойчивости и управляемости в различных дорожных ситуациях.

Учебное пособие предназначено для студентов направления подготовки 23.03.01 - Технология транспортных процессов.

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 656.13
ББК 39.33-01

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Активная безопасность транспортных средств.....	8
1.1. Эксплуатационные свойства автомобиля.....	8
1.2. Виды дорожно-транспортных происшествий и обеспечение безопасности движения.....	11
1.3. Тяговая динамичность автомобиля.....	20
1.3.1. Внешняя скоростная характеристика двигателя внутреннего сгорания.....	20
1.3.2. Взаимодействие колеса с дорогой.....	24
1.3.3. Тяговая сила на колёсах автомобиля.....	28
1.3.4. Сопротивление движению автомобиля.....	30
1.3.5. Уравнение движения автомобиля.....	34
1.4. Тормозная динамичность автомобиля.....	37
1.4.1. Измерители и показатели тормозной динамичности.....	38
1.4.2. Путь и продолжительность (время) торможения.....	41
1.4.3. Нормативы тормозной динамичности автомобилей.....	45
1.4.4. Пути повышения тормозной динамичности.....	47
Вопросы для самопроверки.....	52
2. Устойчивость автомобиля.....	54
2.1. Курсовая устойчивость.....	54
2.2. Поперечная устойчивость.....	56
2.3. Устойчивость переднего и заднего мостов.....	61
2.4. Продольная устойчивость.....	63
Вопросы для самопроверки.....	66
3. Управляемость транспортных средств.....	67
3.1. Динамический коридор автомобиля.....	67
3.2. Управляемость автомобиля.....	72
Вопросы для самопроверки.....	75
ИТОГОВЫЙ ТЕСТ.....	76
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	83
Приложение 1. Карточка учёта столкновения транспортных средств.....	83
Приложение 2. Карточка учёта наезда на пешехода.....	85
Приложение 3. Значения коэффициентов сцепления.....	87
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	89

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт играет важную роль в экономике любой страны. Его основной задачей является обеспечение передвижения пассажиров, как между отдельными городами, так и странами, а также перемещение товаров от грузоотправителей к грузополучателям. Большая роль автомобильного транспорта на транспортном рынке страны обусловлена его специфическими особенностями - преимуществами перед другими видами транспорта, которые заключаются в следующем:

- высокая маневренность и подвижность, позволяющие быстро сосредоточить транспортные средства в необходимом количестве и в нужном месте;

- способность обеспечивать доставку "от двери до двери" без дополнительных перевалок и пересадок в пути следования;

- высокая скорость доставки и обеспечение сохранности грузов, особенно при перевозках на короткие расстояния;

- широкая сфера применения по видам грузов, системам сообщения и расстояниям перевозки;

- необходимость меньших капиталовложений в строительство автодорог при малых потоках грузов и пассажиров (при крупных они приближаются к стоимости железнодорожного строительства).

Наиболее эффективной сферой использования автомобильного транспорта являются короткопребные перевозки. Средняя дальность перевозки 1 т груза составляет 20—24 км. В этой связи доля автомобильного транспорта в суммарном грузообороте составляет около 6%.

Большая мобильность, удобство перемещения и способность быстро реагировать на изменения спроса пассажиров позволяют транспорту часто быть вне конкуренции при пассажирских перевозках на местных линиях. Средняя дальность поездки одного пассажира составляет 9 км. Автобусы перевозят более 60% пассажиров во многих городах России, а в некоторых из них и в сельской местности — 100%.

Автомобильный транспорт обеспечивает главным образом внутрирайонные перевозки грузов и пассажиров, осуществляет централизованные перевозки от железнодорожных станций и портов и обратно. Особенно широко используется автотранспорт в горнорудной промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и торговле.

К недостаткам автомобильного транспорта можно отнести:

- высокая себестоимость перевозок (в десятки раз выше, чем на железнодорожном, водном и других видах транспорта);

- высокий уровень загрязнения окружающей среды;

- большая трудоемкость (на автотранспорте занято 3/4 всех работающих на транспорте);
- низкий уровень производительности труда вследствие малой средней грузоподъемности автомобилей;
- большие металлоемкость и энергоемкость.

Самым значительным недостатком автомобильного транспорта является дорожно-транспортный травматизм.

Первое в истории дорожно-транспортное происшествие (ДТП), зарегистрированное с участием автомобиля (причем это был электромобиль), произошло 30 мая 1896 года в Нью-Йорке: Генри Уэлс на своем транспортном средстве столкнулся с велосипедом Эвелина Томаса, который отделался переломом ноги. Первое в истории ДТП, повлекшее за собой смерть пешехода, произошло в 1899 году в том же городе: такси сбило Генри Блесса.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, в мире ежегодно в дорожных авариях погибают 1,2 млн человек и около 50 млн получают травмы. Каждая смерть, ранение или увечье в ДТП глубоко воздействует на целый ряд других лиц, включая родственников и друзей. В мировом масштабе миллионы людей переживают смерть или инвалидность членов семей в результате дорожно-транспортных происшествий. Невозможно определить стоимость каждого случая людских жертв и страданий, суммировать их и вывести цифру, которая отражает глобальные социальные издержки дорожно-транспортных происшествий и травматизма.

Экономические издержки дорожных происшествий и травматизма оцениваются в 1% валового национального продукта в странах с низким доходом, 1,5% в странах со средним доходом и 2% в странах с высоким доходом. Общие издержки в мире оцениваются в 518 млрд долл. США в год.

Дорожно-транспортный травматизм ложится тяжелым бременем не только на глобальную и национальные экономики, но также и на семейные финансы. Многие семьи попадают в тиски глубокой нищеты в связи с утратой кормильца и дополнительным бременем заботы за ставшими инвалидами членами их семей в результате дорожных происшествий.

Тем самым проблема аварийности на дорогах носит глобальный характер. Прогнозы показывают, что эти цифры увеличатся примерно на 65% за последующие 20 лет, если своевременно не будут разработаны и внедрены мероприятия, направленные на повышение безопасности дорожного движения.

В Соединенных Штатах около 30 лет назад *William Haddon Jr.* описал дорожный транспорт как плохо сконструированную систему «человек-машина», требующую всеобъемлющей системной обработки. Он представил то, что ныне известно, как матрица Хэддона, иллюстрирующая

взаимодействия трех факторов: человека, транспортного средства и окружающей среды в течение трех фаз: предаварийной, аварийной и поставарийной. Полученная в результате этого матрица Хэддона из 9 блоков моделирует динамическую систему, в которой каждый блок матрицы дает возможности для принятия мер в целях сокращения дорожно-транспортного травматизма (рис. 1).

ФАЗЫ		ФАКТОРЫ		
		ЧЕЛОВЕК	ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ОБЩИЕ УСЛОВИЯ	
До ДТП	Предупреждение ДТП	Информация Отношение Ущерб Работа полиции по обеспечению выполнения закона	Пригодность к эксплуатации Освещение Тормоза Управление Контроль скорости	Конструкция дорог и их расположение Ограничение скорости Возможности для пешеходов
ДТП	Предупреждение травм во время ДТП	Использование защитных средств Ущерб	Защита пассажиров Другие устройства безопасности Конструкция, обеспечивающая защиту в случае ДТП	Обустройство дорог, обеспечивающее защиту при ДТП
После ДТП	Сохранение жизни	Навыки в оказании первой помощи Доступ к медицинской помощи	Доступность Пожароопасность	Службы оказания помощи Скопление транспорта

Рис. 1. Матрица Хэддона

Эта работа позволила добиться существенного прогресса в понимании факторов, связанных с поведением, дорогой и транспортным средством, которые влияют на число жертв и тяжесть травм. На основе идей Хэддона «системный» подход преследует цель выявить и уточнить основные источники ошибок или проектных слабостей, которые способствуют фатальным или вызывающим тяжелые травмы авариям, а также снизить тяжесть и последствия травматизма, благодаря:

- сокращению подверженности риску;
- предупреждению случаев дорожно-транспортных происшествий;

- снижению тяжести травм в случае аварий;
- облегчению последствий травм благодаря улучшению поставарийной помощи.

Данные из некоторых стран с большим числом автомобилей показывают, что комплексный подход к дорожной безопасности приводит к заметному снижению числа летальных исходов и тяжелых травм, однако практическая реализация системного подхода остается наиболее важной проблемой для разработчиков политики и специалистов в области дорожной безопасности.

С другой стороны, безопасность дорожного движения складывается из четырех взаимодействующих частей: человек, автомобиль, дорога и среда (ЧАДС).

Из элементов системы ЧАДС наибольшей потенциальной опасностью обладает транспортное средство. Созданный для передвижения с высокой скоростью автомобиль представляет собой источник повышенной опасности.

Введено понятие конструктивной безопасности автомобиля как свойства предотвращать ДТП, снижать тяжесть его последствий и не причинять вреда людям и окружающей среде.

Конструктивная безопасность автомобиля делится на следующие составляющие: активная, пассивная, послеаварийная и экологическая.

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

Пассивная безопасность - свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП. Пассивная безопасность проявляется в период, когда водитель, несмотря на принятые меры безопасности, не может изменить характер движения автомобиля и предотвратить ДТП.

Послеаварийная безопасность - свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП после его остановки. Это свойство характеризуется возможностью быстро ликвидировать последствия происшествия и предотвращать возникновение новых аварийных ситуаций.

Экологическая безопасность - свойство автомобиля, позволяющее уменьшать вред, наносимый участникам движения и окружающей среде в процессе его нормальной эксплуатации.

Несмотря на то, что в дальнейшем указанные виды безопасности будут рассматриваться отдельно, все они взаимосвязаны, влияют друг на друга, и иногда трудно провести четкую границу между отдельными видами безопасности.

Так, например, хорошая тормозная система, позволяющая остановить автомобиль на коротком расстоянии, повышает вероятность

предотвращения ДТП, улучшая активную безопасность автомобиля. Кроме того, чем эффективнее тормозная система, тем большее замедление автомобиля она обеспечивает на том же расстоянии. Следовательно, если даже не удастся предотвратить наезд или столкновение, то вероятная тяжесть последствий ДТП все же будет меньше, т.е. повысится пассивная безопасность. Замки автомобильных дверей должны выдерживать большие перегрузки, не открываясь, чтобы предотвратить выпадение пассажиров при ДТП (пассивная безопасность). Вместе с тем они не должны заклиниваться и препятствовать эвакуации пострадавших из автомобиля (послеаварийная безопасность). Взаимосвязь различных видов безопасности и противоречивость требований, предъявляемых к конструкции автомобиля, вынуждают конструкторов и технологов принимать компромиссные решения.

1. АКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Началом изучения вопросов движения автомобиля в России можно считать создание в 1905 г. известным русским учёным Н.Е. Жуковским теории качения колеса, кроме того, им же изучалось движение колеса на повороте.

Дальнейшие исследования в этой области связаны с созданием в 1920 г. Научного автотракторного института (НАМИ), который в 1931-1946 гг. носил название Научного автотракторного института (НАТИ). Возглавил руководство этого института Н.Р. Брилинг, занимавшийся разработкой двигателя внутреннего сгорания.

Значительный вклад в развитие теории движения автомобиля внёс академик АН СССР Е.А. Чудаков, написавший книгу «Теория автомобиля», ставшую классическим произведением.

Последующее решение вопросов динамики автомобилей осуществлено в работах Зимелева Г.В. (занимался изучением тяговой динамики автомобиля), Певзнера Я.М. (исследование заноса автомобиля, движения на повороте), Бухарина Н.А. (изучение тормозной динамики), Яковлева Н.А. (исследование движения автопоездов).

1.1. Эксплуатационные свойства автомобиля

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

Основными эксплуатационными свойствами автомобиля являются: динамичность, топливная экономичность, управляемость, устойчивость, проходимость, плавность хода, вместимость, прочность, долговечность,

приспособленность автомобиля к техническому обслуживанию и ремонту, приспособленность к погрузочно-разгрузочным операциям.

Под **динамичностью** автомобиля понимают его свойство перевозить грузы и пассажиров с максимально возможной средней скоростью при заданных дорожных условиях. Чем лучше динамичность автомобиля, тем меньше время, затрачиваемое на перевозку, следовательно, тем больше производительность автомобиля, т.е. больше количество грузов или пассажиров, перевезенных на определенное расстояние в единицу времени, больше прибыли получают автотранспортные предприятия за выполненную работу. Динамичность автомобиля зависит от его тяговых и тормозных свойств.

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

Управляемость автомобиля - это свойство изменять направление движения изменением положения управляемых колес. От управляемости в большей степени зависит безопасность движения автомобиля.

Под **устойчивостью** автомобиля понимают его свойство противостоять заносу, скольжению и опрокидыванию. Особенно важна устойчивость автомобиля при работе на скользких дорогах и при движении с большими скоростями.

Проходимость автомобиля - это свойство автомобиля работать в тяжелых дорожных условиях и вне дорог (снежная целина, песок, размокший грунт, болотистая местность). Проходимость имеет важное значение для автомобилей, работающих в сельском хозяйстве, лесной промышленности, на строительстве, в карьерах, и других автомобилей, которые работают главным образом по бездорожью.

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

Вместимость автомобиля характеризуется количеством грузов или числом пассажиров, которое может быть одновременно перевезено автомобилем. Вместимость грузового автомобиля зависит от его грузоподъемности и внутренних размеров кузова. Вместимость пассажирского автомобиля определяется количеством мест для проезда.

Прочность автомобиля - это свойство автомобиля работать без поломок и других неисправностей, для устранения которых необходимы перерывы в работе.

Долговечностью автомобиля называют его свойство работать без интенсивного изнашивания деталей, вызывающего прекращение эксплуатации.

Приспособленность автомобиля к техническому обслуживанию и ремонту характеризует конструктивные особенности автомобиля, от которых зависит простота и трудоемкость выполнения этих работ, а также время простоя автомобиля. При больших затратах на техническое обслуживание и ремонт повышается себестоимость перевозок.

Приспособленность автомобиля к погрузочно-разгрузочным работам - это свойство, обеспечивающее погрузку и разгрузку (или посадку и высадку пассажиров) с минимальной затратой времени и труда.

Перечисленные эксплуатационные свойства можно разделить на две группы. К первой группе относятся первые шесть свойств (динамичность, топливная экономичность, управляемость, устойчивость, проходимость и плавность хода), которые связаны с движением автомобиля и в той или иной степени определяют закономерности этого движения. Эксплуатационные свойства второй группы (вместимость, прочность, долговечность, приспособленность к техническому обслуживанию, ремонту и погрузочно-разгрузочным работам) на движение автомобиля не оказывают влияние.

Конструктивная сложность автомобиля и многообразие требований, предъявляемых к нему, не позволяют оценить его свойства одним универсальным критерием.

Каждое эксплуатационное свойство зависит от трех факторов: общих параметров автомобиля, особенностей рабочих процессов его агрегатов и технического состояния последних.

Для оценки эксплуатационных свойств применяют измерители и показатели.

Под *измерителями* понимается единица измерения эксплуатационного свойства автомобиля. Измеритель характеризует эксплуатационные свойства с качественной стороны.

Показатель - это число, указывающее величину измерителя, его количественное значение. Показатель позволяет оценить эксплуатационное свойство автомобиля лишь при одном, частном сочетании условий его работы. Чаще всего показатель характеризует предельные возможности автомобиля в определенных условиях. Показатели эксплуатационных свойств можно определять экспериментальным путем или расчетным способом.

Увеличение количества транспортных средств (ТС) на дорогах и улицах городов, повышение их динамических свойств и совершенствование конструктивных элементов приводит к необходимости комплексного изучения всех факторов, влияющих на безопасность автомобиля. Это послужило к рассмотрению конструктивной безопасности

автомобиля как особого его эксплуатационного свойства и обобщающего понятия.

1.2. Виды дорожно-транспортных происшествий и обеспечение безопасности движения

Ежегодно в Российской Федерации в результате ДТП погибают или получают ранения свыше 275 тыс. человек. Размер социально-экономического ущерба от ДТП и их последствий только за 2004-2010 годы оценивается в 7326,3 млрд рублей, что можно сопоставить с расходами консолидированного бюджета Российской Федерации в 2011 году на финансирование социальной политики (7453,3 млрд рублей).

Обеспечение безопасности дорожного движения является составной частью национальных задач обеспечения личной безопасности, решения демографических, социальных и экономических проблем, повышения качества жизни, содействия региональному развитию.

С целью снижения показателей аварийности на улицах и дорогах разработана федеральная целевая программа "Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах". Ее основными задачами является:

- создание системы пропаганды с целью формирования негативного отношения к правонарушениям в сфере дорожного движения;
- формирование у детей навыков безопасного поведения на дорогах;
- повышение культуры вождения;
- развитие современной системы оказания помощи пострадавшим в ДТП;
- повышение требований к подготовке водителей на получение права на управление ТС и требований к автошколам, осуществляющим такую подготовку.

Предполагается, что данные мероприятия позволят сократить:

- смертность в результате ДТП, в том числе детей, к 2020 году на 28,82% по сравнению с 2012 годом;
- социальный риск к 2020 году на 30,5% по сравнению с 2012 годом;
- транспортный риск к 2020 году на 36,7% по сравнению с 2012 годом.

Согласно стандартам, общепринятым в международной практике, уровень безопасности дорожного движения в той или иной стране определяется, прежде всего, количеством погибших в дорожно-транспортных происшествиях (*road fatalities*), а также рядом производных (приведенных) показателей. Используются также многие другие показатели макроскопического уровня (по стране в целом), в том числе – количество пострадавших, общее количество и тяжесть последствий ДТП. Для сравнительного анализа состояния безопасности дорожного движения (БДД) в странах мира используют показатели, приведенные к численности

населения, численности парка автомобилей и (или) объему транспортной работы, оценивается т.н. социальный риск (число лиц, погибших в ДТП, на 100 тыс. населения) и транспортный риск (число лиц, погибших в ДТП, на 10 тыс. ТС).

Для систематизации сведений о ДТП в соответствии с требованиями приказа Росстата от 07.12.2017 N 810 "Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством внутренних дел Российской Федерации федерального статистического наблюдения за состоянием безопасности дорожного движения" и приказа Росстата от 21.05.2014 № 402 "Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством внутренних дел Российской Федерации федерального статистического наблюдения о дорожно-транспортных происшествиях" утверждены формы федерального статистического наблюдения "Сведения о состоянии безопасности дорожного движения" и "Сведения о дорожно-транспортных происшествиях".

"Сведения о состоянии безопасности дорожного движения" содержат данные, характеризующие количество нарушителей правил дорожного движения и эксплуатации транспортных средств, а также число граждан, получивших водительские удостоверения на право управления автотранспортными средствами, и автотранспортных средств и прицепов к ним, стоящих на учёте, которые к тому же разделены на экологические классы и по годам эксплуатации.

В "Сведениях о дорожно-транспортных происшествиях" указываются данные по каждому виду ДТП, кроме того, приведена систематизация показателей аварийности по дням недели и по времени суток, а также отражены сведения о пострадавших.

Анализ данных основных показателей аварийности в Российской Федерации за последние 10 лет свидетельствует, что наибольшие значения числа ДТП, погибших и раненых приходятся на 2012-2013 годы. Наименьшие значения абсолютных показателей ДТП наблюдаются в 2018 году (рис. 2).

За рассматриваемый период показатели аварийности изменяются неравномерно, таким образом, можно условно выделить 3 периода:

- 1) 2010-2011 годы - снижение числа раненых и количества ДТП, но увеличение числа погибших;
- 2) 2012-2013 годы - повышение показателей, достижение максимальных значений за рассматриваемый период;
- 3) 2014-2018 годы – снижение показателей аварийности.

Сложившийся на настоящий момент уровень транспортных рисков в Российской Федерации (рис. 3) соответствует уровню развитых стран в первой половине XX в., что позволяет отнести нашу страну по уровню обеспечения безопасности дорожного движения к странам с максимальным уровнем смертности в ДТП (RS-10).

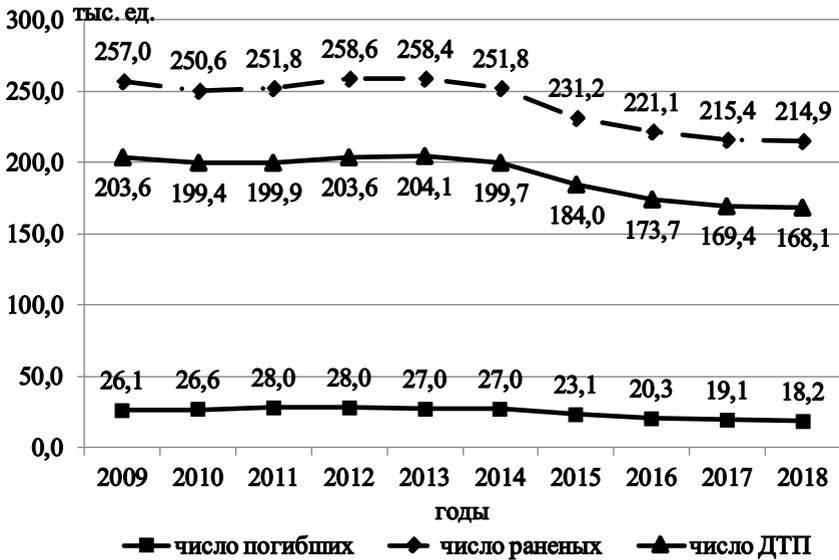


Рис. 2. Абсолютные показатели аварийности в Российской Федерации (2009-2018 годы)

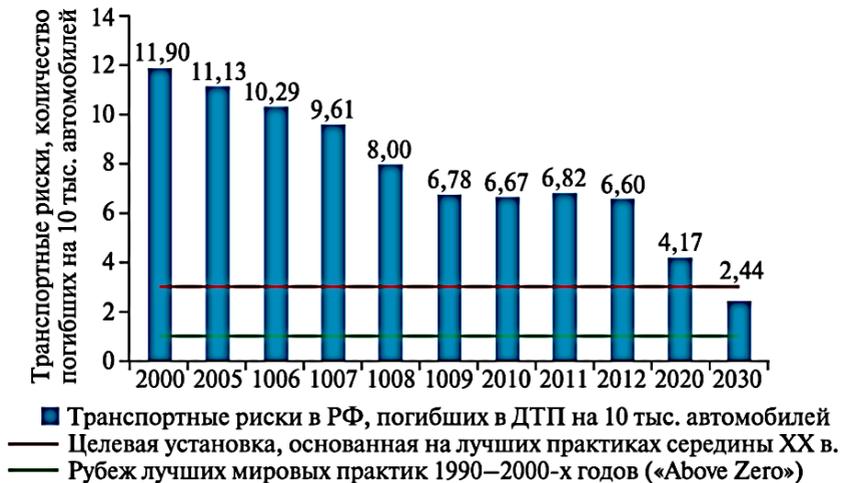


Рис. 3. Транспортные риски в Российской Федерации

Анализ аварийности в России за последний год свидетельствует, что в 2018 г. было зарегистрировано 168099 ДТП (-0,8%), в которых погибли 18214 (-4,6%) и ранены 214853 (-0,2%) человек. В 2018 г. на автомобильных

дорогах общего пользования в ДТП пострадало 204618 (-2,8%) человек, что составляют раненые, и 17710 (-5,5%) человек, отнесённых к погибшим. Наибольшее число пострадавших в ДТП составляют пассажиры (36,9%) и водители (45,6%) транспортных средств, на долю пешеходов приходится 29,9%. Под дорожно-транспортным происшествием с пострадавшими понимается событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погиб или получил ранение хотя бы один человек. При этом к погибшим относятся лица, которые погибли на месте дорожно-транспортного происшествия либо умерли от его последствий в течение 30 последующих суток. А к раненым – получившие в дорожно-транспортном происшествии телесные повреждения, обусловившие его госпитализацию на срок не менее одних суток либо необходимость амбулаторного лечения.

Основная часть ДТП (76,9%) зарегистрирована в городах и населённых пунктах, около 94,5% – на автомобильных дорогах. В 2018 г. в среднем по стране тяжесть последствий ДТП составила 7,8.

В течение 2018 года из-за нарушений Правил дорожного движения (ПДД) водителями зарегистрировано 148142 (+3,3%) происшествий, в которых погибли 15297 (-2,5%) и ранены 196653 (+2,6%) человек. Удельный вес данных ДТП в общей массе происшествий составил 88,1%. Почти каждое девятое (11,3%), или 18987 (-9,0%) ДТП произошло из-за нарушений ПДД пешеходами, в них погибли 3455 (-9,7%) и получили ранения 15930 (-9,1%) человек (рис. 4).

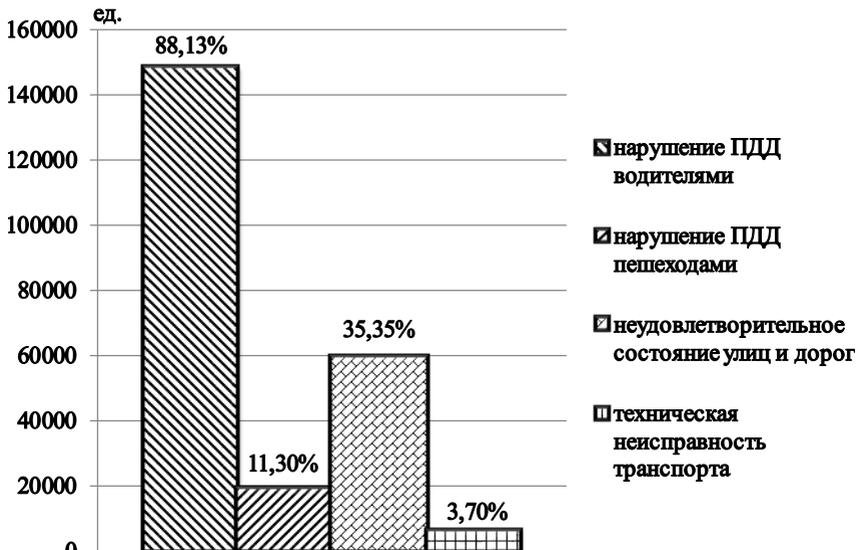


Рис. 4. Причины возникновения дорожно-транспортных происшествий

Согласно статистическим данным ГИБДД в 2017 году зарегистрировано 59790435 ТС, среди которых 15% составляют автомобили со сроком эксплуатации до 3 лет, около 12% - автомобили со сроком эксплуатации от 3 до 5 лет, около 22% - автомобили со сроком эксплуатации от 5 до 10 лет.

Около 51% всех зарегистрированных автомобилей эксплуатируются более 10 лет. Т.к. срок службы автомобиля рассчитан в среднем на 8–10 лет эксплуатации, а его старение сопровождается нарушением работоспособности, требуется повышенное внимания при анализе технического состояния таких ТС.

Из-за эксплуатации технически неисправных автомобилей в течение 2018 года совершено 6221 (-3,6%) ДТП, в результате которых погибли 1064 (+0,6%) и ранены 8856 (-9,0%) человек.

Неудовлетворительное состояние улично-дорожной сети явилось причиной 59421 (-12,5%), или почти каждого третьего (35,4%) ДТП, в которых погибли 5573 (-20,3%) и ранены 75851 (-11,9%) человек.

Распределение дорожно-транспортных происшествий по видам в России за 2018 год имеет следующие значения (рис. 5):

- столкновение ТС (42,3%);
- наезды на пешеходов (29,1%);
- опрокидывания ТС (8,0%);
- наезды на препятствия (6,9%);
- наезды на стоящие ТС (2,9%);
- наезд на велосипедиста (3,2%);
- иной вид ДТП (3,6%).

Наиболее травмоопасными являются наезды на пешехода и опрокидывания ТС (рис. 6). Так, согласно статистическим данным за 2018 год степень тяжести последствий столкновений ТС составила 6,5, наездов на пешехода – 10,1, опрокидывания ТС – 10,6, наездов на препятствия – 9,4, наездов на стоящее ТС – 8, наездов на велосипедиста – 6,8.

Помимо приведённых на рис. 5 видов ДТП в соответствии со «Сведениями о дорожно-транспортных происшествиях» анализируются данные, характеризующие наезд на гужевой транспорт, наезд на животное, падение пассажира.

Кроме того, на территории Российской Федерации в 2018 г. зарегистрировано 236 ДТП с особо тяжкими последствиями (ДТП с ОТП). В них 567 человек погибло и 2198 человек получили ранения. К таким видам происшествий относятся те, в которых погибло 5 человек и более, пострадало 10 человек и более. В сравнении с предшествующим годом наблюдается увеличение как количества таких происшествий (+5,8%), так и числа погибших (+2,7%), но также и уменьшение раненых (-6,5%) в них людей.

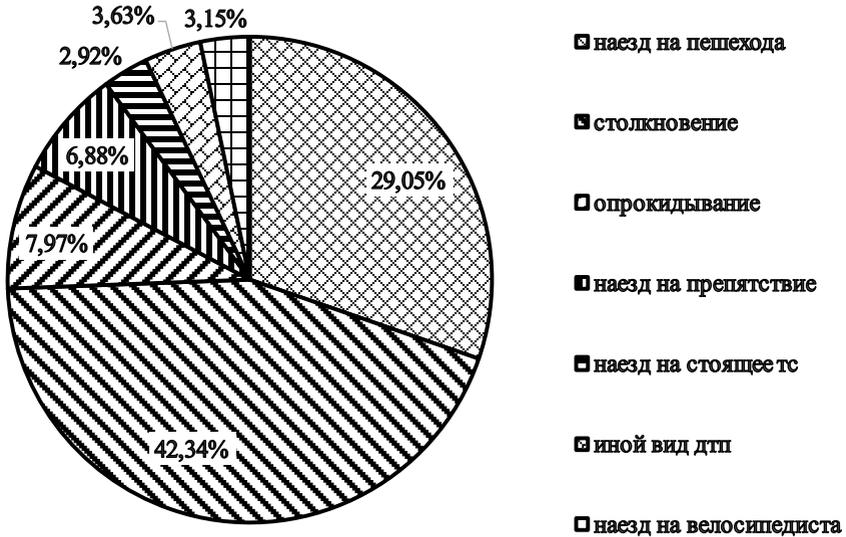
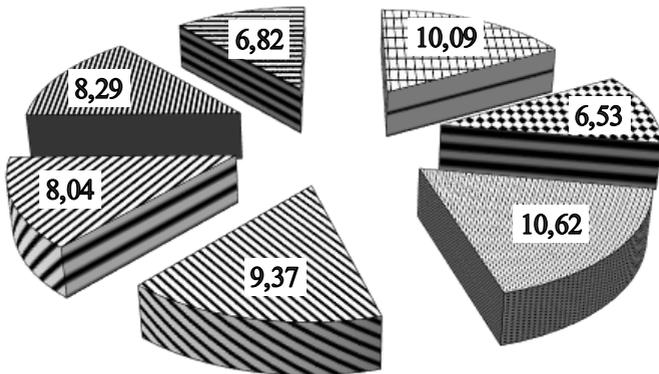


Рис. 5. Виды дорожно-транспортных происшествий



- наезд на пешехода ■ столкновение ■ опрокидывание
- наезд на препятствие ■ наезд на стоящее ТС ■ иной вид ДТП
- наезд на велосипедиста

Рис. 6. Распределение дорожно-транспортных происшествий по степени тяжести последствий

Карточки учёта ДТП (прил. 1, 2) позволяют получить разнообразную информацию об отдельном происшествии: время и место происшествия;

дорожные условия; сведения об участниках ДТП; места повреждения транспортных средств. Кроме того, в них содержатся данные о недостатках транспортно-эксплуатационного содержания улично-дорожной сети в месте ДТП; факторах, оказывающих влияние на режим движения; состоянии погоды и проезжей части; наличии освещения; технических неисправностях автомобилей-участников происшествия; непосредственных и сопутствующих нарушениях ПДД каждым участником.

Так, например, анализ карточек учёта столкновений транспортных средств за 2016 год в Белгородской области (всего произошло 628 ДТП), позволил сделать следующие выводы:

1) среди непосредственных нарушений ПДД:

- 38,85% всех ДТП произошло вследствие несоблюдения очередности проезда;

- 25,64% - выезд на полосу встречного движения;

- 17,04% - неправильный выбор дистанции;

- 4,78% - нарушение правил расположения ТС на проезжей части;

- 4,78% - нарушение правил перестроения;

- 3,66% - нарушение требований сигналов светофора;

- 3,03% - нарушение правил обгона;

- 1,43% - несоответствие скорости конкретным условиям движения;

- 1,27% - несоблюдение бокового интервала;

- 1,11% - другие нарушения ПДД водителем;

- 0,80% - нарушение требований дорожных знаков;

- 0,48% - выезд на полосу встречного движения с разворотом, поворотом налево или объездом препятствия;

- 0,48% - эксплуатация технически неисправного ТС (проставляется в случае ДТП по причине технеисправности);

- 0,48% - несоблюдение условий, разрешающих движение транспорта задним ходом;

- 0,32% - превышение установленной скорости движения;

- 0,32% - непредоставление преимущества в движении ТС, имеющему нанесённые на наружные поверхности специальные цветографические схемы, надписи и обозначения, с одновременно включённым проблесковым маячком синего цвета и специальным звуковым сигналом;

- 0,32% - нарушение правил при круговом движении;

- 0,16% - иные нарушения;

- 0,16% - нарушение правил проезда ж/д переездов;

2) среди сопутствующих нарушений ПДД:

- 12,74% всех ДТП произошло вследствие несоблюдения требований обязательного страхования автогражданской ответственности (ОСАГО);

- 11,15% - несоответствие скорости конкретным условиям движения;

- 7,32% - управление ТС в состоянии алкогольного опьянения;

- 3,82% - другие нарушения ПДД водителем;
- 3,18% - управление ТС лицом, не имеющим права на управление ТС;
- 3,03% - отказ водителя от прохождения медицинского освидетельствования на состояние опьянения;
- 2,07% - оставление места ДТП;
- 2,07% - эксплуатация технически неисправного ТС (проставляется в случае ДТП по причине технеисправности);
- 1,75% - управление транспортным средством при наличии неисправностей или условий, при которых эксплуатация транспортного средства запрещена;
- 1,59% - управление ТС лицом, не имеющим соответствующей категории на управление ТС данного вида;
- 1,43% - нарушение правил расположения ТС на проезжей части;
- 1,43% - нарушение режима труда и отдыха водителя;
- 1,27% - эксплуатация незарегистрированного ТС;
- 1,11% - нарушение правил применения мотошлема;
- 0,96% - нарушение водителем правил применения ремней безопасности (ставится в случае, когда не пристёгнут пассажир);
- 0,80% - нарушение правил применения ремней безопасности пассажиром;
- 0,80% - управление ТС лицом, лишённым права управления;
- 0,80% - нарушение требований дорожных знаков;
- 0,80% - светопропускание стёкол менее нормативного;
- 0,64% - нарушение правил перевозки детей (не использование детских сидений либо удерживающих устройств);
- 0,64% - нарушение водителем правил применения ремней безопасности (ставится в случае, когда не пристёгнут водитель);
- 0,32% - нарушение правил перевозки людей;
- 0,32% - управление ТС лицом, находящимся в состоянии алкогольного опьянения и не имеющим права управления ТС либо лишённым права управления ТС;
- 0,32% - употребление водителем алкогольных напитков, наркотических, психотропных или иных одурманивающих веществ после дорожно-транспортного происшествия, к которому он причастен, до проведения освидетельствования с целью установления состояния опьянения или до принятия решения об освобождении от проведения такого освидетельствования;
- 0,32% - управление ТС в состоянии наркотического опьянения;
- 0,32% - нарушение требований линий разметки;
- 0,16% - превышение установленной скорости движения;
- 0,16% - нарушение правил применения мотошлема пассажиром;
- 0,16% - управление мопедом лицом моложе 16 лет;

- 0,16% - нарушение правил перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов;

- 0,16% - несоблюдение очерёдности проезда;

- 0,16% - управление в состоянии переутомления, сон за рулём;

- 0,16% - нарушение требований сигналов светофора;

- 0,16% - нарушение правил пользования внешними световыми приборами;

3) среди недостатков транспортно-эксплуатационного содержания улично-дорожной сети:

- в 19,27% всех ДТП отмечено отсутствие, плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части;

- в 12,42% - недостатки зимнего содержания;

- в 3,50% - отсутствие дорожных знаков в необходимых местах;

- в 1,43% - отсутствие пешеходных ограждений в необходимых местах;

- в 1,11% - неправильное применение, плохая видимость дорожных знаков;

- в 0,80% - отсутствие освещения;

- в 0,48% - неудовлетворительное состояние обочин;

- в 0,48% - неисправность светофора;

- в 0,48% - отсутствие временных технических средств организации движения (ТСОД) в местах проведения работ;

- в 0,32% - коэффициент светопропускания стёкол менее нормативного;

- в 0,32% - отсутствие дорожных ограждений в необходимых местах;

- в 0,16% - нарушения в размещении наружной рекламы;

- в 0,16% - плохая видимость световозвращателей, размещённых на дорожных ограждениях;

- в 0,16% - неудовлетворительное состояние разделительной полосы;

- в 0,16% - недостаточное освещение;

- в 0,16% - несоответствие дорожных ограждений предъявляемым требованиям;

- в 0,16% - неисправное освещение;

- в 0,16% - низкие сцепные качества покрытия;

- в 0,16% - сужение проезжей части, наличие препятствий, затрудняющих движение транспортных средств;

4) среди факторов, оказывающих влияние на режим движения:

- в 0,96% всех ДТП отмечена работа светофора на регулируемом перекрёстке или регулируемом пешеходном переходе в режиме «жёлтого мигания»;

- в 0,96% - сужение проезжей части вследствие проведения работ;

- в 0,16% - наличие на проезжей части неисправного ТС, мешающего движению;

- в 0,16% - несоответствие габарита моста (путепровода) ширине проезжей части на подходах к нему;

- в 0,16% - участок, оборудованный шумовыми полосами;

5) среди технических неисправностей ТС:

- в 0,96% всех ДТП отмечено наличие конструктивных изменений по сравнению с серийным ТС, сведения о которых отсутствуют в регистрационных документах;

- в 0,96% - на одну ось ТС установлены шины различных размеров, конструкций (радиальной, диагональной, камерной, бескамерной) моделей, с различными рисунками протектора. На ТС одновременно установлены ошипованные и неошипованные шины;

- в 0,48% - неисправность рабочей тормозной системы;

- в 0,32% - износ рисунка протектора;

- в 0,32% - иные неисправности;

- в 0,16% - неисправность цепного устройства;

- в 0,16% - неисправность рулевого управления.

Таким образом, изучая информацию, указанную в карточках учёта ДТП по каждому виду происшествия, можно выявить, какие именно причины способствовали возникновению аварийной ситуации.

1.3. Тяговая динамичность автомобиля

Все силы и моменты, действующие на автомобиль, делятся на 2 группы:

1) силы и моменты движущие;

2) силы и моменты сопротивлений движению.

Источником энергии, необходимой для осуществления движения, является двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Величина мощности, развиваемая таким двигателем, может изменяться в зависимости от изменения количества и качества горючей смеси в цилиндрах, числа оборотов коленчатого вала и прочего. В тяговой динамике мощность является функцией только числа оборотов коленчатого вала при полной подаче топлива.

1.3.1. Внешняя скоростная характеристика двигателя внутреннего сгорания

Внешняя скоростная характеристика ДВС – зависимость эффективной мощности P_e (Вт), эффективного крутящего момента M_e , Н·м, от частоты вращения коленчатого вала двигателя n , мин⁻¹, при полной подаче топлива.

Внешняя скоростная характеристика определяется только экспериментальным путём и в зависимости от типа двигателя снимается:

- при полном открытии дроссельной заслонки – для карбюраторных двигателей;

- при полной подаче топлива – для дизелей и инжекторных двигателей.

На специальном стенде устанавливают двигатель. Через муфту подсоединяют тормоз, имитирующий нагрузку, и добиваются устойчивой работы двигателя. С помощью механических тахометров (строботахометров) производят замер частоты вращения коленчатого вала двигателя. Изменяя нагрузку при каждом значении числа оборотов коленчатого вала, определяют величину эффективного крутящего момента. В результате, полученные в ходе эксперимента значения наносят на график в координатах $M_e - n$.

Величину эффективной мощности можно определить, воспользовавшись выражением:

$$P_e = M_e \cdot \omega = M_e \cdot \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя, рад/с.

Для сравнения мощностных возможностей двигателя зачастую используется внесистемная единица измерения – лошадиные силы (л.с.):

$$1 \text{ л.с.} = 0,736 \text{ кВт.}$$

Полученные таким образом значения эффективного крутящего момента и эффективной мощности в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя наносятся на координатную плоскость (рис. 7).

Частота вращения коленчатого вала n_{min} является наименьшей, при котором наблюдается устойчивая работа двигателя при полной нагрузке. Частота вращения n_M соответствует максимальному значению крутящего момента, n_P – максимальной величине мощности. Данные значения являются технической характеристикой двигателя и вносятся в так называемый паспорт автомобиля.

В настоящее время отсутствует какой-либо метод теоретического определения скоростной характеристики, дающий приемлемый результат с результатами испытаний двигателей. Поэтому принято аппроксимировать кривую мощности следующим эмпирическим выражением, известным как формула С.Р. Лейдермана:

$$P_e = P_{max} \cdot \left(\frac{n}{n_P} \cdot a + b \cdot \left(\frac{n}{n_P} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{n}{n_P} \right)^3 \right), \quad (2)$$

где a , b , c – эмпирические коэффициенты, постоянные для каждого двигателя (для карбюраторных двигателей $a=b=c=1$; для 2-хтактных дизелей $a=0,87$, $b=1,13$, $c=1$; для 4-хтактных дизелей $a=0,53$, $b=1,56$, $c=1,09$).

Данные коэффициенты можно рассчитать, используя следующие уравнения:

- для бензиновых двигателей:

$$c = 0,5 / (1 - k_n);$$

$$\begin{aligned} b &= 2 \cdot c - 1; \\ a &= 2 - c; \end{aligned} \quad (3)$$

где $k_n = n_M/n_P$;

- для двигателей, снабжённых ограничителем или регулятором частоты вращения (дизель):

$$\begin{aligned} c &= \frac{(k_m - 1)}{(1 - k_n)^2} \\ b &= 2 \cdot k_n \cdot c; \\ a &= 1 + c - b; \end{aligned} \quad (4)$$

где $k_m = M_{max}/M_P$; M_{max} – максимальный крутящий момент, развиваемый двигателем (паспортные данные автомобиля), Н·м; M_P – крутящий момент двигателя, соответствующий частоте n_P , Н·м.

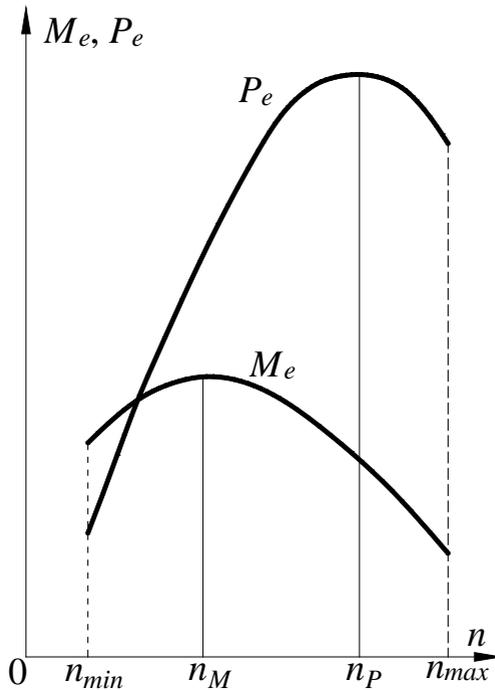


Рис. 7. Внешняя скоростная характеристика

Значение M_P можно получить, выразив из уравнения (1) величину крутящего момента и подставив вместо P_e и n значения максимальной мощности и соответствующей ей частоты вращения коленчатого вала двигателя (паспортные данные автомобиля).

Кривые M_e и N_e , изображённые на рис. 7, характеризуют изменения крутящего момента и мощности двигателя при данном числе оборотов коленчатого вала и полной нагрузке. На рис. 8 представлены скоростные характеристики, соответствующие работе двигателя с неполной нагрузкой, которые называются частичными. Цифры рядом с кривыми характеризуют процент открытия дроссельной заслонки. При полностью закрытой дроссельной заслонке двигатель работает на холостом ходу с частотой вращения коленчатого вала $n_{х.х.}$. Верхняя часть рис. 8 (выше оси $0 - n$) характеризует работу двигателя в активных режимах, а нижняя – в пассивных (тормозных).

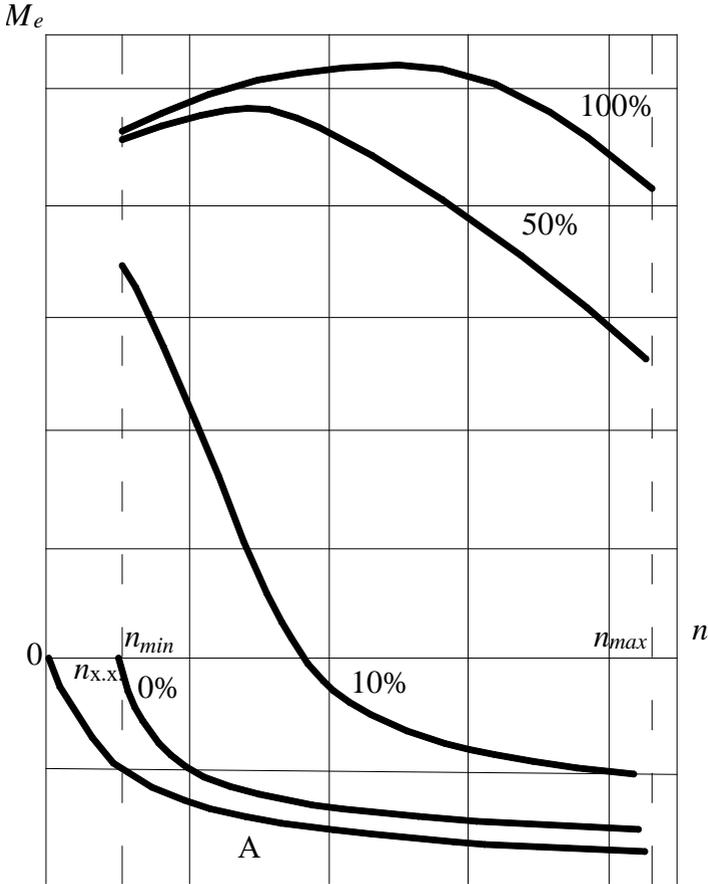


Рис. 8. Активные и пассивные режимы работы двигателя

Особым случаем является режим работы двигателя при выключенном зажигании и закрытой дроссельной заслонке (кривая А), который называется внешней тормозной характеристикой двигателя. Таким образом, внешние характеристики (скоростная и тормозная) демонстрируют предельные возможности работы двигателя.

1.3.2. Взаимодействие колеса с дорогой

Все силы, действующие на автомобиль, передаются через колёса и шины на дорогу. В результате наблюдается деформация и шин, и дороги.

В зависимости от направления действия различают:

- вертикальную силу, F_z , Н;
- горизонтальную силу, лежащую в продольной плоскости колеса (или автомобиля), F_x , Н;
- горизонтальную силу, перпендикулярную к продольной плоскости колеса (или автомобиля), F_y , Н.

В зоне соприкосновения (контакта) шин с дорогой возникают противодействующие рассмотренным силы, называемые реакциями дороги:

- вертикальная реакция дороги, Z , Н (в качестве положительного направления выбирают направление снизу вверх);
- продольная (или касательная) реакция дороги, X , Н (положительное направление - ходу движения колеса);
- поперечная реакция дороги, Y , Н, проявляющаяся при движении на поворотах, заносах автомобиля.

Возникновение составляющих реакций X и Y возможно только при наличии составляющей Z .

Для качения колеса необходима сила либо момент. Если направление момента совпадает с направлением вращения колеса, он называется тяговым моментом M_t , в противном случае он называется тормозным $M_{тор}$.

В зависимости от того, в каком состоянии находится колесо, различают следующие виды его радиуса.

Под статическим радиусом колеса r_c понимают расстояние от дороги до оси неподвижного колеса, нагруженного вертикальной нагрузкой.

Величина r_c для шины каждого типа при рекомендуемых значениях нагрузки и внутреннем давлении указывается в технических характеристиках шин.

Так, зная маркировку шины, можно определить значение радиуса колеса автомобиля. Например, рассмотрим маркировку: 235/70R16, из которой следует:

- ширина профиля шины, $B=235$ мм;
- отношение высоты профиля шины к её ширине, $H/B=70\%$;

- посадочный диаметр шины, $d=16$ дюймов.

Таким образом, радиус колеса можно выразить:

$$r = \frac{2 \cdot H + d}{2}, \quad (5)$$

или, с учётом вышеприведённой маркировки шины, мм,

$$r = \frac{2 \cdot 0,7 \cdot B + 25,4 \cdot d}{2}.$$

При отсутствии данных о статическом радиусе его величину с учётом вертикальной деформации шины можно определить по формуле:

$$r_c = 0,5 \cdot d + \lambda_{ш} \cdot H, \quad (6)$$

где $\lambda_{ш}$ – коэффициент, учитывающий вертикальную деформацию шины, равный для стандартных шин 0,8-0,9, для арочных 0,75-0,8.

Динамическим радиусом колеса r_d называется расстояние от дороги до оси катящегося колеса. С учётом того, что колесо находится в движении, величина его радиуса в отдельный момент времени будет принимать разные значения. Помимо изменения вертикальной нагрузки и внутреннего давления шины, на величину радиуса влияет состояние элементов протектора, соприкасающихся с дорогой, которые либо сжимаются (колесо катится под воздействием крутящего момента), либо растягиваются (колесо находится в состоянии торможения).

Под радиусом качения колеса r_k понимается радиус такого условно недеформируемого колеса, которое при качении без скольжения и буксования имеет те же скорости, что и эластичное колесо.

В инженерных же расчётах, ввиду малости различия между значениями рассмотренных радиусов, принимают $r=r_c=r_d=r_k$.

Найдем реакции дороги Z и X при отсутствии поперечной силы.

Рассмотрим частные случаи взаимодействия колеса с дорогой.

1. Колесо неподвижно стоит на дороге (рис. 9).

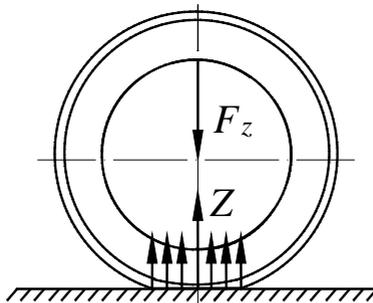


Рис. 9. Силы, действующие на неподвижное колесо

Хотя колесо и находится в неподвижном состоянии, но это не означает, что оно является невесомым. Со стороны автомобиля на колесо действует

доля силы тяжести F_z , а со стороны поверхности дороги (в зоне контакта) – элементарные реакции дороги с равнодействующей Z .

Уравнение сил, действующих на колесо, в данном случае будет иметь вид:

$$Z = F_z.$$

2. Колесо равномерно катится по дороге под воздействием некоторой горизонтальной силы F_x (рис. 10).

При движении колеса пятно контакта шины с дорогой смещается вперёд (на расстояние a) вследствие неодинаковой деформации как поверхностных слоёв дороги, так и соприкасающейся с ней шины колеса.

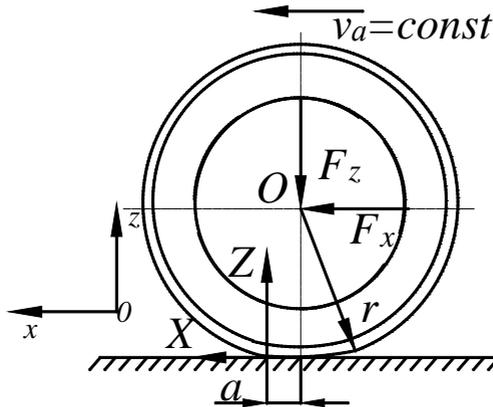


Рис. 10. Силы и моменты, действующие на ведомое колесо

Из условий равновесия системы сил и моментов можно получить:

1) условие равновесия сил, действующих по оси Ox :

$$\sum F_x = 0: \quad X - F_x = 0;$$

2) условие равновесия сил, действующих по оси Oz :

$$\sum F_z = 0: \quad Z - F_z = 0;$$

3) условие равновесия моментов, действующих относительно центра колеса автомобиля (т. О):

$$\sum M_O(F) = 0: \quad M_{\text{и}} - M_{\text{тор}} - Z \cdot a - X \cdot r = 0, \\ -X \cdot r - Z \cdot a = 0,$$

таким образом, $X = F_x$, $Z = F_z$.

Откуда касательная реакция дороги:

$$X = -\frac{Z \cdot a}{r} = -Z \cdot f,$$

где $f = a/r$ - коэффициент сопротивления качению колеса; r - радиус колеса, м.

Знак «минус» указывает на то, что реакция в данном случае направлена в сторону, противоположную движению колеса.

3. Колесо равномерно катится под действием тягового момента (рис. 11).

Из условий равновесия системы сил и моментов можно получить:

1) условие равновесия сил, действующих по оси Ox :

$$\sum F_x = 0: \quad X = 0;$$

2) условие равновесия сил, действующих по оси Oz :

$$\sum F_z = 0: \quad Z - F_z = 0;$$

3) условие равновесия моментов, действующих относительно центра колеса автомобиля (т. O):

$$\sum M_O(F) = 0: \quad M_T - Z \cdot a - X \cdot r = 0,$$

где M_T – тяговый момент, Н·м.

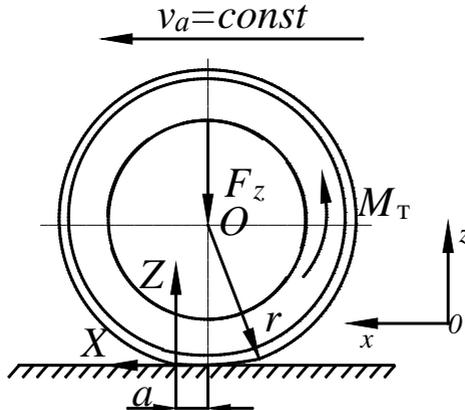


Рис. 11. Силы и моменты, действующие на ведущее колесо

$$\text{Таким образом, } X = \frac{M_T}{r} - Z \cdot \frac{a}{r} = F_T - Z \cdot f,$$

где F_T – сила тяги, Н.

Сила тяги направлена в сторону движения оси колеса и преодолевает силы внешних сопротивлений.

4. Колесо неравномерно движется по дороге (рис. 12).

Из условий равновесия системы сил и моментов можно получить:

1) условие равновесия сил, действующих по оси Ox :

$$\sum F_x = 0: \quad X = 0;$$

2) условие равновесия сил, действующих по оси Oz :

$$\sum F_z = 0: \quad Z - F_z = 0;$$

3) условие равновесия моментов, действующих относительно центра колеса автомобиля (т. O):

$$\sum M_O(F) = 0: \quad M_T + M_{и} - Z \cdot a - X \cdot r = 0,$$

где $M_{и}$ – инерционный момент колеса, Н·м, равный

$$M_{и} = -I \cdot \varepsilon = -I \cdot \frac{j}{r},$$

где I – момент инерции колеса, кг·м²; ε – угловое ускорение, рад/с², j – линейное ускорение, м/с².

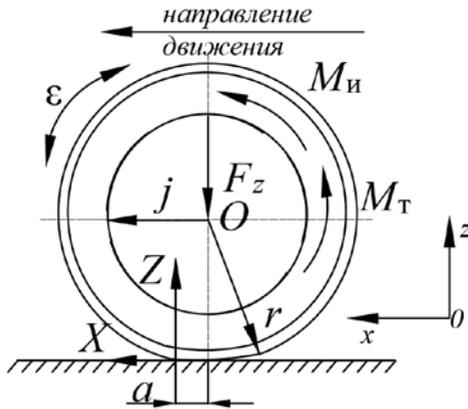


Рис. 12. Силы и моменты, действующие на неравномерно движущееся колесо

Инерционный момент $M_{и}$ определяется на основе конструктивного строения колеса по справочникам.

Таким образом,

$$X = \frac{M_T}{r} + \frac{M_{и}}{r} - Z \cdot \frac{a}{r} = F_T - I \cdot \frac{j}{r^2} - Z \cdot f. \quad (7)$$

Уравнение (7) имеет ограничение в применении по условию сцепления шин с дорогой:

$$X \leq F_{сч}.$$

В свою очередь сила сцепления колёс с дорогой определяется выражением:

$$F_{сч} = Z \cdot \varphi,$$

где φ , являясь справочной величиной, называется *коэффициентом сцепления* (табл. 1, 2 прил. 3).

1.3.3. Тяговая сила на колёсах автомобиля

Источником тяговой силы является двигатель автомобиля:

$$F_T = \frac{M_T}{r} = \frac{M_e \cdot i_{тр}}{r}, \quad (8)$$

где $i_{\text{тр}}$ – передаточное число трансмиссии, которое зависит от сложности трансмиссии.

Так, например, в общем случае передаточное число трансмиссии может быть выражено:

$$i_{\text{тр}} = i_{\text{кпп}} \cdot i_{\text{гп}} \cdot i_{\text{бп}} \cdot i_{\text{дп}},$$

а при условии $i_{\text{бп}} = 1$ и $i_{\text{дп}} = 1$:

$$i_{\text{тр}} = i_{\text{кпп}} \cdot i_{\text{гп}}, \quad (9)$$

где $i_{\text{кпп}}$ – передаточное число коробки перемены передач; $i_{\text{гп}}$ – передаточное число главной передачи; $i_{\text{бп}}$ – передаточное число бортовой передачи; $i_{\text{дп}}$ – передаточное число дополнительной передачи.

С учётом потерь энергии в трансмиссии тяговый момент можно выразить:

$$M_{\text{т}} = M_e \cdot i_{\text{тр}} - M_{\text{тр}} = M_e \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta, \quad (10)$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент сопротивления трансмиссии, Н·м; η – коэффициент полезного действия (КПД) трансмиссии.

В инженерных расчётах используется $\eta=0,85-0,92$, либо его значение выбирается из справочника.

Выражение (10) справедливо для постоянной скорости движения автомобиля. В других случаях:

$$M_{\text{т}} = M_e \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta - I_{\text{м}} \cdot \varepsilon_{\text{м}} \cdot i_{\text{тр}} - I_2 \cdot \varepsilon_2 - Z_2 \cdot f \cdot r, \quad (11)$$

где $I_{\text{м}}$, $\varepsilon_{\text{м}}$ – соответственно, момент инерции маховика и его угловое ускорение, возникающие при неравномерном вращении коленчатого вала; I_2 , ε_2 – соответственно, момент инерции ведущих колёс и их угловое ускорение.

Таким образом, касательная реакция на ведущих колёсах может быть выражена:

$$X_2 = \frac{M_e \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta}{r} - \frac{I_{\text{м}} \cdot \varepsilon_{\text{м}} \cdot i_{\text{тр}}}{r} - \frac{I_2 \cdot \varepsilon_2}{r} - Z_2 \cdot f. \quad (12)$$

Т.к. угловое ускорение ведущих колёс автомобиля определяется:

$$\varepsilon_2 = \frac{j}{r},$$

а угловое ускорение маховика:

$$\varepsilon_{\text{м}} = \varepsilon_2 \cdot i_{\text{тр}},$$

то уравнение (12) преобразуется к виду:

$$X_2 = \frac{M_e \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta}{r} - (I_{\text{м}} \cdot i_{\text{тр}}^2 + I_2) \cdot \frac{j}{r^2} - Z_2 \cdot f, \quad (13)$$

где под j подразумевается линейное ускорение автомобиля, м/с².

При равномерном движении автомобиля уравнение (13) упрощается:

$$X_2 = \frac{M_e \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta}{r} - Z_2 \cdot f. \quad (14)$$

Сила тяги автомобиля, реализованная двигателем, должна преодолеть не только потери в трансмиссии, но и силы сопротивления качению, подъёму и воздуха, проявляющиеся при его движении.

1.3.4. Сопротивление движению автомобиля

Сопротивление качению шины по дороге является следствием затрат энергии на гистерезисные (внутренние) потери в шине и на образование колеи (внешние потери). В качестве оценки затрат энергии, связанных с качением колёс автомобиля, используют коэффициент сопротивления качению f .

Его величину определяют экспериментально, путём буксирования динамометрической тележки. При этом нужно учитывать массу тележки и тип шины её колеса. С целью исключения влияния сопротивления воздуха испытания проводятся на небольшой скорости (около 10-12 км/ч).

Таким образом, коэффициент сопротивления качению колеса можно выразить:

$$f = \frac{X}{m \cdot g}, \quad (15)$$

где X – показания прибора (динамометра), Н; m – масса тележки, кг.

Как показали исследования, коэффициент сопротивления качению колеса мало изменяется при движении со скоростями до 60-80 км/ч, а дальнейшее увеличение скорости приводит к заметному изменению значений этого коэффициента.

В этом случае предлагается использовать следующее эмпирическое выражение:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{v_a^2}{20000} \right), \quad (16)$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению при движении до 60-80 км/ч (табл. 1); v_a – скорость движения автомобиля, км/ч.

Стоит заметить, что ни одно дорожное покрытие не является абсолютно ровным. Даже новые асфальтобетонные и цементно-бетонные покрытия имеют неровности высотой около 1 см, а под воздействием разнообразных факторов в течение срока эксплуатации дороги на ней появляются и более значительные неровности.

Дополнительное сопротивление качению колеса автомобиля, вызываемое неровностями дороги, можно учесть.

В этом случае:

$$f = 0,01 + \lambda_n \cdot s_n \cdot v_a^2 \cdot 10^{-8}, \quad (17)$$

где λ_n – коэффициент, зависящий от конструкции ходовой части автомобиля (для легковых автомобилей $\lambda_n=4,0$; для грузовых автомобилей $\lambda_n=5,5$); s_n – показатель ровности покрытия (табл. 2).

Таблица 1

Коэффициент сопротивления качению

Тип дороги	f_0	f
Асфальтобетонное и цементно-бетонное покрытие:		
в отличном состоянии	0,012	0,012-0,018
в удовлетворительном состоянии	0,018	0,018-0,020
Бульжная мостовая	0,030	0,030-0,040
Гравийное покрытие	0,040	0,040-0,070
Грунтовая дорога:		
сухая укатанная	-	0,030-0,050
после дождя	-	0,050-0,150
Песок	-	0,100-0,300
Снег укатанный	-	0,070-0,100

Таблица 2

Показатели ровности покрытия

Покрытие	Состояние покрытия		
	отличное	хорошее	неудовлетворительное
Асфальто- и цементно-бетонное	50-75	150	300
Щебёночное и гравийное	200	350-400	800-900
Бульжное	300	500	1000

Силу сопротивления качению колёс автомобиля можно выразить:

$$F_k = m \cdot g \cdot f, \quad (18)$$

а соответствующие затраты мощности:

$$P_k = F_k \cdot v = m \cdot g \cdot f \cdot v. \quad (19)$$

Существующие улицы и дороги не являются идеально ровными, а, кроме того, представляют собой чередующиеся участки с подъёмами и спусками различной крутизны.

Крутизна подъёма характеризуется величиной угла α (в градусах) или величиной уклона i (рис. 13):

$$i = \frac{H}{B},$$

где H – превышение, м; B – заложение, м.

Как видно из рис. 13 в качестве препятствия движению автомобиля на подъём выступает составляющая силы тяжести самого автомобиля, выраженная в виде $F_G \cdot \sin \alpha$.

На автомобильных дорогах с твёрдым покрытием углы подъёма, как правило, невелики – составляют около 4-5°, поэтому принимают

$$i = \tan \alpha \approx \sin \alpha.$$

В качестве единиц измерения углов подъёма (спуска) дорог используют не только градусы (°), но также и проценты (%), и промилле (‰).

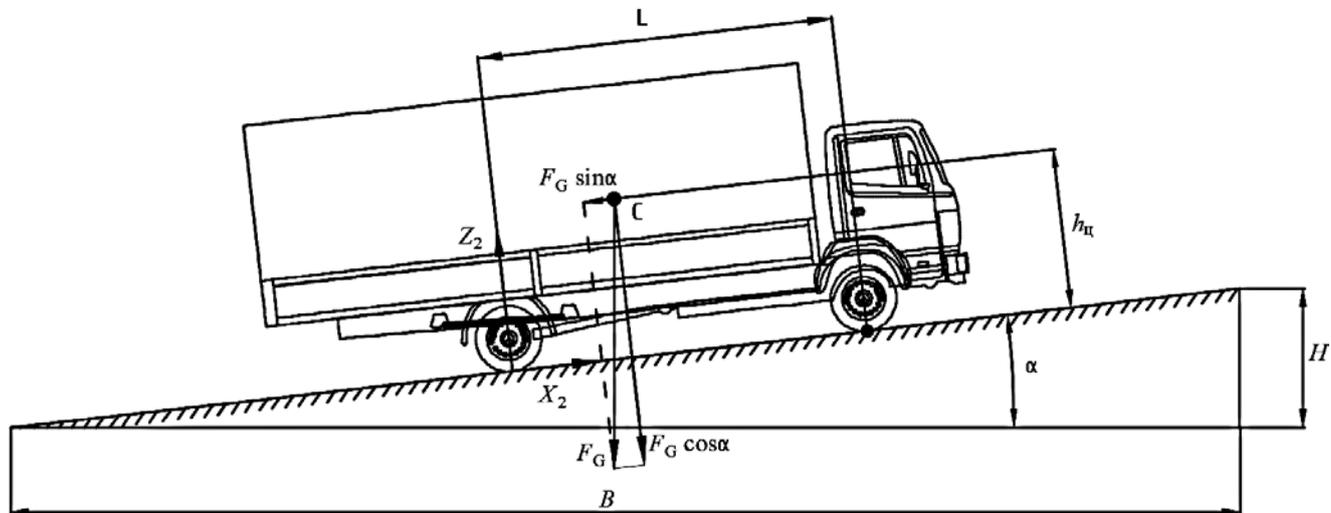


Рис. 13. Силы, действующие на автомобиль, при движении на подъём:
 $h_{ц}$ – высота центра масс, м; L – база автомобиля, м; F_G – сила тяжести, Н

При этом $i = \tan \alpha \cdot 100$, %, а $1\text{‰}=0,1\%$.

Таким образом, сила сопротивления движению автомобиля на подъём будет:

$$F_{\Pi} = m \cdot g \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot i, \quad (20)$$

а соответствующие затраты мощности:

$$P_{\Pi} = F_{\Pi} \cdot v = m \cdot g \cdot i \cdot v. \quad (21)$$

В условиях движения на подъём выражение, характеризующее силу сопротивления качению колёс, несколько видоизменится:

$$F_k = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f, \quad (22)$$

но при небольших значениях углов уклона дороги, можно считать, что $\cos \alpha \approx 1$, и поэтому будет справедливо выражение (18).

Т.к. и сила сопротивления качению колёс автомобиля, и сила сопротивления его движению на подъём характеризуют отдельные качества дороги, то принято использовать обобщающий показатель - силу сопротивления дороги:

$$F_d = F_k + F_{\Pi} = m \cdot g \cdot (f + i) = m \cdot g \cdot \psi, \quad (23)$$

где ψ – коэффициент сопротивления дороги.

Тогда затраты мощности, требуемые для преодоления сопротивления дороги:

$$P_d = F_d \cdot v = m \cdot g \cdot \psi \cdot v. \quad (24)$$

Затраты мощности на преодоление аэродинамических сопротивлений складываются из следующих составляющих:

- до 60% общего баланса составляет лобовое сопротивление, связанное с разностью давлений спереди и сзади движущегося автомобиля;
- 12-18% - сопротивления, создаваемые выступающими частями;
- 10-15% - сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через радиатор и подкапотное пространство;
- 8-10% - трения наружных поверхностей о прилегающие слои воздуха;
- 5-8% - сопротивления, связанного с разностью давлений сверху и снизу автомобиля.

Для упрощения расчётов общее аэродинамическое сопротивление заменяют силой сопротивления воздуха, точку приложения которой называют центром парусности.

Таким образом, сила сопротивления воздуха:

$$F_B = K_B \cdot S_B \cdot v^2 = W_B \cdot v^2, \quad (25)$$

где K_B – коэффициент обтекаемости автомобиля, $\text{H} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$; S_B – лобовая площадь автомобиля, м^2 ; W_B – фактор обтекаемости, $\text{H} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$.

Мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха:

$$P_B = F_B \cdot v = K_B \cdot S_B \cdot v^3 = W_B \cdot v^3. \quad (26)$$

Для автобусов и грузовых автомобилей:

$$S_B = B \cdot H_a,$$

для легковых автомобилей:

$$S_B = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a,$$

где B – колея автомобиля, м; B_a – наибольшая ширина автомобиля, м; H_a – наибольшая высота автомобиля, м.

Для определения коэффициента обтекаемости используют метод выбега или продувку в аэродинамической трубе анализируемого транспортного средства либо его модели в масштабе 1:5 или 1:10.

Средние значения параметров обтекаемости приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры обтекаемости

Тип транспортного средства	$K_B, \text{H} \cdot \text{c}^2/\text{M}^4$	S_B, M^2	$W_B, \text{H} \cdot \text{c}^2/\text{M}^2$
Легковые:			
с закрытым кузовом	0,20-0,35	1,6-2,8	0,3-0,9
с открытым кузовом	0,40-0,50	1,5-2,0	0,6-1,0
Грузовые	0,60-0,70	3,0-5,0	1,8-3,5
Автобусы	0,25-0,40	4,5-6,5	1,0-2,6
Гоночные	0,13-0,15	1,0-1,3	0,13-0,18

Замечено, что прицепы вызывают увеличение силы сопротивления воздуха из-за значительного завихрения воздушных потоков между тягачом и прицепом и увеличения наружной поверхности трения. Поэтому в случае движения автомобиля с прицепом коэффициент обтекаемости K_B увеличивают на 25% по сравнению с его значением для одиночного автомобиля.

1.3.5. Уравнение движения автомобиля

Уравнение движения автомобиля является основным в тяговой динамике. Оно связывает движущие силы с силами сопротивления движению:

$$F_T + F_{\text{и}} - F_d - F_B = 0, \quad (27)$$

где $F_{\text{и}}$ – приведённая сила инерции, Н.

Приведённая сила инерции автомобиля в выражении (27) пропорциональна его ускорению j :

$$F_{\text{и}} = -m \cdot \delta_{\text{вр}} \cdot j, \quad (28)$$

где $\delta_{\text{вр}}$ – коэффициент учёта вращающихся масс, определяемый по эмпирическому выражению:

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + (\delta_1 \cdot i_k^2 + \delta_2) \cdot \frac{m_a}{m}, \quad (29)$$

где $\delta_1=0,04-0,06$, $\delta_2=0,03-0,05$, m_a – масса автомобиля с полной нагрузкой, m – масса автомобиля с заданной нагрузкой, i_k – передаточное число коробки передач.

В инженерных расчётах допускается использовать $\delta_{вр}=1,05$.

С учётом формул (8), (10), (23), (25), (28) уравнение движения автомобиля в развёрнутом виде может быть представлено:

$$\frac{M_e \cdot i_{тр} \cdot \eta}{r} - m \cdot \delta_{вр} \cdot j - m \cdot g \cdot \psi - W_b \cdot v^2 = 0. \quad (30)$$

Одними из важных показателей, характеризующих тяговую динамичность любого автомобиля, являются максимальная скорость и максимальное ускорение.

Скорость автомобиля v , м/с, может быть выражена:

$$v = \omega_k \cdot r = \frac{\pi \cdot n_k \cdot r}{30} = \frac{\pi \cdot n \cdot r}{30 \cdot i_{тр}}, \quad (31)$$

где ω_k - угловая скорость вращения ведущих колёс, рад/с; n_k и n - соответственно, частота вращения колёс и коленчатого вала двигателя, мин⁻¹; $i_{тр}$ - передаточное число трансмиссии.

Переход к более привычной размерности скорости v_a , км/ч, даёт:

$$v_a = 3,6 \cdot v = \frac{3,6 \cdot \pi \cdot n \cdot r}{30 \cdot i_{тр}} = 0,377 \cdot \frac{n \cdot r}{i_{тр}}. \quad (32)$$

Формулу (32), являющуюся результатом чисто кинематического анализа, необходимо принимать с оговорками при вычислении максимальной скорости движения автомобиля, когда используется силовой баланс (27) при $j=0$, а v_a^{max} определяют графоаналитическим способом.

Вместе с тем, возможен и аналитический подход, заключающийся в следующем.

Используем представленное в развёрнутом виде уравнение силового баланса (30).

С учётом выражения (1) эффективный крутящий момент можно записать как:

$$M_e = P_e \cdot \frac{30}{\pi \cdot n}. \quad (33)$$

Т.к. величину P_e принято рассчитывать по формуле С.Р. Лейдермана (2), и выразив из формулы (32):

$$n = \frac{i_{тр}}{0,377 \cdot r} \cdot v_a = d \cdot v_a,$$

получим:

$$M_e = \frac{30}{\pi} \cdot P_{max} \cdot \left(\frac{a}{n_p} + \frac{b \cdot d}{n_p^2} \cdot v_a - \frac{c \cdot d^2}{n_p^3} \cdot v_a^2 \right). \quad (34)$$

Таким образом, развёрнутое уравнение движения автомобиля (30) примет вид:

$$\frac{30 \cdot i_{тр} \cdot \eta}{\pi \cdot r} \cdot P_{max} \cdot \left(\frac{a}{n_p} + \frac{b \cdot d}{n_p^2} \cdot v_a - \frac{c \cdot d^2}{n_p^3} \cdot v_a^2 \right) -$$

$$-m \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot j - m \cdot g \cdot \psi - W_B \cdot \frac{v_a^2}{13} = 0. \quad (35)$$

В последнем выражении группируем члены с одинаковыми степенями при v_a :

$$\left(\frac{30 \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta}{\pi \cdot r} \cdot P_{\text{max}} \cdot \frac{c \cdot d^2}{n_p^3} + \frac{W_B}{13} \right) \cdot v_a^2 - \frac{30 \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta}{\pi \cdot r} \cdot P_{\text{max}} \cdot \frac{b \cdot d}{n_p^2} \cdot v_a - \frac{30 \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta}{\pi \cdot r} \cdot P_{\text{max}} \cdot \frac{a}{n_p} + m \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot j + m \cdot g \cdot \psi = 0,$$

или

$$A \cdot v_a^2 - B \cdot v_a - C + m \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot j = 0, \quad (36)$$

где

$$\begin{cases} A = \frac{30 \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta \cdot c \cdot d^2}{\pi \cdot r \cdot n_p^3} \cdot P_{\text{max}} + \frac{W_B}{13}, \\ B = \frac{30 \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta \cdot b \cdot d}{\pi \cdot r \cdot n_p^2} \cdot P_{\text{max}}, \\ C = \frac{30 \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta \cdot a}{\pi \cdot r \cdot n_p} \cdot P_{\text{max}} + m \cdot g \cdot \psi. \end{cases} \quad (37)$$

Поскольку при разгоне при $j=0$, $v_a=v_{\text{max}}$, уравнение (36) будет представлено в виде:

$$A \cdot v_{\text{max}}^2 - B \cdot v_{\text{max}} - C = 0,$$

а решение его будет:

$$v_{\text{max}} = \frac{B \pm \sqrt{B^2 + 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}. \quad (38)$$

Если вернуться к уравнению (36), разрешив его относительно ускорения автомобиля

$$j = \frac{1}{m \cdot \delta_{\text{вп}}} \cdot (-A \cdot v_a^2 + B \cdot v_a + C),$$

то с целью определения максимального ускорения автомобиля при его разгоне в заданных условиях можно последнее выражение исследовать на экстремум, продифференцировав правую часть по v_a и приравняв результат нулю:

$$-2 \cdot A \cdot v_a + B = 0,$$

откуда

$$v_a = \frac{B}{2 \cdot A}.$$

Полученное выражение характеризует скорость, соответствующую j_{max} , следовательно,

$$j_{\text{max}} = \frac{1}{m \cdot \delta_{\text{вп}}} \cdot \left(-\frac{B^2}{4 \cdot A} + \frac{B^2}{2 \cdot A} + C \right),$$

или

$$j_{max} = \frac{1}{m \cdot \delta_{вп}} \cdot \left(\frac{B^2}{4 \cdot A} + C \right). \quad (39)$$

Таким образом, графическое построение режимов движения автомобиля с целью определения значений максимальной скорости и максимального ускорения можно не проводить. Представленные аналитические зависимости (38) и (39) позволяют вычислить эти параметры для любых дорожных условий движения автомобиля с заданными конструктивными параметрами.

1.4. Тормозная динамичность автомобиля

Значение тормозной динамики автомобиля в обеспечении безопасности движения чрезвычайно велико, для чего любое ТС оборудуется специальной системой, обеспечивающей снижение скорости движения, удержание автомобиля на месте при стоянке, а также предохранение от нежелательного ускорения при спуске. Всё это обеспечивают тормозные системы четырёх видов: рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной.

Рабочая система является основной. Она предназначена для регулирования скорости движения автомобиля в любых условиях. **Запасная** система используется при отказе основной, **стояночная** удерживает неподвижный автомобиль на месте, а **вспомогательная** нужна для поддержания постоянной скорости в течение длительного времени.

Рабочая система применяется для плавного снижения скорости с замедлением 2,5-3,0 м/с² (так называемое служебное торможение) или резкого уменьшения скорости с максимально возможным для данных дорожных условий замедлением до 8-9 м/с² (экстренное или аварийное торможение).

Среди основных требований, предъявляемым к тормозной системе можно выделить следующие:

- время срабатывания системы должно быть минимальным, а замедление – максимальным;
- все колёса автомобиля должны затормаживаться одновременно и с одинаковой интенсивностью;
- тормозные силы на колёсах должны нарастать плавно, без рывков, заеданий и заклиниваний.

1.4.1. Измерители и показатели тормозной динамичности

Измерителями тормозной динамичности являются: замедление, продолжительность (время) и путь торможения, а также суммарная тормозная сила.

С точки зрения чисто энергетической торможение - это процесс перехода кинетической энергии движения автомобиля в работу трения между фрикционными накладками колодок и тормозных барабанов (дисков), а также между шинами и дорогой.

Понятно, что тепло, выделяющееся в результате трения, рассеивается, вызывая невосполнимые потери энергии.

Величина тормозного момента на колёсах зависит от конструкции привода и давления в системе p :

$$M_{\text{тор}} = \gamma_T \cdot p,$$

где γ_T – коэффициент пропорциональности.

Для определения факторов, влияющих на процесс торможения, рассмотрим силы и моменты, действующие на колесо автомобиля (рис. 14).

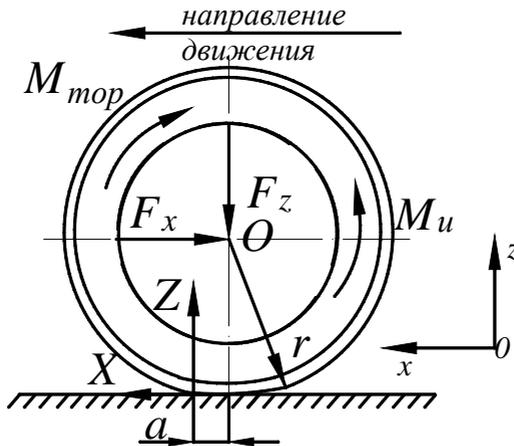


Рис. 14. Силы и моменты, действующие на колесо автомобиля при торможении

Напомним, что F_z и F_x , - соответственно вертикальная и горизонтальная силы, передаваемые от автомобиля на ось колеса, $M_{\text{тор}}$ и $M_{\text{и}}$ - тормозной и инерционный моменты, а Z и X - соответствующие реакции дороги.

Для вращающегося тела инерционный момент может быть выражен, как:

$$M_{\text{и}} = -J \cdot \varepsilon,$$

где J – момент инерции, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; ε – угловое ускорение, $\text{рад}/\text{с}^2$.

Из условий равновесия системы сил и моментов можно получить:

1) условие равновесия сил, действующих по оси Ox :

$$\sum F_x = 0: \quad X - F_x = 0;$$

2) условие равновесия сил, действующих по оси Oz :

$$\sum F_z = 0: \quad Z - F_z = 0;$$

3) условие равновесия моментов, действующих относительно центра колеса автомобиля (т. О):

$$\sum M_O(F) = 0: \quad M_{и} - M_{\text{Топ}} - Z \cdot a - X \cdot r = 0,$$

таким образом, $X = F_x$, $Z = F_z$.

Откуда

$$X = -\frac{M_{\text{Топ}}}{r} + \frac{M_{и}}{r} - Z \cdot \frac{a}{r},$$

или

$$X = -F_{\text{Топ}} - \frac{J \cdot \varepsilon}{r} - Z \cdot f.$$

С учётом того, что $\varepsilon = \frac{j}{r}$, для каждой из осей двухосного автомобиля будут выполняться:

$$\begin{cases} X_1 = -F_{\text{Топ}1} - \frac{J_1}{r^2} \cdot j - Z_1 \cdot f \\ X_2 = -F_{\text{Топ}2} - \frac{J_2}{r^2} \cdot j - Z_2 \cdot f \end{cases}, \quad (40)$$

В соответствии с (40) понятно, что касательные реакции растут с увеличением тормозной силы (тормозного момента), однако это может продолжаться лишь до момента, пока по абсолютной величине X (т.к. по направлению касательная реакция дороги величина отрицательная) не достигнет *своего максимального* значения - силы сцепления шин с дорогой, т.е.:

$$|X| \leq F_{\text{сц}} = Z \cdot \varphi, \quad (41)$$

В противном случае колёса блокируются, скользят по дороге, не вращаясь, наступает так называемый «юз» колёс.

До блокировки колеса между тормозными накладками и барабанами (дисками) действует сила трения скольжения, а в зоне контакта шины с дорогой - сила трения покоя. После блокировки картина меняется на обратную. В этом случае затраты энергии в тормозных элементах прекращаются, а всё тепло, эквивалентное кинетической энергии автомобиля, выделяется при контакте шин с дорогой. Это приводит к повышению температуры шин, размягчению резины и уменьшению коэффициента сцепления с дорогой. В связи с этим наибольшая эффективность торможения достигается при качении колеса на *пределе блокировки*.

Для определения показателей тормозной динамичности автомобиля используем известное нам уравнение силового баланса:

$$X_1 + X_2 + F'_i - F_{\Pi} - F_B = 0, \quad (42)$$

где приведённая сила инерции автомобиля

$$F'_i = -m \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot j,$$

а F_{Π} и F_B , соответственно, сила сопротивления подъёму и сила сопротивления воздуха.

Подставляя в (42) составляющие по (40), имеем:

$$-F_{\text{тор}} - \left(\frac{J_1 + J_2}{r^2} \right) \cdot j - m \cdot g \cdot f - m \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot j - F_{\Pi} - F_B = 0,$$

где $F_{\text{тор}} = F_{\text{тор}1} + F_{\text{тор}2}$, $(Z_1 + Z_2) = m \cdot g \cdot f$.

Группируя члены, содержащие ускорение j , поставив задачу определения замедления автомобиля $j = -j_3$, обозначив

$$\left(\delta_{\text{вп}} + \frac{J_1 + J_2}{m \cdot r^2} \right) = \delta_{\text{н}},$$

имеем:

$$j_3 = \frac{F_{\text{тор}} + m \cdot g \cdot f + F_{\Pi} + F_B}{m \cdot \delta_{\text{н}}},$$

или

$$j_3 = \frac{F_{\text{тор}} + F_K + F_{\Pi} + F_B}{m \cdot \delta_{\text{н}}}. \quad (43)$$

Полученное уравнение описывает движение автомобиля при торможении с отключённым двигателем без скольжения шин по дороге. Из него видно, что замедление увеличивается по мере роста тормозных сил и сил сопротивлений. Замедление уменьшается при увеличении массы автомобиля и моментов инерции вращающихся масс.

Максимальное значение замедления ограничивается сцеплением колёс с дорогой по условию (41), когда

$$X_1 + X_2 = -Z \cdot \varphi = -m \cdot g \cdot \varphi.$$

В этом случае уравнение (1.40) принимает вид:

$$-m \cdot g \cdot \varphi + m \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot j_3 - F_{\Pi} - F_B = 0,$$

откуда

$$j_3 = \frac{m \cdot g \cdot \varphi + F_{\Pi} + F_B}{m \cdot \delta_{\text{вп}}}. \quad (44)$$

При экстренном торможении $m \cdot g \cdot \varphi = F_{\text{тор}}$ значительно больше составляющих F_{Π} и F_B и, если принять, что $\delta_{\text{вп}} \approx 1$, то

$$j_3 = \varphi \cdot g. \quad (45)$$

Вследствие влияния многочисленных дополнительных факторов (неодновременность действия тормозов по различным колёсам, различие в вертикальной составляющей сил по осям автомобиля и других) формула

(45) даёт несколько завышенный результат по сравнению с экспериментальными исследованиями.

В связи с этим Д.П. Великановым рекомендуется коррекция выражения (45) путём введения *коэффициента эффективности торможения* K_3 :

$$j_3 = \frac{\varphi \cdot g}{K_3}. \quad (46)$$

Для легковых автомобилей $K_3=1,2$, а для грузовых и автобусов $K_3=1,3\dots1,4$. При торможении на влажных и скользких дорогах сила сцепления на всех колёсах достигается практически одновременно, поэтому при $\varphi \leq 0,4$ необходимо принимать $K_3=1$.

1.4.2. Путь и продолжительность (время) торможения

Рассмотрим вначале качественную картину изменения скорости и ускорения в процессе торможения (рис. 15).

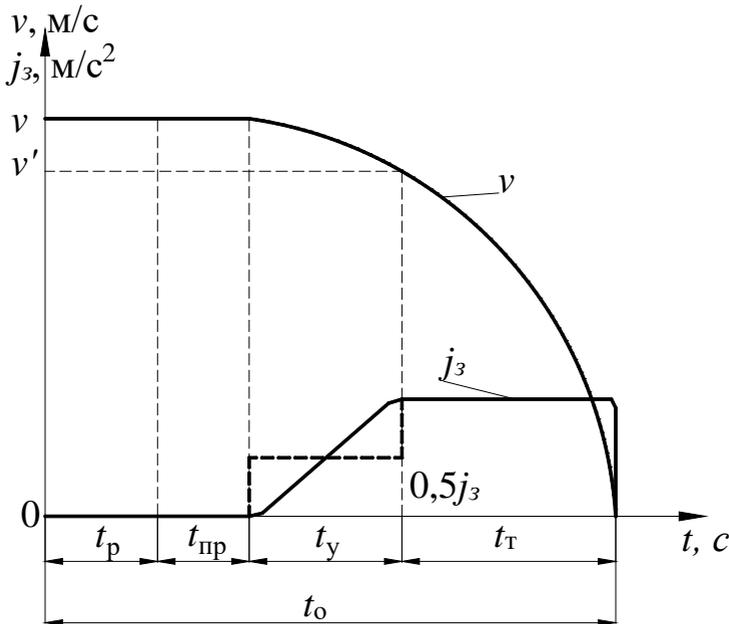


Рис. 15. Изменение скорости и замедления при экстренном торможении:
 t_p - время реакции водителя; $t_{пр}$ - время от нажатия на педаль тормоза до момента начала их действия; t_y - время увеличения замедления; t_T - время непосредственного торможения; t_0 - «остановочное время»

Как видно в промежутке времени $(t_p+t_{пр}) v=const$, а ускорение $j=0$, в течение времени t_y скорость автомобиля падает от v до v' , а ускорение растёт почти линейно от 0 до j_3 , а в дальнейшем $j=const$, а скорость падает от v_a до 0.

Общая продолжительность (время) остановки автомобиля от момента возникновения препятствия

$$t_0 = t_p + t_{пр} + t_y + t_{т}. \quad (47)$$

Сумму $(t_{пр}+t_y)$ называют временем срабатывания тормозного привода.

Время t_p зависит от квалификации водителя, его возраста, состояния утомляемости и других субъективных факторов. Оно колеблется в пределах 0,2-1,5 с. В расчёты обычно закладывают 0,8 с.

Время $t_{пр}$ необходимо для выбора зазоров и перемещения всех деталей привода. Его продолжительность определяется конструкцией тормозной системы и её техническим состоянием. В среднем для гидравлического привода оно составляет 0,2 с, а для пневматического - 0,6с. У автопоездов $t_{пр}$ может достигать 2,0 с.

Отрезок t_y характеризует динамику нарастания замедления от 0 до максимального значения, $t_y \approx 0,5$ с.

Для определения остановочного времени рассмотрим подробнее схему, представленную на рис. 15.

За отрезок t_y замедление изменяется по линейному закону, поэтому можно считать, что автомобиль движется с постоянным замедлением, равным $0,5 \cdot j_3$ (штриховая линия). В этом случае

$$v' = v - t_y \cdot 0,5 \cdot j_3. \quad (48)$$

Если считать, что в дальнейшем $j_3=const$, то на участке $t_{т}$ скорость изменяется от v' до 0 по линейному закону, в этом случае

$$v' = j_3 \cdot t_{т}, \quad (49)$$

откуда

$$t_{т} = \frac{v'}{j_3} = \frac{v}{j_3} - 0,5 \cdot t_y. \quad (50)$$

Таким образом,

$$t_0 = t_p + t_{пр} + t_y + \frac{v}{j_3} - 0,5 \cdot t_y,$$

или

$$t_0 = t_p + t_{пр} + 0,5 \cdot t_y + \frac{v}{j_3}. \quad (51)$$

Обозначив

$$t_p + t_{пр} + 0,5 \cdot t_y = t_{\Sigma}$$

и привлекая соотношение (46), имеем

$$t_0 = t_{\Sigma} + \frac{v \cdot K_3}{\varphi \cdot g}. \quad (52)$$

Для определения остановочного пути S_0 при торможении используют графоаналитический метод, аналогичный тому, как при определении пути разгона. Однако эту же величину можно определить, исходя из следующих соображений:

$$S_0 = S_p + S_{np} + S_y + S_r, \quad (53)$$

где

$$S_p = v \cdot t_p,$$

$$S_{np} = v \cdot t_{np},$$

так как в этот период скорость $v = const$.

Путь, проходимый автомобилем за промежуток времени t_y , вычисляем, исходя из схемы (рис. 16).

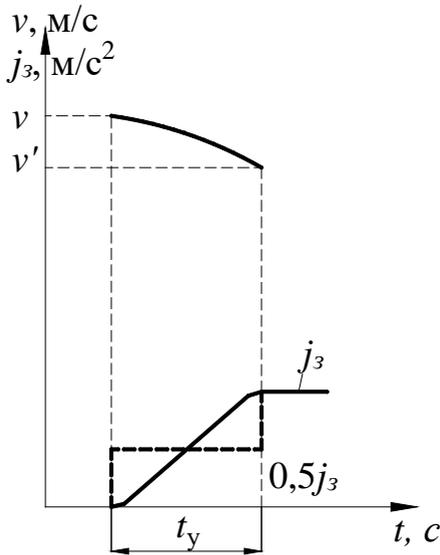


Рис. 16. Схема для вычисления пути S_y

На участке t_y , ввиду его относительной малости, можно считать, что замедление автомобиля увеличивается от 0 до j_z по линейному закону, а скорость — уменьшается от v до v' по закону, близкому к линейному. Такой характер движения можно эквивалентно описать движением с постоянным замедлением, равным $0,5 \cdot j_z$ (штриховая линия). В этом случае величина среднего замедления на участке t_y

$$j_{cp} = 0,5 \cdot j_z = \frac{\Delta v}{t_y} = \frac{v - v'}{t_y}. \quad (54)$$

С другой стороны,

$$t_y = \frac{\Delta S}{v_{\text{cp}}},$$

где $\Delta S = S_y$, а

$$v_{\text{cp}} = \frac{v + v'}{2}.$$

В этом случае

$$t_y = \frac{2 \cdot S_y}{v + v''},$$

что вместе с выражением (54) обеспечит вычисление S_y :

$$0,5 \cdot j_3 = \frac{(v - v') \cdot (v + v'')}{2 \cdot S_y},$$

откуда

$$S_y = \frac{v^2 - (v')^2}{j_3}. \quad (55)$$

Составляющую непосредственного торможения S_T определим, используя известное выражение из общей механики для движения с постоянным ускорением (замедлением) j_3 и изменением скорости от v' до 0:

$$S_T = \frac{(v')^2}{2 \cdot j_3}. \quad (56)$$

Таким образом, общий остановочный путь в соответствии с полученными соотношениями будет:

$$S_o = v \cdot (t_p + t_{\text{np}}) + \frac{v^2 - (v')^2}{j_3} + \frac{(v')^2}{2 \cdot j_3},$$

или

$$S_o = v \cdot (t_p + t_{\text{np}}) + \frac{v^2}{j_3} - \frac{(v')^2}{2 \cdot j_3}.$$

С учётом выражения (48), и пренебрегая малым членом, содержащим t_y^2 , получаем:

$$S_o = v \cdot (t_p + t_{\text{np}} + 0,5 \cdot t_y) + \frac{v^2}{2 \cdot j_3}. \quad (57)$$

Величины продолжительности (времени) и пути торможения, рассчитанные по вышеприведённым формулам, являются минимально возможными. Для анализа процесса торможения от скорости 100 км/ч и выше эти выражения неприемлемы, так как торможение с полным использованием сил сцепления может привести к потере устойчивости и управляемости.

По данным исследований США для расчёта тормозного пути на сухом асфальтобетоне при $v_a > 100$ км/ч используют следующую формулу:

$$S_T = 0,2 \cdot v_a + 0,00005 \cdot v_a^3. \quad (58)$$

Например, пусть $v_a = 100$ км/ч, а $j_3 = 6$ м/с², тогда по формуле (56):

$$S_T = \frac{100^2}{26 \cdot 6} = 64 \text{ м,}$$

а по формуле (58):

$$S_T = 0,2 \cdot 100 + 0,00005 \cdot 100^3 = 70 \text{ м.}$$

1.4.3. Нормативы тормозной динамичности автомобилей

В соответствии с ГОСТ 33997-2016 «Межгосударственный стандарт. Колёсные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» проводятся стендовые и дорожные испытания с целью определения эффективности тормозной системы.

Что касается дорожных испытаний, то их проводят на горизонтальном участке дороги с ровным, сухим и чистым цементно- или асфальтобетонном покрытии при скорости с начала торможения 40 км/ч для автомобилей, автобусов и автопоездов. Транспортные средства испытывают в снаряжённом состоянии с водителем путём однократного воздействия на орган управления рабочей тормозной системы.

Нормативные значения тормозного пути и установившегося замедления приведены в нижеследующей табл. 4.

Таблица 4

Нормативы тормозной динамичности

Категория транспортного средства	Усилие P_n на органе управления, Н, не более	Тормозной путь S_T , м, не более		Установившееся замедление $j_{уст}$, м/с ² , не менее		Время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$, с, не более
		рабочей тормозной системы	запасной тормозной системы	рабочей тормозной системы	запасной тормозной системы	
1	2	3	4	5	6	7
M1	490	16,6	-	4,9	-	0,6
M1*	490	19,8	-	3,9	-	0,6
M2, M3	686 (589**)	18,6	30,6	4,9	2,4	0,8
N1	686 (589**)	16,6	-	4,9	-	0,6
N2, N3	686 (589**)	20,0	34,0	4,4	2,2	0,8
L1***	350	21,8	-	3,4	-	-
	200	26,9		2,7		
L2***	350	26,9	-	2,7	-	-
	200	26,9		2,7		
L3***	350	25,0	-	4,4	-	-
	200	36,2		2,9		
L4***	350	29,4	-	3,6	-	-
	200	29,4		3,6		

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
L4***	$\frac{500}{400}$	-	41,2	-	2,5	-
L5, L6, L7	$\frac{500}{(400)**}$	22,6	41,2	5,0	2,5	-

* Для ТС с прицепом без тормозной системы.

** Для ТС с ручным органом управления запасной тормозной системы.

*** Для ТС категорий L1-L4 в числителе - усилие на ножном органе управления, тормозной путь и установившееся замедление при торможении передним тормозом; в знаменателе - усилие на ручном органе управления, тормозной путь и установившееся замедление при торможении задним тормозом.

Автомобили, у которых эксплуатационные свойства по тормозной динамичности не удовлетворяют требованиям вышеприведённой таблицы, к эксплуатации не допускаются.

Кроме того, автомобили не подлежат эксплуатации при наличии нижеприведенных дефектов:

- утечки сжатого воздуха из тормозных камер;
- нарушения герметичности трубопроводов или соединений в гидравлическом тормозном приводе и подтекания тормозной жидкости;
- коррозия трубопроводов или деталей тормозного привода, грозящая потерей герметичности или разрушением;
- перегибы, видимые перетирания и других механические повреждения тормозных трубопроводов;
- трещины или остаточная деформация деталей тормозного привода;
- набухание под давлением, наличие трещин и видимых мест перетирания тормозных шлангов;
- нарушение целостности и демонтаж регулятора тормозных сил, предусмотренного эксплуатационной документацией ТС;
- нарушение работоспособности средств сигнализации и контроля тормозных систем, манометров пневматического и пневмогидравлического тормозного привода;
- видимые повреждения, ненадёжное крепление и отсоединение элементов антиблокировочной системы (АБС);
- стояночная тормозная система не обеспечивает неподвижное состояние транспортных средств с полной нагрузкой на уклоне до 16% включительно, по легковым автомобилям и автобусам эта норма составляет 23%, а по грузовым автомобилям и автопоездам - 31%.

1.4.4. Пути повышения тормозной динамичности

Для повышения тормозной динамичности и активной безопасности автомобиля применяют регуляторы, обеспечивающие более полное использование сцепления колёс с дорогой каждым колесом и антиблокировочные системы, предотвращающие «юз». Для уменьшения времени $t_{пр}$ устанавливаются быстродействующие тормозные приводы, а для увеличения тормозного момента - усилители.

Наиболее эффективными в любом случае являются АБС, появившиеся впервые в 1954 году.

В АБС любого типа используется зависимость коэффициента сцепления φ от степени проскальзывания колеса λ , определяемой по соотношению:

$$\lambda = (v_k - \omega_k \cdot r) / v_k,$$

где v_k и ω_k – соответственно, линейная скорость центра, м/с, и угловая скорость вращения колеса, рад/с.

Если $v_k = \omega_k \cdot r$, то имеет место чистое качение, при этом $\lambda = 0$, т.е. проскальзывания нет.

Если $v_k > \omega_k \cdot r$, то колесо катится с проскальзыванием, что соответствует ведомому и тормозному режимам, т.е. $0 < \lambda < 1$.

Если $\omega_k = 0$, то $\lambda = 1$, и колесо двигается не вращаясь, что соответствует режиму юза. При $v_k < \omega_k \cdot r$ колесо катится с пробуксовкой (активный режим) и $\lambda < 0$. При уменьшении скорости v_k до нуля колесо вращается, но автомобиль остаётся на месте $\lambda \rightarrow -\infty$.

Экспериментальная зависимость $\varphi(\lambda)$ показана на рис. 17.

В ведомом режиме (участок OA) колесо нагружено силами сопротивления движению, касательная реакция невелика. Соответственно, малы касательная деформация шины, φ и λ . При введении в действие тормозного момента касательная реакция дороги возрастает, коэффициент сцепления увеличивается по AB , достигая φ_{max} , а степень проскальзывания - граничного значения $\lambda_{гр}$. В этот момент эффективность действия тормозов - наивысшая.

При дальнейшем увеличении тормозного момента по дороге начинает скользить почти вся зона контакта, возникает трение скольжения, а касательная реакция уменьшается, в результате чего в некоторой точке C наступает блокировка колёс ($\lambda = 1$). По времени этот процесс занимает меньше 1 с, величина $\varphi_{ю}$ меньше φ_{max} при движении по сухому покрытию на 10-15%, по мокрому - на 20-30%.

Основное назначение АБС - создание режима торможения в зоне точки B (рис. 17). Для решения этой задачи рассмотрим силовое взаимодействие колеса с дорогой.

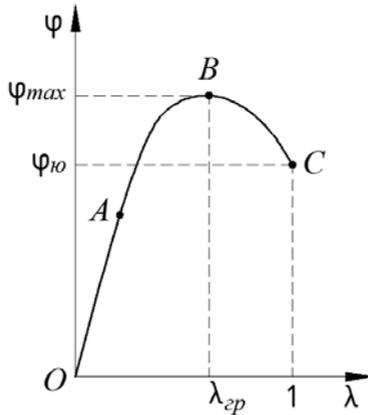


Рис. 17. Зависимость коэффициента сцепления φ от степени проскальзывания λ в пассивном режиме движения

При воздействии тормозного момента на колесо $M_{\text{тор}}$ его угловая скорость уменьшается, вызывая появление инерционного момента $M_{\text{и}}$ (рис. 18, а).

Величина его

$$M_{\text{и}} = -I_{\text{к}} \cdot \varepsilon_{\text{к}},$$

где $I_{\text{к}}$ – момент инерции колеса, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $\varepsilon_{\text{к}}$ – угловое замедление колеса, $\text{рад}/\text{с}^2$.

Момент касательной реакции дороги

$$M_{\text{х}} = X \cdot r = Z \cdot \varphi \cdot r = M_{\text{и}} - M_{\text{тор}}.$$

Если приближённо считать величины Z и r постоянными, то момент $M_{\text{х}}$ прямо пропорционален φ , то есть кривая $M_{\text{х}}=f(\lambda)$ будет аналогична $\varphi(\lambda)$ (рис. 17) с максимумом при $\lambda=\lambda_{\text{гр}}$. В то же время момент $M_{\text{х}}$ в любой точке графика (по абсолютной величине) является разностью тормозного $M_{\text{тор}}$ и инерционного $M_{\text{и}}$ моментов. При $\lambda=1$, как известно, возникает недопустимый юз колёс.

Во избежание этого АБС срабатывает в некоторой точке C (рис. 18, б), в результате чего тормозной момент принудительно снижается до уровня точки E и поддерживается на постоянном уровне EF .

Уменьшение $M_{\text{тор}}$ вызывает снижение углового замедления, которое в точке D снижается до нуля, а затем становится отрицательным, что означает разгон автомобиля. В точке F тормозной момент начинает увеличиваться, доводя режим движения колеса до равномерного вращения (точка G), и до исходного значения $M_{\text{тор}}$ (точка A), после чего цикл работы повторяется.

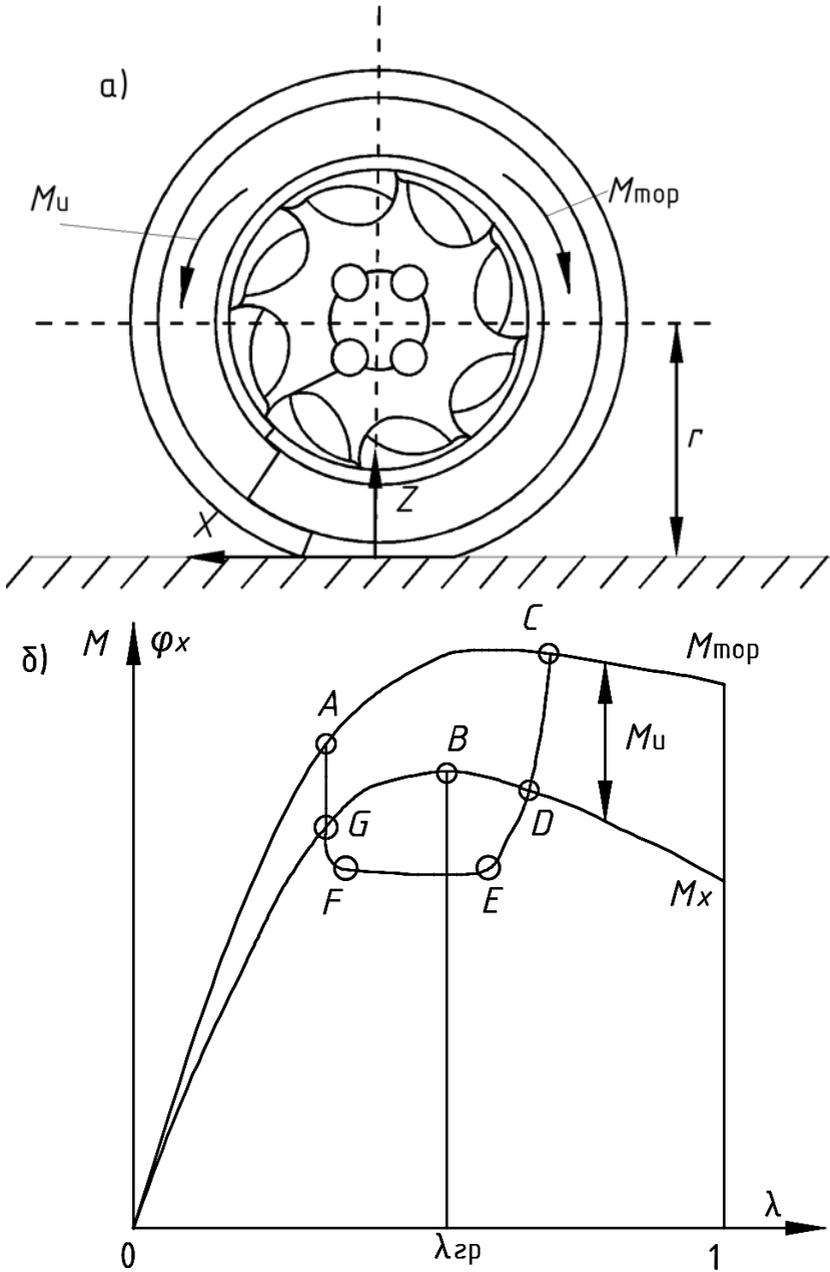


Рис. 18. Силовое взаимодействие колеса с дорогой при проскальзывании

Таким образом, при работе АБС тормозной момент изменяется по контуру $ACDEFGA$, в результате чего значения коэффициента проскальзывания близки к $\lambda_{тр}$, а значения коэффициента сцепления - к φ_{max} . В современных системах колебания λ относительно $\lambda_{тр}$ не превышают 0,05-0,10, а коэффициент сцепления близок к максимальному с точностью до 1%. Частота колебаний по заданной схеме составляет 2-10 Гц.

На рисунке 19 приведена зависимость силы торможения $F_{тор}$ от коэффициента скольжения S , из которого видно, что максимального значения величина $F_{тор}$ достигает при значениях S в интервале от 10% до 30%.

Важно заметить, что при малых S (от 0% до 7%) сила торможения линейно зависит от скольжения, что обеспечивает наиболее эффективное торможение. Это имеет место при плавном и медленном нажатии на педаль тормоза.

При более интенсивном торможении скольжение S растёт, а сила $F_{тор}$ торможения начинает уменьшаться или, в лучшем случае, остаётся постоянной.

Следовательно, основной задачей АБС является автоматическое (без участия водителя) поддержание коэффициента скольжения S в пределах от 10% до 30%, когда сила торможения автомобиля максимальна.

Программы управления АБС могут быть неадаптивные (алгоритм функционирования поддерживает заданную величину λ) и адаптивные (сами определяют её оптимальную величину). Известен алгоритм функционирования АБС для условия регулирования угловой скорости колеса ω_k по скорости автомобиля v_a , обеспечивающий максимальный коэффициент сцепления φ_{max} в продольном направлении с учётом динамического радиуса колеса R_0 :

для сухого асфальта $\omega_k=0,63 v_a/R_0$;

для мокрого асфальта $\omega_k=0,72 v_a/R_0$.

При некоторых состояниях дорожного покрытия, например, на твёрдом и сухом бетоне, система АБС может привести к некоторому увеличению тормозного пути автомобиля по сравнению с этим показателем для случая интенсивного торможения с выключенной АБС. Также на рыхлых поверхностях, таких как глубокий снег, песок или гравий, заблокированные при торможении колёса начинают зарываться в поверхность, что даёт дополнительное замедление. Незаблокированные колёса тормозят в этих условиях медленнее. Для того чтобы можно было эффективно тормозить в таких условиях, АБС на некоторых моделях автомобилей делают отключаемой.

Кроме того, некоторые типы АБС имеют специальный алгоритм торможения для рыхлой поверхности, который приводит к многочисленным кратковременным блокировкам колёс. Такая техника

торможения позволяет достичь эффективного замедления без потери управляемости, как при полной блокировке. Тип поверхности может быть установлен водителем вручную или может определяться системой автоматически, путём анализа поведения автомобиля или при помощи специальных датчиков определения дорожного покрытия.

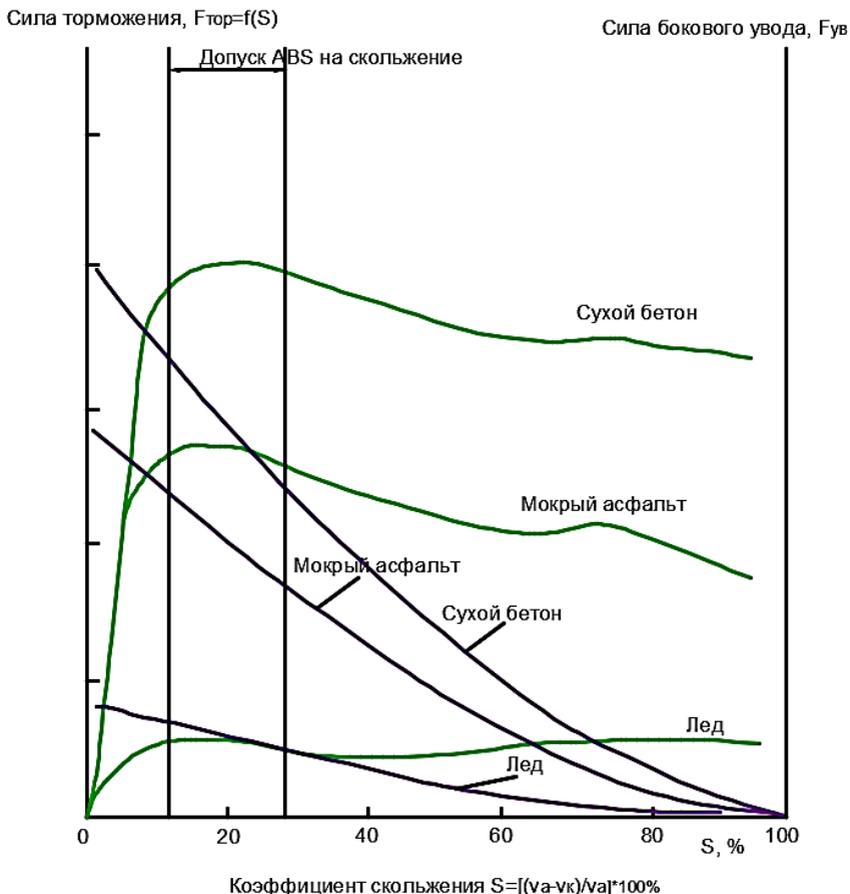


Рис. 19. Зависимость силы торможения $F_{\text{тор}}$ и силы бокового увода $F_{\text{ув}}$ от коэффициента скольжения S :

- Сила торможения $F_{\text{тор}}$
- Сила бокового увода $F_{\text{ув}}$

Таким образом, в ABS используют механические и электронные датчики в комплексе с модуляторами давления в тормозной системе. Определено, что при движении автомобиля, оборудованного ABS, по сухой

дороге с твёрдым покрытием тормозной путь уменьшается на 10-15%, а по дороге с мокрым покрытием – на 25-30%.

Вопросы для самопроверки

1. В чём заключается ключевая роль транспорта для экономики страны?
2. Почему при изучении конструктивной безопасности ТС элементы «человек – автомобиль – дорога – среда» объединяют в одну систему?
3. Виды конструктивной безопасности автомобиля.
4. Основные эксплуатационные свойства автомобиля, влияющие на безопасность.
5. Какие задачи поставлены Федеральной целевой программой «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 гг.»?
6. Состояние безопасности дорожного движения в России на настоящий момент.
7. Внешняя скоростная характеристика ДВС.
8. Как выглядит уравнение движения автомобиля?
9. Из чего складывается сила сопротивления дороги?
10. Как определить силу тяги на ведущих колесах автомобиля?
11. Силы, действующие на колесо автомобиля.
12. Коэффициент сцепления колёс с дорожным покрытием.
13. Как рассчитать силу сопротивления воздуха?
14. Что такое приведённая сила инерции автомобиля и как её рассчитать?
15. Как рассчитать скорость движения автомобиля?
16. Что описывает формула Лейддермана?
17. Как определить максимальную скорость движения автомобиля из уравнения движения?
18. Как определить максимальное ускорение автомобиля из уравнения движения?
19. Какие существуют тормозные системы автомобилей?
20. Что такое рабочая тормозная система и её возможности?
21. Какие силы и моменты возникают при торможении автомобиля?
22. Какие ограничения накладываются на величину тормозной силы колеса?
23. Чем чревато возникновение юза колёс при торможении?
24. Как определить максимальное замедление автомобиля при торможении?
25. Что такое коэффициент эффективности торможения и как его выбрать?
26. Как выглядят кривые скорости и замедления при экстренном торможении?
27. Как назначить величину времени реакции водителя?
28. Как определить общее время, затраченное на остановку при экстренном торможении автомобиля?
29. Как определить величину остановочного пути при экстренном торможении автомобиля?
30. Чем отличается тормозной и остановочный пути автомобиля при экстренном торможении?
21. Как определить тормозной путь, если скорость автомобиля превышает

100 км/ч?

32. Какие нормативы тормозной динамичности заложены в стандарты?
33. Наличие каких дефектов тормозных систем запрещает эксплуатацию автомобиля?
34. Как работают системы АБС?

2. УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Устойчивость автомобиля непосредственно связана с безопасностью дорожного движения. В ситуации, когда движение автомобиля неустойчиво, водитель вынужден особо внимательно следить за дорожной обстановкой, корректируется движение ТС, что приводит к нервному перенапряжению и быстрой утомляемости, и, в свою очередь, повышает вероятность ДТП.

Нарушение устойчивости автомобиля выражается в произвольном изменении направления его движения, его опрокидывании или скольжении шин по дороге. Различают продольную и поперечную устойчивость.

Курсовой устойчивостью автомобиля называют его свойство двигаться без корректирующих воздействий со стороны водителя, то есть, при неизменном положении рулевого колеса. Автомобиль с плохой курсовой устойчивостью произвольно меняет направление движения, как бы «рыскает» по дороге.

Потеря **поперечной устойчивости** особенно ярко проявляется при криволинейном движении и может привести к заносу или опрокидыванию, а потеря **продольной устойчивости** выражается, как правило, в буксовании ведущих колёс, особенно часто наблюдаемом при преодолении автопоездом затяжных подъёмов на скользких дорогах.

2.1. Курсовая устойчивость

Причинами нарушения курсовой устойчивости являются возмущающие силы от действия следующих факторов:

- поперечной составляющей силы тяжести автомобиля;
- бокового ветра;
- ударов колёс о неровности дороги;
- неоднородность продольных сил с правой и левой стороны автомобиля.

При криволинейном движении к ним добавляются центробежные силы.

Одной из предпосылок потери устойчивости является скорость автомобиля, не соответствующая дорожным условиям, когда тяговая сила F_T приближается по величине к силе сцепления колёс с дорогой $F_{сч}$.

Тяговая сила при движении на подъём с ускорением:

$$F_T = m \cdot g \cdot \left(f + i + \frac{\delta_{вп}}{g} \cdot j \right) + W_B \cdot v^2, \quad (59)$$

обозначения, используемые в данной формуле, были раскрыты ранее в подразделе 1.3 «Тяговая динамичность автомобиля».

Для определения величины силы сцепления $F_{\text{сц}}$ рассмотрим распределение нагрузки на колёса автомобиля (рис. 20).

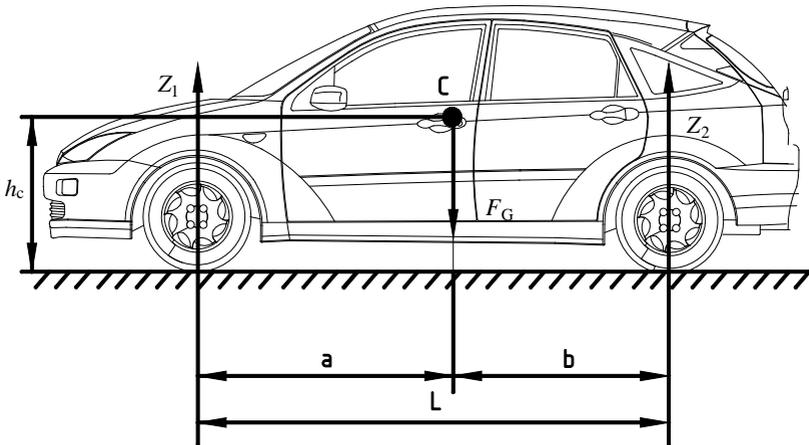


Рис. 20. Распределение весовой нагрузки по осям

На схеме точкой C обозначен центр массы автомобиля, h_c - высота центра масс, m ; a и b - расстояние от осей автомобиля до центра масс, m ; L - база автомобиля, m .

При переднем приводе $F_{\text{сц}} = Z_1 \cdot \varphi$.

В статическом состоянии реакции дороги Z_1 и Z_2 определяются из рассмотрения условий равновесия системы сил, представленной рис. 20:

$$F_z = 0 : Z_1 + Z_2 - F_G = 0,$$

$$\sum M_c(F_i) = 0 : Z_1 \cdot a - Z_2 \cdot b = 0.$$

Таким образом, после некоторых преобразований имеем:

$$Z_1 = \frac{m \cdot g \cdot b}{a + b} = \frac{m \cdot g \cdot b}{L},$$

$$Z_2 = \frac{m \cdot g \cdot a}{a + b} = \frac{m \cdot g \cdot a}{L}.$$

При движении автомобиля происходит известное перераспределение нагрузки по осям вследствие общего продольного наклона (дифферент), действия инерционной нагрузки и сопротивления воздуха. Учёт такого факта проводится путём введения **коэффициента изменения реакций** по осям m_{p1} и m_{p2} :

$$\begin{cases} Z_1 = m_{p1} \cdot \frac{m \cdot g \cdot b}{L}, \\ Z_2 = m_{p2} \cdot \frac{m \cdot g \cdot a}{L}. \end{cases} \quad (60)$$

причём для условий разгона автомобиля $m_{p1}=0,65-0,90$, а $m_{p2}=1,05-1,35$.

Следовательно, для ведущих колёс в условиях разгона сила сцепления

$$F_{\text{сц1}} = m_{p1} \cdot \frac{m \cdot g \cdot a \cdot \varphi}{L}. \quad (61)$$

Приравнивая правые части выражений (59) и (61) и разрешая их относительно v , получаем выражение для скорости, максимально допустимой при прямолинейном движении без пробуксовки ведущих колёс, м/с:

$$v_{\text{бук}} = \sqrt{\frac{m \cdot g}{W_{\text{в}}} \cdot \left(m_{p1} \cdot \frac{a \cdot \varphi}{L} - f - i - \frac{\delta_{\text{вп}}}{g} \cdot j \right)}, \quad (62)$$

из которого понятно, что $v_{\text{бук}}$ уменьшается при уменьшении коэффициента сцепления φ , а также при увеличении ускорения j .

Движение автомобиля со скоростью, близкой к $v_{\text{бук}}$, является одной из предпосылок заноса.

Автомобили обязательно испытывают на курсовую устойчивость в соответствии с ГОСТ 31507-2012 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний».

2.2. Поперечная устойчивость

Причиной потери поперечной устойчивости автомобиля являются центробежные силы, возникающие при криволинейном его движении.

Рассмотрим схему поворота автомобиля в плане (рис. 21).

На участке 1-2 автомобиль движется прямолинейно. От точки 2 до точки 3 водитель поворачивает рулевое колесо, автомобиль движется по кривой уменьшающегося радиуса. На участке 3-4 положение управляемых колёс, повёрнутых на угол θ остаётся постоянным, автомобиль движется по дуге окружности. Участок 4-5 соответствует возврату рулевого колеса в исходное состояние, участок 5-6 - прямолинейному движению в новом направлении.

Мгновенный центр скоростей (центр поворота) автомобиля располагается в точке пересечения перпендикуляров к векторам скоростей средних точек мостов. При отсутствии увода и скольжения колёс по вертикали (на схеме) точка O лежит на продолжении оси задних колёс.

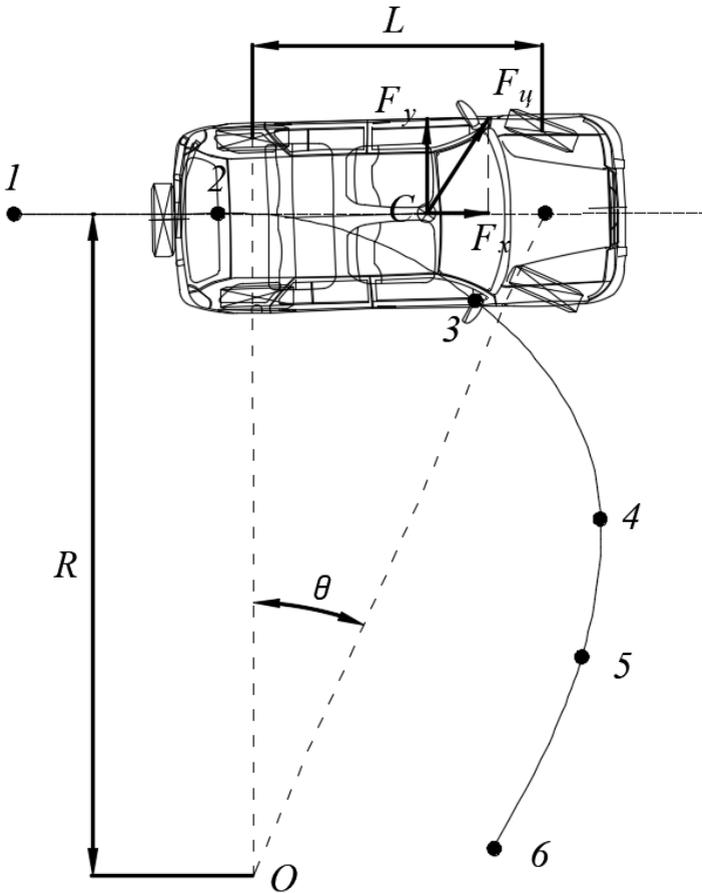


Рис. 21. Схема поворота автомобиля

Расстояние от точки O до середины заднего моста – радиус поворота, с учёт малых значений углов поворота управляемых колёс автомобилей

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg} \theta} \approx \frac{L}{\theta}. \quad (63)$$

Центробежную силу $F_{\text{ц}}$, приложенную в центре масс автомобиля (точка C), можно разложить на две составляющие F_x и F_y , причём с точки зрения безопасности основное значение имеет сила F_y , стремящаяся вызвать занос или опрокидывание автомобиля.

При равномерном движении по дуге

$$F_y = m \cdot j_{\text{цс}},$$

где центростремительное ускорение

$$j_{цс} = \frac{v^2}{R},$$

то есть

$$F_y = m \cdot \frac{v^2}{R}. \quad (64)$$

Используя полученное соотношение, рассмотрим устойчивость против поперечного скольжения автомобиля,двигающегося в заведомо худших условиях – движение на кривой с поперечным уклоном, направленным наружу (антивираж) (рис. 22).

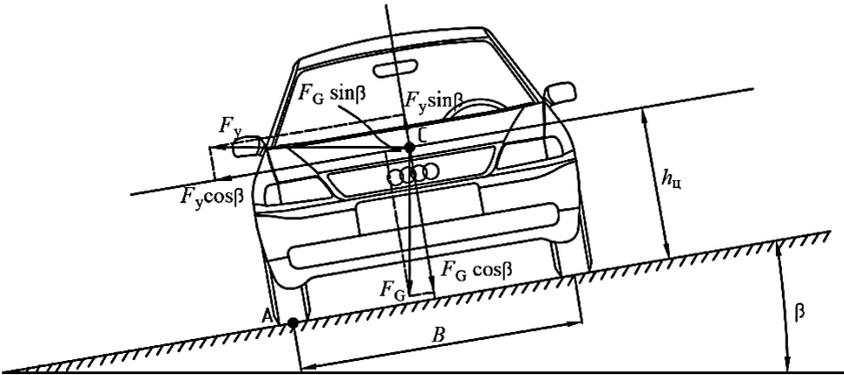


Рис. 22. Силы, действующие на автомобиль, при движении на антивираже

В центре масс (точка С) действуют две силы: сила тяжести автомобиля F_G и центробежная F_y . Разложив каждую из них на две - параллельно и перпендикулярно плоскости дорожного полотна, получаем:

- суммарную силу, вызывающую занос (или опрокидывающую автомобиль)

$$F_y \cdot \cos \beta + F_G \cdot \sin \beta,$$

- суммарную силу, прижимающую автомобиль к дорожному полотну

$$F_G \cdot \cos \beta - F_y \cdot \sin \beta.$$

Таким образом, сила поперечного сцепления

$$F_{цс} = (F_G \cdot \cos \beta - F_y \cdot \sin \beta) \cdot \varphi_y,$$

где φ_y – коэффициент поперечного сцепления (в инженерных расчётах допускается принимать $\varphi_y = 0,8 \cdot \varphi$),

а условием отсутствия заноса будет неравенство:

$$F_y \cdot \cos \beta + F_G \cdot \sin \beta \leq (F_G \cdot \cos \beta - F_y \cdot \sin \beta) \cdot \varphi_y,$$

или

$$m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \beta + m \cdot g \cdot \sin \beta \leq \left(m \cdot g \cdot \cos \beta - m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \sin \beta \right) \cdot \varphi_y.$$

После некоторых преобразований (сократим на m , разделим обе части неравенства на $\cos\beta$) получаем:

$$\frac{v^2}{R} + g \cdot \operatorname{tg} \beta \leq \left(g - \frac{v^2}{R} \cdot \operatorname{tg} \beta \right) \cdot \varphi_y. \quad (65)$$

В предельном случае из выражения (65) можно получить значение максимальной скорости автомобиля при отсутствии бокового скольжения (критической скорости по условиям бокового скольжения):

$$\begin{aligned} \frac{v^2}{R} + \frac{v^2}{R} \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \varphi_y &\leq (\varphi_y - \operatorname{tg} \beta) \cdot g, \\ \frac{v^2}{R} \cdot (1 + \operatorname{tg} \beta \cdot \varphi_y) &\leq (\varphi_y - \operatorname{tg} \beta) \cdot g, \\ v_{\text{ск}} &= \sqrt{\frac{R \cdot g \cdot (\varphi_y - \operatorname{tg} \beta)}{1 + \varphi_y \cdot \operatorname{tg} \beta}}. \end{aligned} \quad (66)$$

При движении по дороге без поперечного уклона ($\beta=0$):

$$v_{\text{ск}} = \sqrt{R \cdot g \cdot \varphi_y}. \quad (67)$$

Из выражения (65) можно найти максимальный (критический) угол косогора дороги, по которому автомобиль может двигаться без поперечного скольжения:

$$\begin{aligned} g \cdot \operatorname{tg} \beta + \frac{v^2}{R} \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \varphi_y &\leq g \cdot \varphi_y - \frac{v^2}{R}, \\ \operatorname{tg} \beta \cdot \left(g + \frac{v^2}{R} \cdot \varphi_y \right) &\leq g \cdot \varphi_y - \frac{v^2}{R}, \\ \operatorname{tg} \beta \cdot (R \cdot g + v^2 \cdot \varphi_y) &\leq R \cdot g \cdot \varphi_y - v^2, \\ \operatorname{tg} \beta_{\text{ск}} &= \frac{R \cdot g \cdot \varphi_y - v^2}{R \cdot g + v^2 \cdot \varphi_y}. \end{aligned} \quad (68)$$

При движении по прямолинейному участку ($R \rightarrow \infty$):

$$\operatorname{tg} \beta_{\text{ск}} = \varphi_y. \quad (69)$$

Для повышения безопасности на скоростных магистралях выполняются виражи – участки дороги с поворотом, имеющие поперечный уклон, направленный к центру закругления.

Кроме того, при левом повороте автомобиля поперечные силы $F_y \cdot \cos \beta$ и $F_G \cdot \sin \beta$, складываясь, могут вызвать его опрокидывание.

Уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через контакты шин внешних колес (точка А на рис. 22), имеет вид:

$$(F_y \cdot \cos \beta + F_G \cdot \sin \beta) \cdot h_{\text{ц}} = (F_G \cdot \cos \beta - F_y \cdot \sin \beta) \cdot \frac{B}{2}.$$

Подставив сюда значение силы F_y из (64) и проведя необходимые преобразования, получим максимально возможное значение скорости

(критической скорости), которую может иметь автомобиль без угрозы опрокидывания:

$$\left(m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \beta + m \cdot g \cdot \sin \beta\right) \cdot h_{ц} = \left(m \cdot g \cdot \cos \beta - m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \sin \beta\right) \cdot \frac{B}{2},$$

$$\left(m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \beta + m \cdot g \cdot \sin \beta\right) \cdot h_{ц} = \left(m \cdot g \cdot \cos \beta - m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \sin \beta\right) \cdot \frac{B}{2},$$

сократим на m , разделим обе части уравнения на $\cos \beta$:

$$\left(\frac{v^2}{R} + g \cdot \operatorname{tg} \beta\right) \cdot h_{ц} = \left(g - \frac{v^2}{R} \cdot \operatorname{tg} \beta\right) \cdot \frac{B}{2}, \quad (70)$$

$$\frac{v^2}{R} \cdot h_{ц} + \frac{v^2}{R} \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \frac{B}{2} = g \cdot \frac{B}{2} - g \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot h_{ц},$$

$$\frac{v^2}{R} \cdot (h_{ц} + 0,5 \cdot B \cdot \operatorname{tg} \beta) = g \cdot (0,5 \cdot B - \operatorname{tg} \beta \cdot h_{ц}),$$

$$v_{\text{опр}} = \sqrt{R \cdot g \cdot \frac{0,5 \cdot B - \operatorname{tg} \beta \cdot h_{ц}}{h_{ц} + 0,5 \cdot B \cdot \operatorname{tg} \beta}}. \quad (71)$$

При движении по горизонтальному участку ($\beta=0$):

$$v_{\text{опр}} = \sqrt{0,5 \cdot B \cdot R \cdot g / h_{ц}}. \quad (72)$$

Из выражения (70) можно определить величину максимально допустимого (критического) угла косогора, по которому автомобиль может двигаться без опрокидывания:

$$g \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot h_{ц} + \frac{v^2}{R} \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \frac{B}{2} = g \cdot \frac{B}{2} - \frac{v^2}{R} \cdot h_{ц},$$

$$\operatorname{tg} \beta \cdot (R \cdot g \cdot h_{ц} + 0,5 \cdot B \cdot v^2) = 0,5 \cdot B \cdot R \cdot g - v^2 \cdot h_{ц},$$

$$\operatorname{tg} \beta_{\text{опр}} = \frac{0,5 \cdot B \cdot R \cdot g - v^2 \cdot h_{ц}}{R \cdot g \cdot h_{ц} + 0,5 \cdot B \cdot v^2}. \quad (73)$$

Как видно, устойчивость автомобиля возрастает с увеличением колеи B и радиуса R , а также при снижении высоты центра тяжести $h_{ц}$ и уменьшении угла косогора β .

Отношение $B/2h_{ц}$ называют коэффициентом поперечной устойчивости, величина его колеблется от 0,55-0,80 (грузовые автомобили) до 0,9-1,2 (легковые).

В вышеприведённых выводах предполагалось, что автомобиль представляет собой абсолютно жёсткое тело. В действительности это не так, имеются подрессорные и непрорессорные массы, связанные друг с другом упругой подвеской.

В результате этого центр масс имеет тенденцию к смещению, в частности, при поперечных кренах кузова.

Это приводит к фактическому уменьшению скорости опрокидывания по сравнению с расчётной на 10-15%.

2.3. Устойчивость переднего и заднего мостов

При определении скорости бокового скольжения $v_{ск}$ (см. рис. 21) предполагалось, что оба моста скользят в поперечном направлении одновременно. На практике в начальный период наблюдается занос одного из мостов.

Как известно, для качения колеса без поперечного и продольного проскальзывания необходимо соблюдать условие:

$$F_{сц} = Z \cdot \varphi \geq \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad (74)$$

где X , Y и Z - касательная, поперечная и нормальная реакция дороги, Н.

Из исходного выражения (74) можно найти:

$$\varphi \geq \sqrt{\left(\frac{X}{Z}\right)^2 + \left(\frac{Y}{Z}\right)^2} = \sqrt{\chi^2 + \left(\frac{Y}{Z}\right)^2},$$

где χ - удельная касательная реакция, зависящая от режима движения.

Так, например:

- тяговый (активный) режим:

$$\chi = \frac{F_T}{Z},$$

где F_T - сила тяги, Н;

- тормозной режим:

$$\chi = \frac{F_{\text{тор}}}{Z},$$

где $F_{\text{тор}}$ - тормозная сила, Н;

- для ведомого колеса:

$$\chi = \frac{F_k}{Z} = f,$$

где F_k - сила сопротивления качению колеса, Н; f - коэффициент сопротивления качению колеса;

- режим интенсивного торможения:

$$\chi = \frac{F_{\text{тор}}}{Z} \approx \varphi.$$

Приравнивая Y к ранее найденному значению F_y по формуле (64), имеем в предельном случае

$$\varphi^2 = \chi^2 + \left(\frac{m \cdot v^2}{R \cdot Z}\right)^2. \quad (75)$$

Без учёта динамических нагрузок $Z \approx m \cdot g$, тогда максимальная скорость, при которой автомобиль будет двигаться без скольжения, определяется выражением:

$$v'_{\text{СК}} = \sqrt{R \cdot g \cdot \sqrt{\varphi^2 - \chi^2}}. \quad (76)$$

Скорость $v'_{\text{СК}}$ меньше $v_{\text{СК}}$, определённой по формуле (66) для случая равномерного движения автомобиля и разгона, примерно на 10-20%. При интенсивном торможении $\chi \approx \varphi$, скорость $v'_{\text{СК}} \approx 0$, и даже небольшое отклонение от прямолинейного движения может привести к заносу.

По аналогии с (76) можно записать формулы, отражающие критические скорости переднего и заднего мостов с учётом перераспределения нагрузки в зависимости от режима движения:

$$\begin{cases} v'_{\text{СК1}} = \sqrt{m_{p1} \cdot R \cdot g \cdot \sqrt{\varphi^2 - \chi_1^2}}, \\ v'_{\text{СК2}} = \sqrt{m_{p2} \cdot R \cdot g \cdot \sqrt{\varphi^2 - \chi_2^2}}, \end{cases} \quad (77)$$

где m_{p1} и m_{p2} - коэффициенты изменения вертикальных реакций при неравномерном движении (разгон, торможение).

Для двухосных автомобилей при разгоне $m_{p1}=0,65-0,90$, $m_{p2}=1,05-1,35$, а при торможении $m_{p1}=1,20-1,30$, $m_{p2}=0,70-0,80$.

В заднеприводных автомобилях в активном режиме $\chi_2 \gg \chi_1$, но хотя $m_{p2} > m_{p1}$, $v'_{\text{СК1}} > v'_{\text{СК2}}$, что означает наибольшую вероятность заноса заднего моста; в режиме торможения $\chi_2 \approx \chi_1$, $m_{p2} < m_{p1}$, поэтому также $v'_{\text{СК1}} > v'_{\text{СК2}}$, что тоже означает вероятность заноса заднего моста.

У переднеприводных автомобилей в активном режиме $\chi_2 \ll \chi_1$, но хотя $m_{p2} > m_{p1}$, $v'_{\text{СК1}} < v'_{\text{СК2}}$, т.е. наиболее вероятен занос переднего моста, а в режиме торможения при $\chi_2 \approx \chi_1$, $m_{p2} < m_{p1}$, $v'_{\text{СК1}} > v'_{\text{СК2}}$, что означает вероятность заноса заднего моста.

Для полноприводных автомобилей в активном режиме будут выполняться $\chi_2 \approx \chi_1$, $m_{p2} > m_{p1}$, $v'_{\text{СК1}} < v'_{\text{СК2}}$, т.е. вероятен занос переднего моста, а в режиме торможения $\chi_2 \approx \chi_1$, $m_{p2} < m_{p1}$, $v'_{\text{СК1}} > v'_{\text{СК2}}$ - наибольшая вероятность заноса заднего моста.

Рассмотрим движение автомобиля по дуге радиусом R (рис. 23).

В критическом режиме появление составляющей скорости v_{y2} приводит к тому, что задний мост начинает перемещаться по направлению вектора v_2 , а радиус поворота уменьшается до R_1 . Уменьшение радиуса поворота приводит к увеличению центробежной силы F_y , что в свою очередь приведёт к дальнейшему уменьшению радиуса. Такой режим движения

автомобиля называется **заносом**. Занос чрезвычайно опасен своей быстротечностью и тем, что автомобиль может выйти из полосы своего движения или опрокинуться.

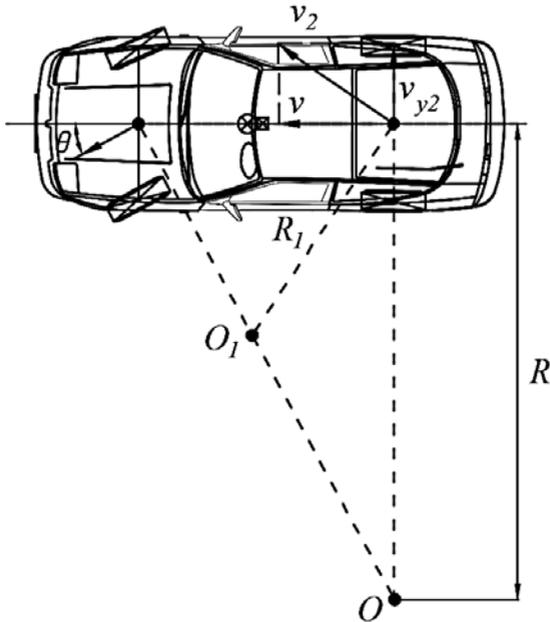


Рис. 23. Схема заноса заднего моста автомобиля на повороте

Для того, чтобы прервать начавшийся занос, нужно прекратить торможение или уменьшить подачу топлива, уменьшив тем самым величину χ . Кроме того, при заносе заднего моста автомобиля нужно повернуть передние колёса в сторону его скольжения. Это действие приводит к увеличению радиуса поворота и уменьшению центробежной силы.

2.4. Продольная устойчивость

Характерным примером утраты продольной устойчивости является сползание автомобиля назад на подъёме вследствие буксования ведущих колёс. Терять продольную устойчивость чаще всего склонны большегрузные автомобили и автомобили с прицепами.

Рассмотрим условия сохранения продольной устойчивости на примере преодоления подъёма автопоездом (рис. 24).

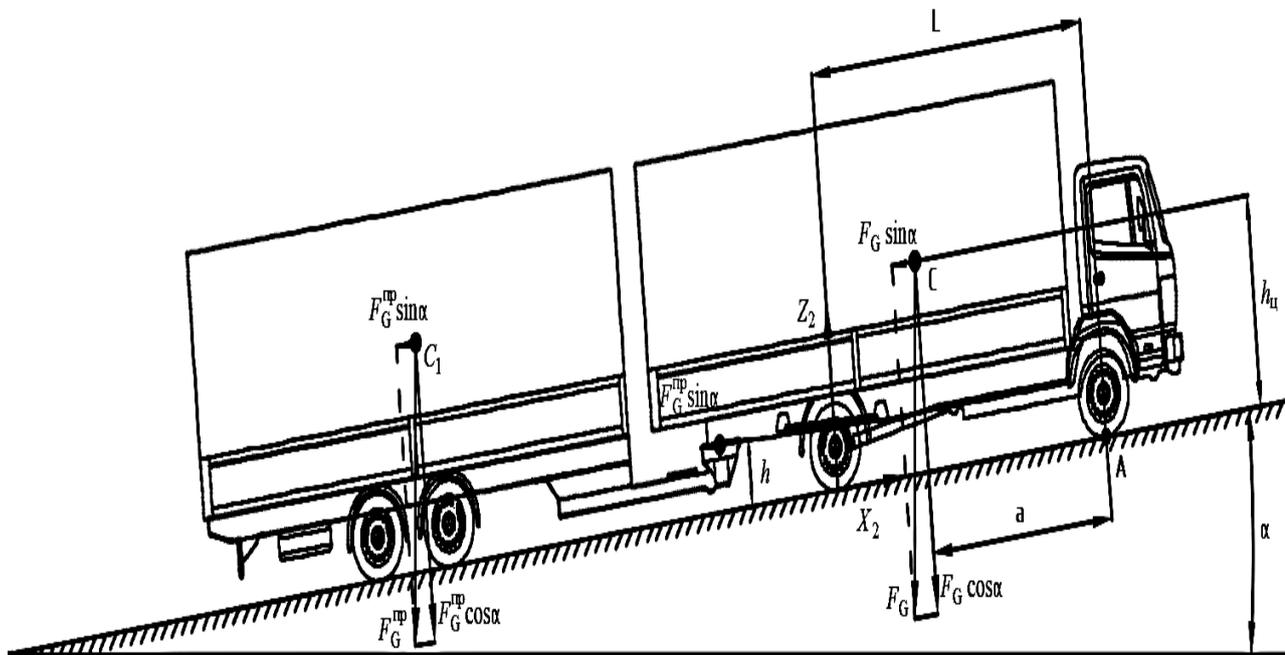


Рис. 24. Схема движения автопоезда на подъёме

Из условий равновесия системы сил и моментов можно получить:

1) условие равновесия сил, действующих по оси Ox (наклонный участок подъёма):

$$\sum F_x = 0: \quad F_G^{\text{нп}} \cdot \sin \alpha + F_G \cdot \sin \alpha - X_2 = 0;$$

2) условие равновесия моментов, действующих относительно т. А:

$$\sum M_A(F) = 0: \quad (F_G^{\text{нп}} \cdot \sin \alpha) \cdot h - Z_2 \cdot L + (F_G \cdot \sin \alpha) \cdot h_{\text{ц}} + (F_G \cdot \cos \alpha) \cdot a = 0.$$

При движении автопоезда на грани буксования, когда $X_2 = Z_2 \cdot \varphi$, можно найти, что

$$\begin{aligned} Z_2 &= \frac{X_2}{\varphi}; \\ X_2 &= (m_{\text{нп}} \cdot g + m \cdot g) \cdot \sin \alpha; \\ Z_2 &= \frac{(m_{\text{нп}} \cdot g + m \cdot g) \cdot \sin \alpha}{\varphi}, \end{aligned}$$

где $m_{\text{нп}}$, m – соответственно, масса прицепа и тягача, кг.

Возвращаемся к уравнению моментов:

$$\begin{aligned} m_{\text{нп}} \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot h - \frac{(m_{\text{нп}} \cdot g + m \cdot g) \cdot \sin \alpha \cdot L}{\varphi} + m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot h_{\text{ц}} + \\ + m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot a = 0. \end{aligned}$$

Разделим обе части уравнения на g и $\cos \alpha$:

$$m_{\text{нп}} \cdot \text{tg} \alpha \cdot h - \frac{(m_{\text{нп}} + m) \cdot \text{tg} \alpha \cdot L}{\varphi} + m \cdot \text{tg} \alpha \cdot h_{\text{ц}} + m \cdot a = 0.$$

После дальнейших преобразований:

$$\frac{(m_{\text{нп}} \cdot h \cdot \varphi - (m_{\text{нп}} + m) \cdot L + m \cdot h_{\text{ц}} \cdot \varphi) \cdot \text{tg} \alpha}{\varphi} = -m \cdot a,$$

$$\text{tg} \alpha \cdot (m_{\text{нп}} \cdot L + m \cdot L - m_{\text{нп}} \cdot h \cdot \varphi - m \cdot h_{\text{ц}} \cdot \varphi) = m \cdot a \cdot \varphi.$$

Откуда

$$\text{tg} \alpha_{\text{бук}} = \frac{m \cdot a \cdot \varphi}{m_{\text{нп}} \cdot (L - h \cdot \varphi) + m \cdot (L - h_{\text{ц}} \cdot \varphi)}.$$

Из последнего выражения видно, что критический угол, при котором наступает буксование, в первую очередь определяется коэффициентом сцепления φ и относительной массой тягача m и прицепа $m_{\text{нп}}$. На дорогах с обледенелым покрытием буксование может наступить уже при $\alpha_{\text{бук}}=2-3^\circ$, то есть на относительно пологих подъёмах.

Для одиночного автомобиля с задним приводом

$$\text{tg} \alpha_{\text{бук}} = \frac{a \cdot \varphi}{L - h_{\text{ц}} \cdot \varphi}.$$

Для автомобиля со всеми ведущими колёсами сила сцепления

$$X = m \cdot g \cdot \varphi \cdot \cos \alpha,$$

и можно убедиться, что

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бук}} = \varphi.$$

Такие автомобили могут преодолевать крутые подъёмы без потери продольной устойчивости даже на мокром и скользком покрытии ($\alpha_{\text{бук}}=17-19^\circ$).

Вопросы для самопроверки

1. Что такое устойчивость автомобиля?
2. Что такое курсовая устойчивость?
3. Как рассчитать максимальную скорость движения автомобиля на пределе буксования ведущих колёс?
4. Перечислите основные причины потери поперечной устойчивости автомобиля?
5. Как определяется радиус поворота автомобиля?
6. Как найти центробежную силу, возникающую при повороте?
7. Какие силы действуют на автомобиль при движении на вираже?
8. Как определить условие бокового скольжения на вираже?
9. Как вычислить предельную скорость движения автомобиля на грани опрокидывания?
10. Что такое коэффициент поперечной устойчивости?
11. Как доказать объективность заноса заднего моста автомобиля?
12. Как определить продольную устойчивость автопоезда?
13. Какие конструктивные параметры улучшают продольную устойчивость заднеприводных автомобилей?
14. Какие конструктивные параметры улучшают продольную устойчивость переднеприводных автомобилей?
15. Как оценить продольную устойчивость внедорожников (джипов)?

3. УПРАВЛЯЕМОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

3.1. Динамический коридор автомобиля

С целью обеспечения безопасности дорожного движения все транспортные средства, допускаемые к эксплуатации, должны удовлетворять требованиям, ограничивающим их размеры и массу.

Геометрические параметры (габаритные длина L_a и ширина B_a , а также база L) автомобиля имеют большое значение при формировании транспортного потока по ширине и длине, а, кроме того, и для безопасности.

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

Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств» ограничивает предельные значения габаритных параметров транспортных средств. Таким образом, максимальная длина не должна превышать:

- одиночного ТС и прицепа – 12 м;
- автопоезда в составе тягача и прицепа (полуприцепа) – 20 м.

Максимальная ширина ТС не должна превышать 2,55 м. Для изотермических кузовов ТС допускается максимальная ширина 2,6 м.

Максимальная высота ТС не должна превышать 4 м.

Габаритная высота H_a имеет значение при проезде автомобилей под путепроводами и проводами контактной сети. Чрезмерно высокие ТС (например, двухэтажные 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.

Масса ТС для безопасности движения имеет косвенное значение. Её влияние в основном сказывается на сроках службы дорожного покрытия.

Покрытие длительное время выдерживает движение автомобилей, не разрушаясь только в случае, если при организации автомобильных перевозок учитывать прочность дорожной одежды. Чем больше масса ТС, тем больше динамические нагрузки на дорогу, и тем меньше срок службы покрытия. Поэтому, несмотря на очевидные преимущества применения подвижного состава большой массы, необходимо строго соблюдать ограничение осевых нагрузок и полных масс ТС.

Требования к весовым параметрам ТС также закреплены в техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств».

Разрешённая максимальная масса одиночного 2-хосного ТС не должна превышать 18 т; автопоезда с 5 осями и более – 40 т.

Разрешённая максимальная масса, приходящаяся на ось ТС, не должна превышать 11,5 т, на группу осей – 10 т.

В соответствии с СП 34.13330.2012 «Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*» (ред. от 16.12.2016) предусмотрены следующие значения предельных нагрузок на одиночную, наиболее нагруженную ось двухосного автомобиля, для расчёта прочности дорожной одежды дорог различных категорий:

- I-II категории – 115 кН (11,5 т);
- III-IV категории – 100 кН (10 т);
- V категории – 60 кН (6 т).

На основании наблюдений за большим числом автомобилей установлена примерная ширина полосы движения для ТС различных видов:

- легковые автомобили – 2,8-3,1 м;
- грузовые автомобили и автобусы – 3,5-4,3 м;
- крупногабаритные грузовые автомобили и троллейбусы – 3,7-4,5 м.

При этом минимальные значения характеризуют ширину полосы, по которой ТС движутся со скоростью 11 м/с, а максимальные значения – со скоростью 33 м/с.

Также существуют эмпирические зависимости между габаритной шириной автомобиля B_a , скоростью его движения v и шириной динамического коридора B_k . Одна из таких зависимостей имеет вид:

$$B_k = 0,054 \cdot v + B_a + 0,3, \text{ м}, \quad (78)$$

где v – скорость движения автомобиля, м/с, а B_a – габаритная ширина автомобиля, м.

Для автопоездов ширина динамического коридора с увеличением скорости возрастает быстрее, чем для одиночного автомобиля, вследствие угловых колебаний прицепов или полуприцепов в горизонтальной плоскости (виляния). При определённой скорости размахи прицепов

становятся настолько большими, что водитель не может устранить их поворотом рулевого колеса и вынужден уменьшать скорость.

Более заметное влияние геометрических параметров автомобиля на безопасность проявляется при криволинейном движении. Хотя при крутых поворотах скорости автомобиля обычно невелики и случайные возмущения незначительны, ширина динамического коридора может быть достаточно большой.

Для определения выражения, характеризующего величину динамического коридора B_k одиночного автомобиля при криволинейном движении, рассмотрим рис. 25.

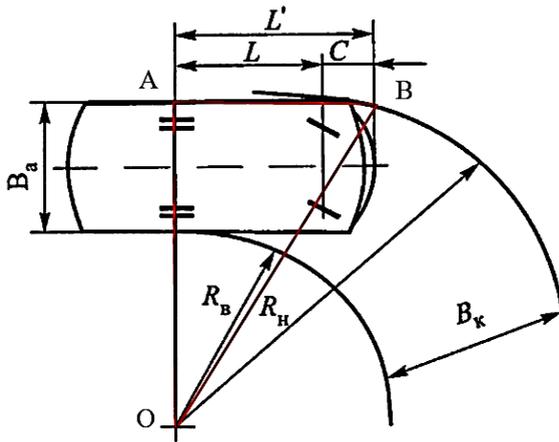


Рис. 25. Динамический коридор на криволинейном участке дороги

На схеме (рис. 25) обозначены:

- база автомобиля L ;
- передний свес автомобиля C ;
- наружный габаритный радиус поворота автомобиля R_n ;
- внутренний габаритный радиус поворота автомобиля R_b .

Динамический коридор автомобиля можно определить, как разницу между наружным и внутренним габаритными радиусами поворота автомобиля, т.е.:

$$B_k = R_n - R_b. \quad (79)$$

Из свойств прямоугольного треугольника OAB (рис. 25) следует:

$$OB^2 = OA^2 - AB^2, \quad (80)$$

или

$$R_n^2 = (R_b + B_a)^2 - (L')^2, \quad (81)$$

где $L' = L + C$.

Из выражения (81) можно выразить внутренний габаритный радиус поворота автомобиля:

$$R_{\text{в}} = \sqrt{R_{\text{н}}^2 - (L')^2} - B_{\text{а}}. \quad (82)$$

Подставив в уравнение (79) развёрнутое выражение (82), окончательно получим:

$$B_{\text{к}} = R_{\text{н}} - \sqrt{R_{\text{н}}^2 - (L')^2} + B_{\text{а}}. \quad (83)$$

Согласно выражению (83) при малых значениях L' ширина динамического коридора незначительно отличается от габаритной ширины автомобиля ($B_{\text{к}} \approx B_{\text{а}}$). При $L' \approx R_{\text{н}}$ величина $B_{\text{к}}$ может значительно превышать $B_{\text{а}}$, что вынуждает строителей расширять полосы движения на криволинейных участках дорог.

Полоса движения автопоезда на повороте имеет более сложную конфигурацию (рис. 26).

На схеме (рис. 26) обозначены:

L – база автомобиля, м;

$B_{\text{з}}$ – ширина колеи задних колёс автомобиля, м;

$l_{\text{шк}}$ – расстояние между шкворнями поворотных цапф, м;

$l_{\text{шк-к}}$ – расстояние от оси шкворня до средней продольной вертикальной плоскости колеса, м;

$R_{\text{нт}}$ – радиус поворота по внешней крайней точке автомобиля, м;

$R_{\text{вн}}$ – радиус поворота внутреннего заднего колеса автомобиля, м;

$R_{\text{вн.пр}}$ – радиус поворота внутреннего заднего колеса прицепа, м;

O – центр поворота.

С внешней по отношению к центру поворота стороны она ограничивается траекторией края переднего крыла или бампера тягача, а с внутренней стороны – задним углом прицепа, т.е.

$$B_{\text{к}} = R_{\text{нт}} - R_{\text{вн.пр}}. \quad (84)$$

Таким образом, для нахождения величины динамического коридора автопоезда при его движении на криволинейном участке, необходимо определить радиусы поворота его внешней и внутренней точки.

Радиус поворота внешней крайней точки автомобиля можно определить:

$$R_{\text{нт}} = \sqrt{\left(R_0 + \frac{B_{\text{а}}}{2}\right)^2 + (L_{\text{а}} - L_{\text{к}})^2}, \quad (85)$$

где R_0 – радиус поворота средней точки заднего моста автомобиля, м; $L_{\text{а}}$ – длина автомобиля, м; $L_{\text{к}}$ – расстояние от задней оси до буксирного крюка (длина заднего свеса), м.

Радиус поворота внутреннего заднего колеса двухосного прицепа автопоезда с одним прицепом можно выразить по формуле:

$$R_{\text{вн.пр.}} = \sqrt{R_0^2 - L_{\text{д.пр.}}^2 - L_{\text{пр}}^2 + L_{\text{к}}^2} - \frac{B_{\text{пр}}}{2}, \quad (86)$$

где $L_{\text{д. пр.}}$ – длина дышла прицепа, м; $L_{\text{пр}}$ – база прицепа, м; $B_{\text{пр}}$ – ширина прицепа, м.

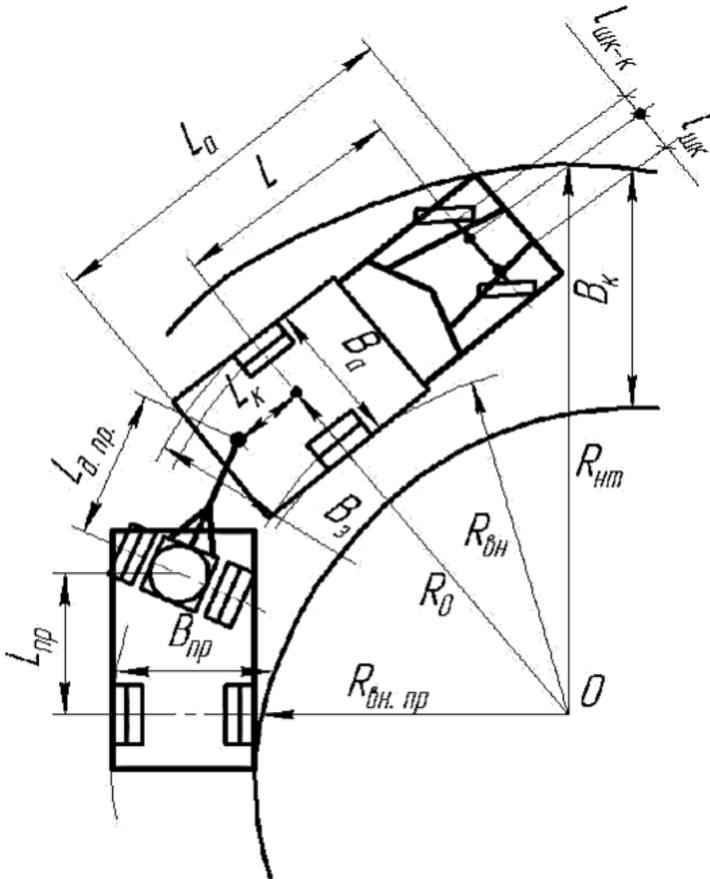


Рис. 26. Динамический коридор автопоезда при движении на криволинейном участке

Таким образом, динамический коридор автопоезда шире полосы движения одиночного автомобиля при одинаковом радиусе поворота, так как его величина зависит не только от тягача, но и от базы прицепа, длины дышла и расстояния от задней оси до крюка) Она определяется основной траекторией движения автопоезда и величиной сдвига прицепа к центру поворота.

3.2. Управляемость автомобиля

При повороте рулевого колеса водителем задаётся новое направление движения автомобиля. При плохой управляемости действительное направление движения не совпадает с желательным, требуются дополнительные воздействия со стороны водителя. Это приводит к «рысканью» транспортного средства по дороге, увеличению динамического коридора и, как следствие, утомляемости водителя.

При особо неблагоприятных условиях плохая управляемость может быть причиной столкновения автомобилей, наезда на пешехода или выезда за пределы проезжей части.

Таким образом, *управляемость* характеризует соответствие параметров движения автомобиля воздействиям водителя на рулевое управление.

Подавляющее большинство опасных дорожных ситуаций (80-85%) ликвидируется путём поворота рулевого колеса и изменения направления движения.

Возможны два варианта выполнения манёвра. Первый - отвод автомобиля под углом к препятствию, является простым, однако его выполнению может помешать недостаточная ширина проезжей части, деревья, столбы и прочие препятствия, находящиеся за пределами дороги. Второй манёвр - выезд в соседний ряд, можно выполнить на дороге с количеством полос не менее двух.

Рассмотрим первый вариант манёвра (рис. 27).

Проекция траектории движения автомобиля на ось x :

$$S_a = S_p - L' + S_{py} + x_m + L' \cdot \cos \gamma_m + (0,5 \cdot B_a + \Delta) \cdot \sin \gamma_m,$$

проекция траектории движения автомобиля на ось y :

$$y_m + 0,5 \cdot B_a + L' \cdot \sin \gamma_m = B_{пр} + (0,5 \cdot B_a + \Delta) \cdot \cos \gamma_m.$$

В предложенных соотношениях принято:

L' - расстояние от заднего моста до передней части автомобиля, м;

S_p - путь, пройденный автомобилем за время реакции водителя, м;

S_{py} - путь, пройденный автомобилем за время срабатывания рулевого управления, м;

x_m - горизонтальная проекция траектории манёвра, м;

y_m - вертикальная проекция траектории манёвра, м;

γ_m - угол поворота автомобиля в конце манёвра, °;

Δ - интервал между автомобилем и препятствием, м;

$B_{пр}$ - ширина препятствия, м.

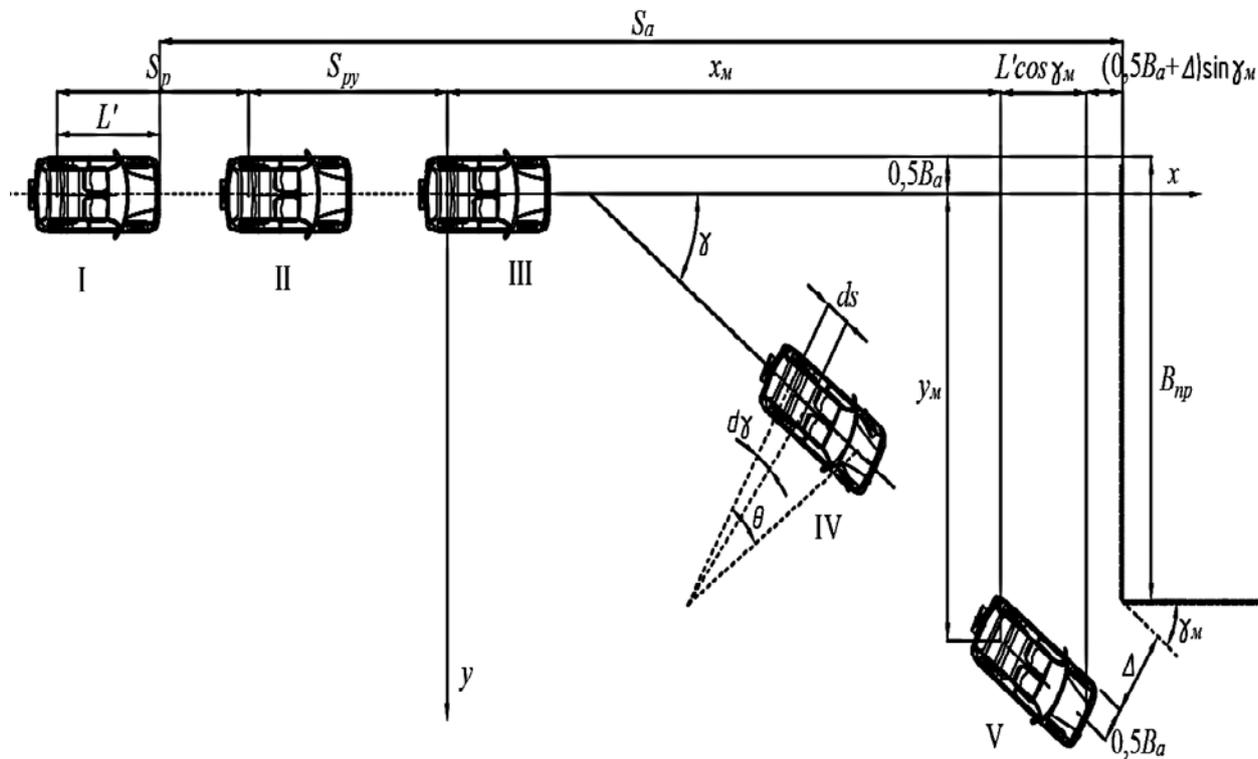


Рис. 27. Манёвр автомобиля при неограниченной ширине дороги

Приняв приближённо $\sin \gamma_M \approx \gamma_M$ и $\cos \gamma_M = 1$, получим условие осуществления безопасного манёвра:

$$\begin{cases} x_M \leq S_a - S_p - S_{py} - (0,5 \cdot B_a + \Delta) \cdot \gamma_M, \\ y_M \geq B_{пр} + \Delta - L' \cdot \gamma_M. \end{cases} \quad (87)$$

Для определения параметров криволинейного движения рассмотрим элемент манёвра в положении автомобиля IV (рис. 27).

Текущий курсовой угол в этом положении - γ , после поворота автомобиля на бесконечно малый угол $d\gamma$ середина заднего моста опишет дугу ds , причем $ds = R \cdot d\gamma$.

При движении с постоянной скоростью $ds = v \cdot dt$, таким образом,

$$d\gamma = \frac{ds}{R} = \frac{v \cdot dt}{R},$$

а с учётом ранее найденного соотношения

$$\begin{aligned} R &\approx \frac{L}{\dot{\theta}}, \\ d\gamma &= \frac{v \cdot \theta \cdot dt}{L}. \end{aligned} \quad (88)$$

Закон изменения угла θ по времени зависит от водителя. Пусть угловая скорость $\dot{\theta} \approx const$ и в первой фазе поворота угол θ изменяется прямо пропорционально времени:

$$\theta = \dot{\theta} \cdot t,$$

тогда с учётом (88)

$$\gamma = \frac{v \cdot \dot{\theta}}{L} \int_0^t t dt = \frac{v \cdot \dot{\theta} \cdot t^2}{2 \cdot L}, \quad (89)$$

и можно утверждать, что курсовой угол изменяется пропорционально квадрату времени.

Текущие приращения координат положения автомобиля на повороте будут определяться по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} dx &= ds \cdot \cos \gamma, \\ dy &= ds \cdot \sin \gamma, \end{aligned}$$

а с учётом того, что величина γ обычно не превышает 10-12°,

$$\begin{aligned} dx &\approx ds, \\ dy &\approx ds \cdot \gamma = v \cdot \gamma dt, \end{aligned}$$

следовательно, текущие координаты будут:

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \int_0^t v dt = v \cdot t, \\ y = v \int_0^t \gamma dt = v^2 \cdot \frac{\dot{\theta}}{2 \cdot L} \int_0^t t^2 dt = \frac{v^2 \cdot \dot{\theta} \cdot t^3}{6 \cdot L}. \end{array} \right. \quad (90)$$

Угловая скорость $\dot{\theta}$ ограничена психофизиологическими возможностями водителя и находится в пределах 0,15-0,30 рад/с. С другой стороны, скорость $\dot{\theta}$ не может быть особенно большой из соображений безопасности. Выполняя манёвр, водитель должен избегать заноса или опрокидывания.

Понятно, что приведённые расчётные формулы не учитывают целого ряда конструктивных и эксплуатационных факторов и могут использоваться, в основном, для сравнительных расчётов.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое динамический коридор и как его рассчитать?
2. Как определить динамический коридор при повороте ТС?
3. Как назначается предельная осевая нагрузка ТС?
4. Что такое управляемость автомобиля?
5. Как выглядит схема манёвра автомобиля при объезде неподвижного препятствия?
6. Как найти траекторию движения автомобиля при манёвре объезда неподвижного препятствия?
7. Каковы возможные угловые скорости вращения водителем рулевого колеса?

ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

1. Какие Вы знаете виды конструктивной безопасности ТС?
 - а) пассивная
 - б) послеаварийная
 - в) биологическая
 - г) активная
 - д) экологическая

2. Чем вызывается рысканье автомобиля на дороге?
 - а) неровность дороги
 - б) утомлённостью водителя
 - в) поперечными уклонами
 - г) боковым ветром

3. Укажите правильную величину динамического коридора для легкового автомобиля.
 - а) 2,2...2,6 м
 - б) 2,6...3,0 м
 - в) 2,8...3,1 м
 - г) 3,0...3,2 м

4. Динамический коридор при движении на поворотах ...
 - а) увеличивается
 - б) уменьшается
 - в) остаётся без изменений

5. Предельная габаритная ширина автомобиля составляет ...
 - а) 2,5 м
 - б) 2,4 м
 - в) 2,8 м

6. Предельная габаритная длина автомобиля составляет ...
 - а) 10 м
 - б) 11 м
 - в) 12 м
 - г) 13 м

7. Максимально допустимая высота автомобиля составляет ...
 - а) 3,2 м
 - б) 3,6 м
 - в) 3,8 м

г) 4,0 м

8. Предельная осевая нагрузка на дорогах с усовершенствованным покрытием составляет ...

- а) 100 кН
- б) 120 кН
- в) 200 кН
- г) 60 кН

9. Составляющая уравнения движения автомобиля ...

- а) тяговая сила
 - б) центробежная сила
 - в) сила сопротивления дороги
 - г) сила сопротивления воздуха
 - д) сила инерции
- (вычеркнуть ненужное)

10. Сила тяги на ведущих колёсах равна

а) $F_T = \frac{P_e}{M_T}$

б) $F_T = \frac{M_T}{B}$

в) $F_T = \frac{M_T}{P_e}$

г) $F_T = \frac{M_T}{r}$

11. Передаточное число трансмиссии равно

а) $i_{mp} = i_{КПП} + i_{зМ}$

б) $i_{mp} = i_{КПП} \cdot i_{зМ}$

в) $i_{mp} = i_{КПП} / i_{зМ}$

12. Сила сопротивления дороги равна

а) $F_o = m \cdot g \cdot \varphi$

б) $F_o = m \cdot g \cdot i$

в) $F_o = m \cdot g \cdot \psi$

13. Сила сопротивления воздуха равна

а) $F_g = W_g \cdot v_a$

б) $F_g = W_g \cdot v_a^2$

в) $F_g = W_g \cdot v_a^3$

14. Приведённая сила инерции равна

а) $F_u = -m \cdot \delta_{ap} \cdot i_{mp}$

б) $F_u = -m \cdot \delta_{ep} \cdot j$

в) $F_u = -m \cdot \delta_{ep} \cdot v$

15. Скорость движения автомобиля равна

а) $v = n_k \cdot r$

б) $v = \omega_k \cdot r$

в) $v = i_{mp} \cdot r$

16. Эффективная мощность двигателя равна

а) $P_e = M_e \cdot \omega$

б) $P_e = M_e \cdot n$

в) $P_e = F_T \cdot \omega$

17. Формула Лейдермана вычисляется так:

а)
$$P_e = P_{\max} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^2 + b \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^3 - c \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^4 \right]$$

б)
$$P_e = P_{\max} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^{0.5} + b \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^{1.5} - c \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^{2.5} \right]$$

в)
$$P_e = P_{\max} \cdot \left[a \cdot \frac{n}{n_p} + b \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^3 \right]$$

18. Ускорение автомобиля определяется

а) $j = \frac{d^2 v}{dt^2}$

б) $j = dv$

$$в) j = \frac{dv}{dt}$$

19. Замедление автомобиля при экстренном торможении равно

а) $3...4 \text{ м/с}^2$

б) $8...9 \text{ м/с}^2$

в) $6...7 \text{ м/с}^2$

20. Условием отсутствия юза колёс при торможении является

а) $X \leq F_{сч}$

б) $X \geq F_{сч}$

в) $X \leq Z \cdot \varphi$

21. Величина замедления при экстренном торможении составляет

а) $j_3 = \varphi \cdot g$

б) $j_3 = \varphi \cdot m \cdot g$

в) $j_3 = f \cdot g$

22. Назначение времени реакции водителя зависит от

а) возраста водителя

б) ситуации на дороге

в) состояния утомления водителя

23. Остановочный и тормозной путь связаны

а) $S_o = S_T$

б) $S_o = S_T - S_{\Sigma}$

в) $S_o = S_T + S_{\Sigma}$

24. Тормозной путь можно вычислить по формуле

а) $S_T = \frac{v^2}{j_3}$

б) $S_T = \frac{v^2}{2 \cdot j_3}$

в) $S_T = \frac{v^2}{4 \cdot j_3}$

25. Тормозной путь при $v \geq 100 \text{ км/ч}$ можно рассчитать по формуле

- а) $S_r = 0,2 \cdot v + 0,00005 \cdot v^3$
 б) $S_r = 0,2 \cdot v + 0,00005 \cdot v^2$
 в) $S_r = 0,2 \cdot v + 0,00005 \cdot v^{2,5}$

26. Принцип работы АБС основан на

- а) плавном растормаживании колеса
 б) быстром доведении колёс до состояния юза
 в) модулированием давления в тормозной системе

27. Использование АБС уменьшает тормозной путь на мокром покрытии

- а) в 2 раза
 б) на 25...30%
 в) на 10...15%

28. Имеющиеся виды устойчивости автомобиля

- а) продольная
 б) диагональная
 в) поперечная
 г) курсовая
 (вычеркнуть ненужное)

29. Нарушение курсовой устойчивости может привести к

- а) потере скорости
 б) выезду автомобиля на полосу встречного движения
 в) заносу
 г) опрокидыванию

30. Мгновенный радиус поворота определяется

- а) базой автомобиля и углом поворота управляемых колёс
 б) колеёй автомобиля и углом поворота управляемых колёс
 в) углом поворота управляемых колёс и массой автомобиля

31. Центробежная сила на повороте автомобиля равна

- а) $F_{ц.б.} = \frac{v^2}{R}$
 б) $F_{ц.б.} = m \cdot \frac{v}{R}$
 в) $F_{ц.б.} = m \cdot \frac{v^2}{R}$

32. Скорость наступления бокового скольжения на дороге без поперечного уклона равна

а) $v_{ск} = R \cdot g \cdot \varphi_y$

б) $v_{ск} = R^2 \cdot g \cdot \varphi_y$

в) $v_{ск} = \sqrt{R \cdot g \cdot \varphi_y}$

33. Скорость опрокидывания автомобиля при движении по горизонтальному участку

а) $v_{опр} = R \cdot g \cdot B / h_{ц}$

б) $v_{опр} = R \cdot m \cdot B / h_{ц}$

в) $v_{опр} = \sqrt{0,5 \cdot R \cdot g \cdot B / h_{ц}}$

34. Коэффициент поперечной устойчивости автомобиля это

а) $B / 2 \cdot h_{ц}$

б) $B / h_{ц}$

в) $h_{ц} / 2 \cdot B$

35. В заднеприводных автомобилях всегда происходит занос

а) переднего моста

б) заднего моста

в) автомобиля в целом

36. В заднеприводных автомобилях занос можно ликвидировать

а) нажатием на педаль акселератора

б) нажатием на педаль тормоза

в) поворотом руля в сторону заноса

37. В переднеприводных автомобилях занос можно ликвидировать

а) нажатием на педаль акселератора

б) нажатием на педаль тормоза

в) поворотом руля в сторону заноса

38. Хорошую продольную устойчивость имеют

а) автопоезда

б) джипы

в) переднеприводные автомобили

г) заднеприводные автомобили

39. При расчёте манёвра угловая скорость вращения рулевого колеса может быть задана

а) 0,05...0,10 рад/с

б) 0,15...0,30 рад/с

в) 0,20...0,40 рад/с

40. Расшифруйте систему «**ЧАДС**»

а) «**Чи**новник - **А**втобус – **Д**орога - **С**реда»

б) «**Ч**еловек – **А**втомобиль – **Д**орога - **С**реда»

в) «**Ч**еловек – **А**втомат – **Д**орожные условия - **С**леды»

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Карточка учёта столкновения транспортных средств ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОИСШЕСТВИЯ

Дата **13.01.2016** Время **18:50** Схема
 Широта **36.5536** Долгота **50.6206** Расстояние **0км 0м**
 Вид ДТП **Столкновение**



Адрес **БЕЛГОРОД**
 Дорога
 Значение дороги **Не указано**
 Категория дороги
 Категория улицы **Магистральные улицы общегородского значения**
ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ
 Объекты УДС на месте ДТП **Нерегулируемый пешеходный переход**
Выезд с прилегающей территории
 Объекты УДС вблизи места ДТП **Остановка общественного транспорта**
АЗС
 Недостатки транспортно-эксплуатационного содержания **Недостатки зимнего содержания**
 улично-дорожной сети
 Факторы, оказывающие влияние на режим движения **Сведения отсутствуют**
 Состояние погоды **Пасмурно**
 Состояние проезжей части **Гололедица**
 Освещение **В тёмное время суток, освещение включено**
 Изменения в режиме движения **Движение частично перекрыто**
УЧАСТНИКИ
 Количество ТС **2** Число **2** Число **0** Число **1**
 участников погибших раненых
 ТС 1
 Сведения об оставлении места **Нет** Расположение руля, **Передний**
 тип привода
 Тип ТС **D-класс (средний) до 4,6 м** Год выпуска **2003**
 Марка/модель ТС **MAZDA Mazda 3** Форма собственности
 Цвет **Иные цвета**
 Места повреждения **Передний правый угол | Передний левый угол**
 Технические неисправности **Технические неисправности отсутствуют**
УЧАСТНИК 1
 Категория участника **Водитель** Использовался ли ремень **Да**

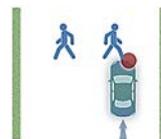
Окончание прил. 1

Транспортное средство	1	Тип детского удерживающего устройства	
Сведения об оставлении места ДТП		Нет (не скрывался)	Степень опьянения
Пол		Женский	Водительский стаж 1
Степень тяжести последствий		Раненый, находящийся (находившийся) на стационарном лечении	
Непосредственные нарушения ПДД		Несоответствие скорости конкретным условиям движения	
Сопутствующие нарушения ПДД		Нет нарушений	
Сведения об оставлении места	Нет	Расположение руля, тип привода	Задний
Тип ТС	Одноэтажные длиной от 8 до 12 м	Год выпуска	1988
Марка/модель ТС	VOLVO	Прочие модели	Прочие VOLVO
Цвет	Синий		
Места повреждения	Задний левый угол		
Технические неисправности	Технические неисправности отсутствуют		
УЧАСТНИК	2		
Категория участника	Водитель	Использовался ли ремень	Да
Транспортное средство	2	Тип детского удерживающего устройства	
Сведения об оставлении места ДТП		Нет (не скрывался)	Степень опьянения
Пол		Мужской	Водительский стаж 11
Степень тяжести последствий		Не пострадал	
Непосредственные нарушения ПДД		Нет нарушений	
Сопутствующие нарушения ПДД		Нет нарушений	

Карточка учёта наезда на пешехода

ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОИСШЕСТВИЯ

Дата **13.01.2018** Время **19:55** Схема
 Широта **51.2882** Долгота **37.5345** Расстояние
 Вид ДТП **Наезд на пешехода**
 Адрес **ГУБКИНСКИЙ РАЙОН**
 Дорога



Значение дороги **Местного значения (дорога местного значения, включая относящиеся к собственности поселений, муниципальных районов, городских округов)**

Категория дороги

Категория улицы **Улицы и дороги местного значения в жилой застройке**

ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ

Объекты УДС на месте ДТП

Объекты УДС вблизи места ДТП

Выезд с прилегающей территории

Нерегулируемый пешеходный переход

Многоквартирные жилые дома

Недостатки транспортно-эксплуатационного содержания улично-дорожной сети

Отсутствие, плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части

Отсутствие дорожных знаков в необходимых местах

Факторы, оказывающие влияние на режим движения

Сведения отсутствуют

Состояние погоды

Ясно

Состояние проезжей части

Обработанное противогололёдными материалами

Освещение

В тёмное время суток, освещение включено

Изменения в режиме движения

Движение частично перекрыто

УЧАСТНИКИ

Количество ТС **1** Число участников **2** Число погибших **0** Число раненых **1**

ТС 1

Сведения об оставлении места **Осталось на месте ДТП** Расположение типа привода руля, **Передний**

Тип ТС **С-класс (малый средний, компактный) до 4,3 м** Год выпуска **2008**

Марка/модель ТС **RENAULT Symbol** Форма собственности **Физические лица**

Цвет **Иные цвета**

Места повреждения

Технические неисправности **Технические неисправности отсутствуют**

УЧАСТНИК 1

Окончание прил. 2

Категория участника	Водитель	Использовался ремень	ли Нет
Транспортное средство	1	Тип детского удерживающего устройства	
Сведения об оставлении места ДТП	Нет	(не скрывался)	Степень опьянения
Пол		Мужской	Водительский стаж 1
Степень тяжести последствий		Не пострадал	
Непосредственные нарушения ПДД		Нет нарушений	
Сопутствующие нарушения ПДД		Нет нарушений	
УЧАСТНИК 2			
Категория участника	Пешеход	Сведения об оставлении места ДТП	Нет (не скрывался)
Транспортное средство	2	Тип детского удерживающего устройства	
Пол		Женский	Водительский стаж 11
Степень тяжести последствий		Раненый, находящийся (находившийся) на стационарном лечении	
Непосредственные нарушения ПДД		Переход через проезжую часть вне пешеходного перехода в зоне его видимости либо при наличии в непосредственной близости подземного (надземного) пешеходного перехода	
Сопутствующие нарушения ПДД		Нет нарушений	

Значения коэффициентов сцепления

Таблица 1

Значения коэффициентов сцепления на капитальных покрытиях

Тип покрытия	Состояние покрытия		Значение коэффициента сцепления ρ
	по степени влажности	по степени загрязнённости	
Асфальтобетон, цементобетон, эксплуатируемый	сухое	-	0,70-0,80
	не полностью покрытое снегом	-	0,25-0,35
Асфальтобетон, свежееуложенный	сухое	-	0,60-0,70
	влажное	-	0,20-0,35
	мокрое	-	0,20-0,30
Асфальтобетон, эксплуатируемый, гладкий	влажное	чистое	0,45-0,55
		грязное	0,30-0,35
	мокрое	чистое	0,35-0,45
		грязное	0,25-0,35
Асфальтобетон, эксплуатируемый, шероховатый	влажное	чистое	0,50-0,70
		грязное	0,30-0,55
	мокрое	чистое	0,45-0,60
		грязное	0,25-0,50
Цементобетон, эксплуатируемый, гладкий	влажное	чистое	0,30-0,45
		грязное	0,25-0,35
	мокрое	чистое	0,25-0,40
		грязное	0,25-0,35
Цементобетон, эксплуатируемый, шероховатый	влажное	чистое	0,50-0,70
		грязное	0,35-0,50
	мокрое	чистое	0,40-0,65
		грязное	0,35-0,50

Таблица 2

Значения коэффициентов сцепления на переходных и низших покрытиях

Тип покрытия	Состояние покрытия	Значение коэффициента сцепления ρ
1	2	3
Гравийные, щебёночные, гравийно-щебёночно-грунтовые	сухие	0,65-0,75
	мокрые	0,35-0,50
Грунтовые утрамбованные	сухие	0,65-0,75
	мокрые	0,35-0,50
Грунтовые взрыхлённые	сухие	0,35-0,75
	мокрые	0,30-0,45
Травянистые грунтовые обочины (полностью покрытые травой)	сухие	0,50-0,75
	мокрые	0,30-0,40
Травянистые грунтовые	сухие	0,40-0,75

Окончание прил. 3
Окончание табл. 2

1	2	3
обочины (трава растёт отдельными пучками)	мокрые	0,30-0,40
	полностью покрыто снегом (рыхлым, не уплотнённым)	0,20-0,25
	покрыто раскатанным снегом (уплотнённым) без ледяной корки	0,20-0,30
	то же, с ледяной коркой	0,15-0,25
	обледелое	0,10-0,20
	покрыто раскатанным снегом (уплотнённым), обработано минеральными материалами	0,30-0,40
	обледелое, обработано минеральными материалами	0,25-0,35

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

1. Яхьяев, Н. Я. Безопасность транспортных средств: учебник / Яхьяев. - М.: Академия, 2011. - 432 с. - (Высшее профессиональное образование).
2. Вахламов, В. К. Автомобили. Конструкция и эксплуатационные свойства: учеб. пособие / В. К. Вахламов. - М.: Академия, 2009. - 480 с. - (Высшее профессиональное образование).
3. Мороз, С. М. Обеспечение безопасности технического состояния автотранспортных средств: учеб. пособие / С. М. Мороз. - Москва: Академия, 2010. - 208 с. - (Высшее профессиональное образование).

Дополнительный

1. Блинкин, М. Я., Решетова, Е. М. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институты: научное издание / М. Я. Блинкин, Е. М. Решетова; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». - М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2013. - 240 с.: ил.
2. Домке, Э. Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учеб. пособие / Э. Р. Домке. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 260 с.

Справочный и нормативный

1. ГОСТ 33997-2016. «Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» (введен в действие Приказом Росстандарта от 18.07.2017 N 708-ст).
2. ГОСТ Р 52051-2003 (Государственный стандарт Российской Федерации). «Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения».
3. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 N 877 (ред. от 25.12.2018) «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (вместе с «ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств»).

Учебное издание

Новописный Евгений Александрович

Безопасность транспортных средств

Учебное пособие

Подписано в печать 30.04.19. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 5,1. Уч.-изд. л. 5,5.

Тираж 60 экз.

Заказ

Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В. Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46