

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к примерным программам профессионального обучения водителей
транспортных различных категорий и подкатегорий по предметам базового цикла

*3. Учебно-методический комплекс по предмету
«Основы управления транспортными средствами»*

3.1 Описание целей и задач изучения предмета

Цель: формирование и развитие у обучающихся по профессии «Водитель транспортных средств соответствующей категории (подкатегории)» знаний и умений, направленных на эффективное, безопасное и экологичное управление транспортными средствами соответствующих категорий (подкатегорий) (далее – транспортные средства).

Задачами учебного предмета являются:

- изучение: дорожного движения как системы управления водитель-автомобиль-дорога; основного элемента дорожного движения – системы водитель-автомобиль; дорожных условий и характеристик транспортного потока, влияющих на эффективность, безопасность и экологичность управления транспортным средством; факторов, влияющих на профессиональную надежность водителя; эксплуатационных свойств транспортного средства и их влияния на эффективность, безопасность и экологичность управления транспортным средством;
- формирование понятия о безопасных значениях скорости, дистанции и бокового интервала, определяющих границы безопасного управления транспортным средством, нахождение в пределах которых гарантирует выполнение маневра, необходимого для предотвращения ДТП;
- осознание того, что переход границ безопасного управления означает невозможность гарантированного выполнения маневра по предотвращению ДТП – водитель становится игроком в автомобильную рулетку;

- выявление, развитие и использование личностных качеств обучающихся инициативности, целеустремлённости, ответственности, толерантности, способности работать самостоятельно и в коллективе;
- формирование умений применения знаний основ управления транспортными средствами при определении безопасных значений скорости, дистанции и бокового интервала в изменяющихся дорожных ситуациях.

3.2. Требования к уровню освоения содержания предмета

В результате освоения учебного предмета «Основы управления транспортными средствами» обучающиеся должны знать:

- системы управления водитель-автомобиль-дорога; характеристики дорожного движения; критерии качества управления транспортным средством; влияние личностных качеств водителя, состояния его здоровья, эксплуатационных свойств транспортных средств, дорожных условий и состояния транспортного потока на эффективность, безопасность и экологичность управления транспортным средством;
- оптимальную (нормативную) модель поведения водителя в дорожном движении;
- экономичный алгоритм регулирования скорости транспортного средства.

В результате освоения учебного предмета «Основы управления транспортными средствами» обучающиеся должны уметь:

- применять полученные знания при изучении предмета «Основы управления транспортными средствами» специального цикла;
- применять полученные знания для освоения эффективного и безопасного управления транспортным средством при обучении по предмету «Вождение транспортных средств», при совершенствовании своего умения в процессе накопления опыта;
- пользоваться учебниками и другими источниками информации.

3.3. Место предмета в структуре примерной образовательной программы

Учебный предмет «Основы управления транспортными средствами» входит в базовый цикл примерной программы профессиональной подготовки водителей транспортных средств соответствующих категорий (подкатегорий) (далее – Примерная программа).

3.4. Объем времени, отведенного на изучение предмета и виды учебной нагрузки

На изучение учебного предмета «Основы управления транспортными средствами» Примерной программой предусмотрено 14 академических часа, из них: 12 часов – теоретических занятий, 2 часа – практических занятий.

Таблица 1. – Тематический план учебного предмета «Основы управления транспортными средствами»

Наименование разделов и тем	Количество часов		
	Всего	В том числе	
		Теоретических занятий	Практических занятий
Дорожное движение	2	2	-
Профессиональная надежность водителя	2	2	-
Влияние свойств транспортного средства на эффективность и безопасность управления	2	2	-
Дорожные условия и безопасность движения	4	2	2
Принципы эффективного, безопасного и экологичного управления транспортным средством	2	2	-
Обеспечение безопасности наиболее уязвимых участников дорожного движения	2	2	-
Всего	14	12	2

3.5. Перечень форм и методов итогового контроля по предмету

Осуществление текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, установление их форм, периодичности и порядка проведения

относится к компетенции организации, осуществляющей образовательную деятельность.

Контроль знаний по учебному предмету «Основы законодательства в сфере дорожного движения» включает:

- текущий контроль знаний;
- промежуточная аттестация обучающихся;
- квалификационный экзамен.

Текущий контроль знаний осуществляется методом программированного опроса по темам: «Порядок движения и расположение транспортных средств на проезжей части», «Остановка и стоянка транспортных средств», «Проезд перекрестков», «Проезд пешеходных переходов, мест остановок маршрутных транспортных средств и железнодорожных переездов». Допускается также письменный контроль знаний путем самостоятельного решения ситуационных задач по соответствующим темам.

Промежуточная аттестация обучающихся проводится в форме зачета методом программированного или устного опроса по всем темам учебного предмета «Основы законодательства в сфере дорожного движения».

Квалификационный экзамен по учебному предмету «Основы законодательства в сфере дорожного движения» осуществляется методом программированного опроса с использованием АРМ (решения экзаменационных билетов по Правилам дорожного движения).

3.6. Примерные тематические задачи для контроля знаний по предмету «Основы управления транспортными средствами»

1. Что подразумевается под остановочным путем?

1. Расстояние, пройденное транспортным средством с момента обнаружения водителем опасности до полной остановки.

2. Расстояние, пройденное транспортным средством с момента начала срабатывания тормозного привода до полной остановки.

3. Расстояние, соответствующее тормозному пути, определенному технической характеристикой данного транспортного средства.

2. Уменьшение тормозного пути транспортного средства достигается:

1. Торможением с блокировкой колес (юзом).
2. Торможением на грани блокировки способом прерывистого нажатия на педаль тормоза.

3. Как изменяется длина тормозного пути легкового автомобиля при движении с прицепом, не имеющим тормозной системы?

1. Уменьшается, так как прицеп оказывает дополнительное сопротивление движению.
2. Увеличивается.
3. Не изменяется.

4. Вероятность возникновения аварийной ситуации при движении в плотном транспортном потоке будет меньше, если скорость Вашего транспортного средства:

1. Значительно меньше средней скорости потока.
2. Значительно больше средней скорости потока.
3. Равна средней скорости потока.

5. При движении по какому участку дороги действие сильного бокового ветра наиболее опасно?

1. По открытому.
2. По закрытому деревьями.
3. При выезде с закрытого участка на открытый.

6.



При выезде из лесистого участка на открытое место установлен знак «Боковой ветер». Ваши действия?

1. Уменьшить скорость и быть готовым к возможному отклонению автомобиля от заданного курса.
2. Не изменяя скорости, сместиться ближе к центру дороги.
3. Не изменяя скорости, сместиться ближе к обочине.

7. Считаете ли Вы безопасным движение на легковом автомобиле в темное время суток с ближним светом фар по неосвещенной загородной дороге со скоростью 90 км/ч?

1. Да, так как предельная допустимая скорость соответствует требованиям Правил.
2. Нет, так как остановочный путь превышает расстояние видимости.

8. При приближении к вершине подъема в темное время суток водителю рекомендуется переключить дальний свет фар на ближний:

1. Только при появлении встречного транспортного средства.
2. Всегда при приближении к вершине подъема.

9. Включение каких внешних световых приборов обеспечит Вам наилучшую видимость дороги при движении ночью во время сильной метели?

1. Противотуманных фар совместно с дальним светом фар.
2. Противотуманных фар совместно с ближним светом фар.

10. В случае, когда правые колеса автомобиля наезжают на неукрепленную влажную обочину, рекомендуется:

1. Затормозить и полностью остановиться.
2. Затормозить и плавно направить автомобиль в левую сторону.
3. Не прибегая к торможению, плавно вернуть автомобиль на проезжую часть.

11.



После длительного движения по двухполосной дороге за грузовым автомобилем на безопасной дистанции у Вас появилась возможность совершить обгон. Ваши действия?

1. Максимально приблизитесь к обгоняемому автомобилю, затем перестроитесь на полосу встречного движения и совершите маневр.
2. Перестроитесь на полосу встречного движения, после чего произведете сближение с обгоняемым транспортным средством.
3. Допустимы оба варианта действий.

12. При торможении двигателем на крутом спуске водитель должен выбирать передачу, исходя из условий:

1. Чем круче спуск, тем выше передача.
2. Чем круче спуск, тем ниже передача.

3. Выбор передачи не зависит от крутизны спуска.

13. Чем опасно длительное торможение с выключенным сцеплением (передачей) на крутом спуске?

1. Значительно увеличивается износ протектора шин.
2. Повышается износ деталей тормозных механизмов.
3. Перегреваются тормозные механизмы и уменьшается эффективность торможения.

14. В какой момент следует начинать отпускать стояночный тормоз при трогании на подъеме?

1. До начала движения.
2. После начала движения.
3. Одновременно с началом движения.

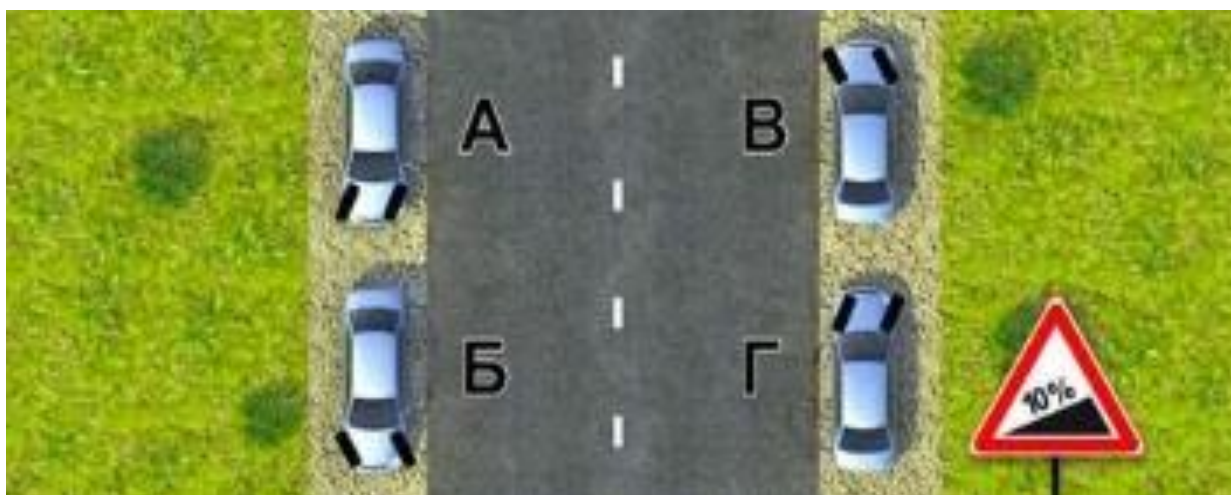
15.



Для предупреждения скатывания автомобиля при остановке на подъеме (спуске) водителю следует повернуть передние колеса. Водители каких транспортных средств правильно выполнили это требование при наличии тротуара?

1. А и Г.
2. Б и В.
3. А и В.
4. Б и Г.

16.



Для обеспечения безопасности при остановке на подъеме (спуске) водителю следует повернуть передние колеса. Водители каких транспортных средств правильно выполнили это требование при отсутствии тротуара?

1. А и Г.
2. Б и В.
3. А и В.
4. Б и Г.

17.



На каком рисунке показано правильное положение рук на рулевом колесе?

1. На левом.
2. На среднем.
3. На правом.

18. В каком случае легковой автомобиль более устойчив против опрокидывания на повороте?

1. Без груза и пассажиров.
2. С пассажирами, но без груза.
3. Без пассажиров, но с грузом на верхнем багажнике.

19. Как изменяется величина центробежной силы с увеличением скорости движения на повороте?

1. Не изменяется.
2. Увеличивается пропорционально скорости.
3. Увеличивается пропорционально квадрату скорости.

20. Какие действия водителя приведут к уменьшению центробежной силы, возникающей на повороте?

1. Увеличение скорости движения.
2. Уменьшение скорости движения.
3. Уменьшение радиуса прохождения поворота.

21.



На каком рисунке водитель выполняет правый поворот по траектории, обеспечивающей наибольшую безопасность движения?

1. На правом.
2. На левом.

22.



На каком рисунке водитель выполняет левый поворот по траектории, обеспечивающей наибольшую безопасность движения?

1. На правом.
2. На левом.

23. В какую сторону смещается прицеп автопоезда на повороте?

1. Не смещается.
2. Смещается к центру поворота.
3. Смещается от центра поворота.

24. Что должен сделать водитель, чтобы быстро восстановить эффективность тормозов после проезда через водную преграду?

1. Продолжить движение, немного натянув рычаг ручного тормоза.
2. Продолжить движение и просушить тормозные колодки многократными непродолжительными нажатиями на педаль тормоза.
3. Продолжить движение с малой скоростью без притормаживания.

25. Двигаясь в прямом направлении со скоростью 60 км/ч, Вы внезапно попали на небольшой участок скользкой дороги. Что следует предпринять?

1. Плавно затормозить.
2. Не менять траектории и скорости движения.

26. Как следует поступить водителю, если во время движения по сухой дороге с асфальтобетонным покрытием начал моросить дождь?

1. Уменьшить скорость и быть особенно осторожным.
2. Не изменяя скорости продолжить движение.
3. Увеличить скорость и попытаться проехать как можно большее расстояние, пока не начался сильный дождь.

27. Как должен поступить водитель в случае потери сцепления колес с дорогой из-за образования «водяного клина»?

1. Увеличить скорость.
2. Снизить скорость резким нажатием на педаль тормоза.
3. Снизить скорость, применяя торможение двигателем.

28. Как правильно произвести экстренное торможение, если Ваш автомобиль оборудован антиблокировочной тормозной системой?

1. Тормозить прерывистым нажатием на педаль тормоза, не допуская блокировки колес.
2. Нажать на педаль тормоза до упора и удерживать ее до полной остановки.

29. Как правильно произвести экстренное торможение на скользкой дороге, если Ваш автомобиль не оборудован антиблокировочной тормозной системой?

1. Нажать на педаль тормоза до упора и удерживать ее до полной остановки.
2. Тормозить прерывистым нажатием на педаль тормоза, не допуская блокировки колес.

30. Для прекращения заноса, вызванного торможением, водитель в первую очередь должен:

1. Прекратить начатое торможение.
2. Выключить сцепление.
3. Продолжить торможение, не изменяя усилия на педаль тормоза.

31. Как водитель должен воздействовать на педаль управления подачей топлива при возникновении заноса, вызванного резким ускорением движения?

1. Усилить нажатие на педаль.
2. Не менять положение педали.
3. Уменьшить нажатие на педаль.

32. Что следует предпринять водителю для предотвращения опасных последствий заноса автомобиля при резком повороте рулевого колеса на скользкой дороге?

1. Быстро, но плавно повернуть рулевое колесо в сторону заноса, затем опережающим воздействием на рулевое колесо выровнять траекторию движения автомобиля.
2. Выключить сцепление.
3. Нажать на педаль тормоза.

33. На повороте возник занос задней оси заднеприводного автомобиля. Ваши действия?

1. Увеличить подачу топлива, рулевым колесом стабилизировать движение.
2. Притормозить и повернуть рулевое колесо в сторону заноса.
3. Значительно уменьшить подачу топлива, не меняя положения рулевого колеса.
4. Слегка уменьшить подачу топлива и повернуть рулевое колесо в сторону заноса.

34. При движении на каком автомобиле увеличение скорости может способствовать устранению заноса задней оси?

1. На переднеприводном.
2. На заднеприводном.

35. На повороте возник занос задней оси переднеприводного автомобиля. Ваши действия?

1. Уменьшите подачу топлива, рулевым колесом стабилизируете движение.
2. Притормозите и повернете рулевое колесо в сторону заноса.
3. Значительно увеличите подачу топлива, не меняя положения рулевого колеса.
4. Слегка увеличите подачу топлива, корректируя направление движения рулевым колесом.

36. Что следует сделать водителю, чтобы предотвратить возникновение заноса при проезде крутого поворота?

1. Перед поворотом снизить скорость и выжать педаль сцепления, чтобы дать возможность автомобилю двигаться накатом на повороте.
2. Перед поворотом снизить скорость, при необходимости включить пониженную передачу, а при проезде поворота не увеличивать резко скорость и не тормозить.
3. Допускается любое из перечисленных действий.

37. Исключает ли антиблокировочная тормозная система возможность возникновения заноса или сноса при прохождении поворота?

1. Полностью исключает возможность возникновения только заноса.
2. Полностью исключает возможность возникновения только сноса.
3. Не исключает возможность возникновения сноса или заноса.

38. Какие преимущества дает Вам использование зимних шин в холодное время года?

1. Исключается возможность возникновения заноса.
2. Появляется возможность в любых погодных условиях двигаться с максимально допустимой скоростью.
3. Уменьшается возможность проскальзывания и пробуксовки колес на скользком покрытии.

39. Зависит ли выбор бокового интервала от скорости движения?

1. Выбор бокового интервала от скорости движения не зависит.
2. При увеличении скорости движения боковой интервал необходимо увеличить.

40. В каких случаях следует увеличить боковой интервал?

1. При встречном разъезде на большой скорости.
2. При разъезде с длинномерным транспортным средством.
3. При движении по мокрому, скользкому или неровному покрытию.
4. Во всех перечисленных случаях.

41. В каком из перечисленных случаев водителю следует оценивать обстановку сзади?

1. Только при резком торможении.
2. Только при торможении на дороге с мокрым или скользким покрытием.
3. При любом торможении.

42. Как влияет длительный разгон транспортного средства с включенной первой передачей на расход топлива?

1. Расход топлива увеличивается.
2. Расход топлива уменьшается.
3. Расход топлива не изменяется.

3.7. Описание тематического содержания предмета и основных его разделов

Учебный предмет «Основы управления транспортными средствами» включает следующие темы:

1. Дорожное движение.
2. Профессиональная надежность водителя.
3. Влияние свойств транспортного средства на эффективность и безопасность управления.
4. Дорожные условия и безопасность движения.
5. Принципы эффективного, безопасного и экологичного управления транспортным средством.
6. Обеспечение безопасности наиболее уязвимых участников дорожного движения.

Тема 1. «Дорожное движение» включает:

описание дорожного движения как системы управления водитель-автомобиль-дорога, который включает в себя орган управления – Правительство Российской Федерации, и объект управления – участников дорожного движения в виде систем управления водитель-автомобиль, велосипедистов, пешеходов и регулировщиков дорожного движения; дорожные условия являются факторами, влияющими на качество функционирования дорожного движения; целью функционирования дорожного движения является удовлетворение потребностей общества в перемещении людей и грузов; критериями качества функционирования дорожного движения являются эффективность, безопасность и экологичность транспортного процесса; Дорожно-транспортное происшествие как отказ функционирования системы водитель-автомобиль-дорога; причины возникновения дорожно-транспортных происшествий; вредное экологическое воздействие дорожного движения; комплексная задача повышения эффективности, безопасности и экологичности дорожного движения; система водитель-автомобиль как главное звено, определяющее качество функционирования дорожного движения в целом и определяющая безопасность дорожного движения, в частности; условия безопасного управления транспортным средством; показатели качества управления транспортным средством: эффективность, безопасность и экологичность; безаварийность как условие достижения цели управления транспортным средством; классификация автомобильных дорог; транспортный поток; средняя скорость, интенсивность движения и плотность транспортного потока; пропускная способность дороги; средняя скорость и плотность транспортного потока, соответствующие пропускной способности дороги; причины возникновения заторов.

Тема 2. «Профессиональная надежность водителя» включает:

понятие о надежности водителя; анализ деятельности водителя; информация, необходимая водителю для управления транспортным средством; обработка информации; сравнение текущей информации с безопасными значениями, сформированными в памяти водителя, в процессе обучения и накопления опыта;

штатные и нештатные ситуации; снижение надежности водителя при неожиданном возникновении нештатной ситуации; влияние прогноза возникновения нештатной ситуации, стажа и возраста водителя на время его реакции; влияние скорости на вынос взора и размеры поля концентрации внимания; влияние личностных качеств водителя на надежность управления транспортным средством; влияние утомления на надежность водителя; зависимость надежности водителя от продолжительности управления, режим труда и отдыха водителя; зависимость надежности водителя от различных видов недомоганий, продолжительности нетрудоспособности в течение года, различных видов заболеваний, курения и степени опьянения; конфликт мотивов безопасного и эффективного управления транспортным средством.

Тема 3. «Влияние свойств транспортного средства на эффективность и безопасность управления» включает:

силы и моменты, действующие на транспортное средство; уравнение тягового баланса; сила сцепления колес с дорогой; понятие о коэффициенте сцепления; изменение коэффициента сцепления в зависимости от погодных условий, режимов движения транспортного средства, состояния шин и дорожного покрытия; условие движения без буксования и блокировки колес; свойства эластичного колеса; круг силы сцепления; влияние величины продольной реакции на поперечную реакцию; деформации автошины при разгоне, торможении, действии боковой силы; угол увода; аквапланирование шины; силы и моменты, действующие на транспортное средство при торможении и при криволинейном движении; скоростные и тормозные свойства, поворачиваемость транспортного средства; устойчивость продольного и бокового движения транспортного средства; условия потери устойчивости бокового движения транспортного средства при разгоне, торможении и повороте; устойчивость против опрокидывания; резервы устойчивости транспортного средства; управляемость продольным и боковым движением транспортного средства; влияние технического состояния систем управления подвески, шин и скользкости дорожного покрытия на устойчивость и управляемость.

Тема 4. «Дорожные условия и безопасность движения» включает:

динамический габарит транспортного средства; опасное пространство, возникающее вокруг транспортного средства при движении; изменение размеров и формы опасного пространства при изменении скорости и траектории движения транспортного средства; понятие о тормозном и остановочном пути; зависимость расстояния, пройденного транспортным средством за время реакции водителя и время срабатывания тормозного привода, от скорости движения транспортного средства, его технического состояния; безопасная дистанция в секундах и метрах; способы контроля безопасной дистанции; безопасный боковой интервал; резервы управления скоростью, ускорением, дистанцией и боковым интервалом; условия безопасного управления; дорожные условия и прогнозирование изменения дорожной ситуации; выбор скорости, ускорения, дистанции и бокового интервала с учетом геометрических параметров дороги и условий движения; влияние плотности транспортного потока на вероятность и тип ДТП; зависимость безопасной дистанции от категорий транспортных средств в паре «ведущий – ведомый»; безопасные условия обгона (опережения); повышение риска ДТП при увеличении отклонения скорости транспортного средства от средней скорости транспортного потока; повышение вероятности возникновения ДТП при увеличении неравномерности движения транспортного средства в транспортном потоке.

Тема 5. «Принципы эффективного, безопасного и экологичного управления транспортным средством» включают:

влияние опыта, приобретаемого водителем, на уровень аварийности в дорожном движении; наиболее опасный период накопления водителем опыта; условия безопасного управления транспортным средством; регулирование скорости движения транспортного средства с учетом плотности транспортного потока; показатели эффективности управления транспортным средством; зависимость средней скорости транспортного средства от его максимальной скорости в транспортных потоках различной плотности; снижение эксплуатационного расхода топлива – действенный способ повышения эффективности управления транспортным средством; безопасное и эффективное управления транспортным

средством; проблема экологической безопасности; принципы экономичного управления транспортным средством; факторы, влияющие на эксплуатационный расход топлива.

Тема 6. «Принципы эффективного, безопасного и экологичного управления транспортным средством» включает:

влияние опыта, приобретаемого водителем, на уровень аварийности в дорожном движении; наиболее опасный период накопления водителем опыта; условия безопасного управления транспортным средством; регулирование скорости движения транспортного средства с учетом плотности транспортного потока; показатели эффективности управления транспортным средством; зависимость средней скорости транспортного средства от его максимальной скорости в транспортных потоках различной плотности; снижение эксплуатационного расхода топлива – действенный способ повышения эффективности управления транспортным средством; безопасное и эффективное управления транспортным средством; проблема экологической безопасности; принципы экономичного управления транспортным средством; факторы, влияющие на эксплуатационный расход топлива.

3.8. Методическое обеспечение обучения по предмету, в т.ч. образовательные технологии, методы и формы обучения, используемые при реализации различных видов учебной работы

Теоретические занятия по учебному предмету «Основы управления транспортными средствами» рекомендуется проводить в форме комбинированного урока с использованием объяснительно-иллюстративного и репродуктивного методов обучения.

Комбинированный урок — это тип урока, характеризующийся сочетанием (комбинацией) различных целей и видов учебной работы при его проведении. Это наиболее распространенный тип урока в существующей практике работы образовательных учреждений.

В структуре комбинированного урока имеются следующие этапы:

- организация обучающихся к занятиям;
- повторительно-обучающая работа по пройденному материалу;
- работа по осмыслению и усвоению нового материала;
- работа по закреплению изложенного материала;
- подведение итогов урока с выставлением оценки за работу отдельным обучающимся на протяжении всего урока;
- выдача домашнего задания.

При проведении занятия целесообразно использовать следующие методы обучения:

- объяснительно-иллюстративный метод обучения – метод, при котором обучающиеся получают знания на лекции, из учебной или методической литературы, а также через экранное пособие;
- репродуктивный метод, где применение изученного осуществляется на основе образца или правила, т.е. выполняется по инструкциям, предписаниям, правилам в аналогичных, сходных с показанным образцом ситуациях.

Для реализации этих методов преподаватель использует следующие педагогические технологии:

- информационно-развивающие технологии, с помощью которых обучающиеся получают учебную информацию в готовом виде: или в изложении преподавателя (лекция, рассказ, объяснение, беседа), или диктора (учебный кинофильм), или путем самостоятельного чтения учебника, учебного пособия, или посредством обучающей программы (программированное обучение);
- деятельностные технологии, позволяющие квалифицированно решать профессиональные задачи и включающие в себя анализ производственных ситуаций, решение ситуационных задач, деловые игры, моделирование профессиональной деятельности в учебном процессе.

Практические занятия по учебному предмету «Основы управления транспортными средствами» рекомендуется проводить в форме урока повторения,

обобщения и систематизации изучаемого материала с использованием репродуктивного метода обучения.

Для реализации данного метода преподаватель использует следующие педагогические технологии:

- развивающие (проблемное обучение, коллективная мыслительная деятельность).
- деятельностные (анализ дорожно-транспортных ситуаций, решение ситуационных задач).

В ходе практического занятия обучающиеся под руководством преподавателя производят разбор типичных дорожно-транспортных ситуаций, решают ситуационные задачи с использованием различных технических средств обучения. По окончании практического занятия преподаватель проводит контроль знаний.

Для разбора типичных дорожно-транспортных ситуаций с использованием учебно-наглядного пособия «Электронная доска» преподавателю необходимо заранее смоделировать различные дорожные ситуации и демонстрировать их на уроке в режиме презентации. В ходе демонстрации слайдов обучающиеся дают ответы на поставленные вопросы. Неточные и неполные ответы исправляются и дополняются другими обучающимися.

Для закрепления знаний по пройденным темам преподаватель при помощи проекционной техники демонстрирует тематические задачи с использованием ИМСО «Экзаменационные билеты и тематические задачи». В ходе демонстрации тематических задач преподаватель, сравнивая различные точки зрения и опираясь на положения Правил, помогает обучающимся найти правильное решение каждой задачи.

Контроль знаний по пройденным темам производится на АРМ с использованием программы-тренажера «Подготовка к теоретическому экзамену в ГИБДД» или иного аналогичного пособия. Допускается также письменный контроль.

По окончании занятия необходимо сделать анализ допущенных ошибок.

3.9.Рекомендуемый план проведения занятий по учебному предмету «Основы управления транспортными средствами»

Тема 3. «Влияние свойств транспортного средства на эффективность и безопасность управления»

Продолжительность занятия: 2 часа

Вид занятия: комбинированный урок

Методы обучения:

1. Объяснительно-иллюстративный
2. Репродуктивный

Используемые технологии:

1. Информационно-развивающие (изложение преподавателем учебной информации с использованием технических средств обучения).
2. Деятельностные (решение тематических задач).

Цели занятия:

1. Образовательная (изучение эксплуатационных свойств транспортных средств и их влияния на эффективность и безопасность управления).
2. Воспитательная (осознание необходимости знания свойств транспортного средства для освоения оптимальных приемов управления).
3. Развивающая (применение знаний при выборе оптимальных приемов управления транспортным средством, обеспечивающих гарантированное выполнение необходимых маневров в штатных ситуациях, повышение надежности управления транспортным средством в нештатных ситуациях).

Обеспечение занятия:

1. Электронные учебно-наглядные пособия (ИМСО «Правила дорожного движения»; ИМСО «Экзаменационные билеты и тематические задачи»).
2. Литература (Учебник «Основы управления транспортными средствами»).
3. Технические средства обучения (экранно-звуковые: компьютер, мультимедийный проектор, экран).

Организация занятия:

1. Организационный момент - (5 минут).

1.1. Приветствие.

1.2. Проверка отсутствующих.

1.3. Объявление темы, целей занятия и учебных вопросов.

2. Входной контроль знаний - (10 минут).

2.1. Что означают термины «деятельность водителя», «информационная модель управления транспортным средством», «план действий», «резерв управления», «штатная и нештатная ситуация»?

2.2. Что означают термины «поле концентрации внимания», «время реакции»?

2.3. Как изменяется надежность водителя в зависимости: от продолжительности управления транспортным средством, состояния здоровья, вида заболевания, курения, алкогольного или наркотического опьянения?

3. Изложение нового материала - (60 минут).

Вопрос 1: силы и моменты, действующие на транспортное средство при движении - (10 минут).

Вопрос 2: свойства эластичного колеса - (10 минут).

Вопрос 3: эксплуатационные свойства транспортного средства - (30 минут).

Вопрос 4: влияние действий водителя с органами управления на свойства транспортного средства как объекта управления - (10 минут).

4. Закрепление знаний. Решение тематических задач - (10 минут).

Демонстрация тематических задач с использованием ИМСО «Экзаменационные билеты и тематические задачи» по изучаемому материалу и опрос обучающихся.

5. Подведение итогов занятия - (5 минут).

5.1. Ответы на вопросы.

5.2. Выставление оценок.

5.3. Выдача домашнего задания.

3.10.Содержание учебного материала

Тема 3. «Влияние свойств транспортного средства на эффективность и безопасность управления»

Вопрос 1: Силы и моменты, действующие на транспортное средство во время движения

Транспортное средство является сложным объектом управления. Его реакция на поворот рулевого колеса изменяется при изменении скорости, бокового ускорения, тяговой и тормозной сил, коэффициента сцепления шин с дорогой, нагрузки. В зависимости от степени блокировки (буксования) колеса реализуемая тормозная (тяговая) реакция изменяется до 30%. Для надежного управления объектом с таким «изменчивым характером» необходимо знание основ теории движения транспортного средства.

Крутящий момент, создаваемый на валу двигателя, с помощью трансмиссии преобразуется в тяговую силу P_T на ведущих колесах, которая необходима для преодоления сопротивлений движению транспортного средства. Рассмотрим силы, на преодоление которых затрачивается энергия топлива, сжигаемого в двигателе.

Сила сопротивления качению колеса P_K зависит от типа и состояния дорожного покрытия, величины продольного уклона дороги, конструкции шин, давления воздуха в них, нагрузки транспортного средства. Между величиной P_K , и весом транспортного средства G_a существует зависимость:

$$P_K = f G_a \cos \alpha, \quad (3.1)$$

где f — коэффициент сопротивления качению; G_a — вес транспортного средства, Н; α — угол продольного уклона дороги, °.

Значения коэффициента сопротивления качению для разных типов дорожного покрытия приведены в табл. 2.

Сила сопротивления подъему P_{Π} , Н, зависит от веса транспортного средства G_a и величины продольного уклона дороги:

$$P_{\Pi} = G_a \sin \alpha = G_a i, \quad (3.2)$$

где i — продольный уклон, %.

При движении на подъем величина P_{Π} положительная, на спуске — отрицательная (помогает движению транспортного средства).

Таблица 2. – Средние экспериментальные значения коэффициента сопротивления качению для различных типов дорожного покрытия

Асфальтобетонные и цементобетонные покрытия в хорошем состоянии	0,007...0,015
То же в удовлетворительном состоянии	0,015...0,020
Гравийное покрытие в хорошем состоянии	0,020...0,025
Бульжные дороги в хорошем состоянии	0,025...0,30
Грунтовая дорога сухая, укатанная	0,25...0,30
То же после дождя	0,50...0,150
Обледенелая дорога, лед	0,015...0,030
Дорога, покрытая укатанным снегом	0,030...0,100
Дорога, покрытая рыхлым снегом	0,100...0,300

Сила сопротивления воздуха $P_{\text{В}}$, Н, пропорциональна коэффициенту обтекаемости $k_{\text{В}}$, площади лобового сопротивления $F_{\text{В}}$ и квадрату скорости транспортного средства относительно воздуха $V_{\text{В}}$:

$$P_{\text{В}} = k_{\text{В}} F_{\text{В}} V_{\text{В}}^2 / 13, \quad (3.3)$$

где $k_{\text{В}}$ — коэффициент обтекаемости, Н·с²/м⁴; $F_{\text{В}}$ — лобовая площадь транспортного средства, м²; $V_{\text{В}}$ — «воздушная» скорость, км/ч.

Большегрузные автопоезда имеют закрытые тентом платформы, увеличивающие $F_{\text{В}}$, но уменьшающие $k_{\text{В}}$. Установка на крыше кабины спойлера позволяет уменьшить $k_{\text{В}}$ на 10...15%. В табл. 3 приведены значения $k_{\text{В}}$, $F_{\text{В}}$ и их произведения, называемого «фактором обтекаемости», для разных типов транспортных средств.

Таблица 3. – Средние значения коэффициентов обтекаемости k_B , лобовой площади F_B и фактора обтекаемости для различных типов транспортных средств

Тип транспортного средства	k_B , Нс ² /м ⁴	F_B , м ²	$k_B F_B$, Нс ² /м ²
Легковые автомобили:			
малого класса	0,20...0,35	1,5...2,0	0,30...0,70
среднего и большого класса	0,20...0,30	2,0...2,8	0,40...0,85
Автобусы:			
капотной компоновки	0,45...0,55	4,0...6,0	1,8...3,3
вагонной компоновки	0,35...0,45	5,0...6,5	1,75...2,60
Грузовые автомобили			
бортовые	0,50...0,70	3,5...7,0	1,75...4,90
с кузовом фургон	0,50...0,60	5,0...8,5	2,50...6,50
Автоцистерны	0,55...0,60	3,5...7,0	1,90...4,50
Автопоезда	0,85...0,95	8,0...8,5	6,80...8,0

Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату воздушной скорости V_B . При отсутствии ветра она равна скорости транспортного средства V_a . При наличии встречного ветра воздушная скорость V_B равна сумме скоростей транспортного средства V_a и ветра W_B , при попутном ветре — их разности. Транспортные средства, имеющие большую величину фактора обтекаемости $k_B F_B$, очень чувствительны по расходу топлива к изменению воздушной скорости V_B . Это следует учитывать и выбирать скорость транспортного средства на участках свободного движения с учетом скорости и направления ветра.

Сила инерции транспортного средства $P_{и}$, Н, пропорциональна массе транспортного средства M_a и продольному ускорению j_x :

$$P_{и} = k_j M_a j_x \quad (3.4)$$

где k_j — коэффициент, учитывающий влияние вращающихся деталей (масс) транспортного средства; M_a — масса транспортного средства, кг; j_x — ускорение транспортного средства, м/с².

Величина k_j пропорциональна квадрату передаточного отношения трансмиссии i :

$$k_j = 1 + j_x \delta_a i^2 \quad (3.5)$$

где $\delta_a = 0,04 \dots 0,09$ — коэффициент пропорциональности моменту инерции вращающихся масс (маховик, шестерни колеса).

При одном и том же ускорении сила $P_{И}$ увеличивается на пониженных передачах. При разгоне $P_{И}$ — величина положительная (препятствует разгону), при торможении — отрицательная (препятствует снижению скорости).

Прямолинейное движение. Рассмотренные выше силы сопротивления движению транспортного средства действуют на него при прямолинейном движении. Для их преодоления к ведущим колесам подводится тяговая сила P_T , создаваемая двигателем, которая равна сумме сил сопротивления движению транспортного средства:

$$P_T = P_K \pm P_{\Pi} + P_B + P_{И} \quad (3.6)$$

Если присоединить к автомобилю прицеп, он создаст дополнительное сопротивление $P_{\text{Пр}}$, которое будет равно сумме сопротивлений $P_K, P_{\Pi}, P_{И}$ прицепа. Уравнение (3.6) для автомобиля с прицепом примет вид:

$$P_T = P_K \pm P_{\Pi} + P_B + P_{И} + P_{\text{Пр}} \quad (3.7)$$

Схема сил, действующих на транспортное средство при движении, приведена на рис. 1. Чтобы преодолеть силы сопротивления движению, между колесом и дорогой должна возникнуть реакция R_T . Величина тяговой реакции R_T, H , не может быть больше силы сцепления ведущих колес с дорогой $P_{\text{сц}}$:

$$P_T = R_T \leq P_{\text{сц}} = \varphi G_B, \quad (3.8)$$

где φ — коэффициент сцепления шин с дорогой; G_B — вес, приходящийся на ведущие колеса транспортного средства, H .

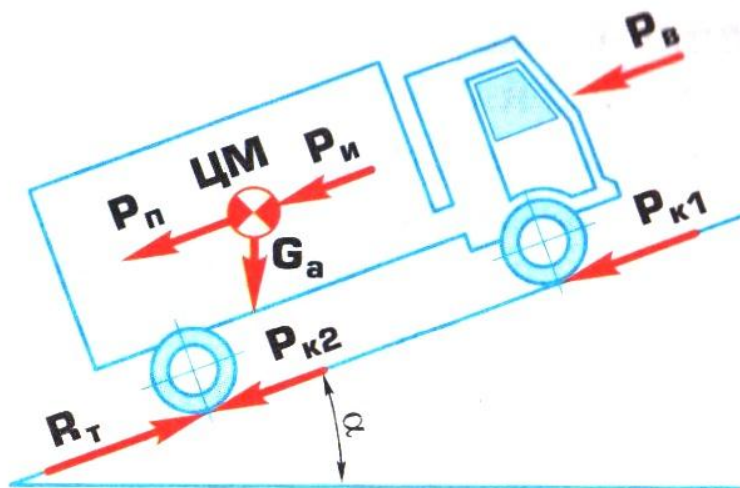


Рис. 1. - Силы, действующие на автомобиль при движении:

R_T - тяговая реакция между ведущими колесами и дорогой; $P_{к1}$, $P_{к2}$ - силы сопротивления качению передних и задних колес соответственно; $P_п$ - сила сопротивления подъему; $P_в$ - сила сопротивления воздуха; $P_и$ - сила инерции; G_a - сила тяжести автомобиля.

Величина коэффициента сцепления зависит от типа и состояния дорожного покрытия, конструкции шин и изношенности их протектора, давления воздуха в шинах, нагрузки на колесо. Величины коэффициентов сцепления μ для разных дорожных условий приведены в табл. 3.

Когда R_T становится равной $P_{сц}$, начинается буксование ведущих колес, это одна из опасностей, поджидающих водителя на заснеженных и обледенелых дорогах.

Другая опасность — дорога, покрытая слоем воды. Если шина имеет большой износ, оставшиеся на ней неглубокие канавки не успевают отводить воду из пятна контакта шины с дорогой. В результате возможно аквапланирование шины, которое заключается в том, что при определенных толщине водяной пленки и скорости транспортного средства возникает подъемная гидродинамическая сила, и колесо как бы «всплывает» над дорогой на «водяной подушке», теряя частично (рис. 2б) или полностью (рис. 2в) контакт с дорогой.

Таблица 3. – Значения коэффициента сцепления шин с дорогой для различных дорожных условий

Тип покрытия	Состояние покрытия	
	сухое	мокрое
Асфальтобетон и цементобетон	0,7...0,8	0,35...0,45
Гравийное покрытие	0,6...0,7	0,3...0,4
Грунтовая дорога	0,5...0,6	0,2...0,4
Дорога, покрытая укатанным снегом	0,2...0,3	
Обледенелая дорога, лед	0,1...0,2	

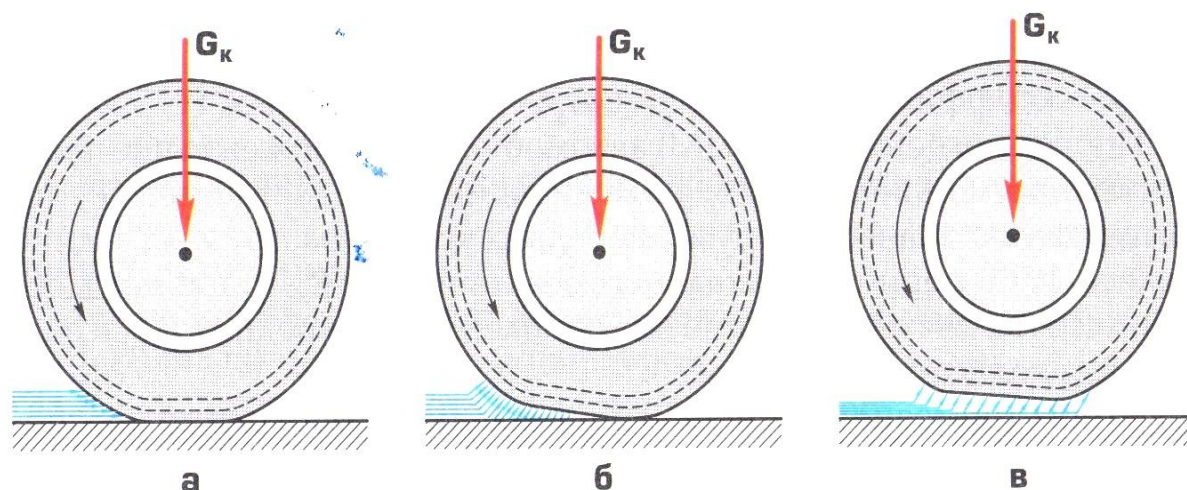


Рис. 2. - Схема возникновения аквапланирования колеса:

а – вода из пятна контакта удалена через канавки на протекторе шины; б – вода не успевает удаляться из пятна контакта полностью и передняя часть колеса всплывает на «водяной подушке»; в – колесо полностью теряет контакт с дорогой; G_k – сила тяжести, приходящаяся на колесо.

Чтобы избежать подобных явлений, необходимо снимать с эксплуатации шины при уменьшении глубины канавок протектора до минимально допустимой

величины. При наличии на дороге больших луж не въезжать в них на высокой скорости.

При торможении (рис. 3) на колеса действует тормозная сила $P_{\text{Тр}}$, которая создает тормозную реакцию между колесами и дорогой $R_{\text{Тр}}$. Реакция $R_{\text{Тр}}$ складывается с $P_{\text{К}}$, $P_{\text{П}}$, $P_{\text{В}}$ и вызывает замедление транспортного средства.

Силой, препятствующей замедлению транспортного средства, является сила инерции транспортного средства $P_{\text{И}}$, которая равна сумме сил сопротивления движению:

$$P_{\text{И}} = P_{\text{Тр}} + P_{\text{К}} \pm P_{\text{П}} + P_{\text{В}} \quad (3.9)$$

Величина реакции торможения $R_{\text{Тр}}$, Н, между колесами и дорогой не может превысить силы сцепления $P_{\text{сц}}$:

$$P_{\text{Тр}} = R_{\text{Тр}} \leq P_{\text{сц}} = \varphi G_{\text{а}} \quad (3.10)$$

где φ — коэффициент сцепления; $G_{\text{а}}$ — вес транспортного средства, Н.

Поскольку центр масс (ЦМ) транспортного средства расположен выше плоскости дороги на величину $h_{\text{а}}$, сила инерции $P_{\text{И}}$ создает момент $P_{\text{И}} * h_{\text{а}}$, который увеличивает нагрузку передних колес и разгружает задние колеса. Изменение вертикальных реакций R_{z1} и R_{z2} приводит к соответствующему изменению сил сцепления на передних $P_{\text{сц}1}$ и задних $P_{\text{сц}2}$ колесах.

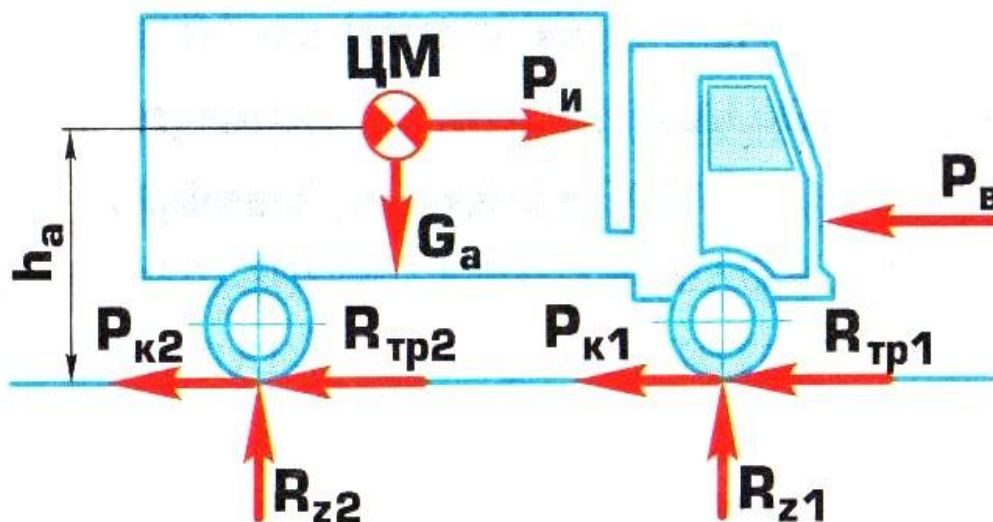


Рис. 3. - Силы, действующие на транспортное средство при торможении: $R_{тр1}$, $R_{тр2}$ – тормозная реакция между передними и задними колесами и дорогой соответственно; $P_{к1}$, $P_{к2}$ – силы сопротивления качению передних и задних колес соответственно; $P_в$ – сила сопротивления воздуха; $P_и$ – сила инерции R_{z1} , R_{z2} – вертикальные реакции на передних и задних колесах соответственно; G_a – сила тяжести транспортного средства; **ЦМ** – центр масс; h_a – высота **ЦМ**.

Чтобы тормозной путь был минимальным, необходимо обеспечить достижение момента блокировки передних и задних колес одновременно. А для сохранения устойчивости при торможении блокировка передних колес должна происходить несколько раньше, чем задних (об этом см. ниже «Торможение педалью тормоза при выжатой педали сцепления»).

Тормозная система проектируется так, чтобы обеспечить выполнение этого условия при полной массе автомобиля. Опережающая блокировка передних колес при уменьшении массы транспортного средства и снижении ее доли, приходящейся на задние колеса, достигается установкой регулятора тормозных сил, который ограничивает тормозную силу на задних колесах при уменьшении нагрузки автомобиля. В процессе эксплуатации транспортного средства необходимо следить за исправностью регулятора.

Криволинейное движение. Чтобы транспортное средство перешло от прямолинейного движения к криволинейному, к нему необходимо приложить

поворачивающий момент. Момент создается поворотом управляемых колес на угол Θ (рис. 4), при этом колеса становятся своего рода преградой на пути прямолинейного движения транспортного средства. А так как транспортное средство стремится двигаться по прямой, сила инерции «давит» на «преграду». Сопротивление «преграды» и является реакцией между повернутыми колесами и дорогой — $R_{к.п}$. Эта реакция может быть заменена двумя составляющими, одна из которых действует в плоскости вращения колеса и является дополнительной силой сопротивления качению при криволинейном движении $P_{к.к}$, а другая, направленная перпендикулярно плоскости вращения колеса к центру поворота, является реакцией между управляемыми колесами и дорогой R_{y1} , создающей поворачивающий момент M_1 .

Величина дополнительного сопротивления качению при криволинейном движении $P_{к.к}$ увеличивается с возрастанием поперечной реакции R_{y1} и угла поворота Θ управляемых колес:

$$P_{к.к} = R_{y1} \operatorname{ctg} \Theta \quad (3.11)$$

С учетом изложенного уравнения баланса сил продольного движения (3.7) и (3.9) на повороте примут соответственно следующий вид:

$$P_T = P_K + P_{к.к} \pm P_{\Pi} + P_B + P_{И} \quad (3.12)$$

$$P_{И} = P_{Тр} + P_K + P_{к.к} \pm P_{\Pi} + P_B \quad (3.13)$$

Движение транспортного средства на повороте описывается двумя движениями: траекторией ЦМ и углом поворота относительно него продольной оси транспортного средства γ .

Как можно видеть из рис. 4, величина поворачивающего момента M_1 равна произведению поперечной реакции на передних колесах R_{y1} на расстояние a от ЦМ до передних колес:

$$M_1 = R_{y1} a \quad (3.14)$$

При криволинейном движении в ЦМ возникает центробежная сила $P_{Ц}$, которая уравнивается поперечной реакцией R_y . Эта реакция равна сумме поперечных реакций на передних R_{y1} и задних R_{y2} колесах (рис. 4а):

$$P_{Ц} = R_y = R_{y1} + R_{y2} \quad (3.15)$$

Поворачивающий момент M_1 уравнивается стабилизирующим моментом M_2 , который равен произведению поперечной реакции на задних колесах P_{y2} на расстояние b от ЦМ до задних колес:

$$M_2 = R_{y2} b \quad (3.16)$$

Когда поворачивающий и стабилизирующий моменты равны между собой ($M_1 = M_2$), движение является устойчивым. В случае, если M_1 станет больше M_2 , произойдет занос транспортного средства.

Величины центробежной силы $P_{Ц}$ и уравнивающей ее поперечной центростремительной реакции R_y равны произведению массы транспортного средства M_a на квадрат его скорости V_a^2 , деленному на радиус поворота $R_{ПВ}$:

$$P_{Ц} = R_y = M_a V_a^2 / R_{ПВ} \quad (3.17)$$

Поперечная реакция R_y распределяется между передними и задними колесами обратно пропорционально расстояниям от ЦМ до передних a и задних b колес соответственно. С учетом уравнения (3.17) получим:

$$R_{y1} = b R_y / L = b M_a V_a^2 / R_{ПВ} L \quad (3.18)$$

$$R_{y2} = a R_y / L = a M_a V_a^2 / R_{ПВ} L \quad (3.19)$$

где L — база транспортного средства.

Угловая скорость поворота продольной оси транспортного средства при прямолинейном движении равна нулю. При круговом движении с постоянной линейной скоростью V_a угловая скорость поворота продольной оси равна ω_γ . Поэтому при входе в поворот должен произойти разгон до угловой скорости

поворота ω_γ , а при выходе из поворота — замедление угловой скорости ω_γ до нуля, т.е. возникает угловое ускорение ε .

Можно сказать, что транспортное средство является своего рода маховиком, который сначала необходимо раскрутить относительно ЦМ, а затем остановить. Поэтому для входа и выхода из поворота к транспортному средству необходимо приложить дополнительно поворачивающий и тормозной моменты соответственно. Так же как величина силы инерции пропорциональна произведению массы на линейное ускорение, так и при вращении величина момента инерции вращения $M_{ИЗ}$ равна произведению момента инерции массы транспортного средства I_z на угловое ускорение транспортного средства ε :

$$M_{ИЗ} = I_z \varepsilon \quad (3.20)$$

Чтобы создать момент инерции вращения $M_{ИЗ}$, между колесами транспортного средства и дорогой должны возникнуть дополнительные поперечные реакции в виде пары сил $R_{УМ}$ (рис. 4б, в). Чтобы определить величину $R_{УМ}$, необходимо разделить момент инерции вращения $M_{ИЗ}$ на плечо приложения сил — базу транспортного средства L . С учетом уравнения (3.20) получим выражение для определения $R_{УМ}$:

$$R_{УМ} = M_{ИЗ} / L = \varepsilon I_z / L \quad (3.21)$$

Центростремительные реакции R_{y1} и R_{y2} всегда направлены в одну сторону — к центру поворота. Одна из реакций $R_{УМ}$ направлена к центру поворота, а другая — от центра. Поэтому на одних колесах происходит сложение реакций R_y и $R_{УМ}$, а на других — их вычитание. При входе в поворот (см. рис. 4б) реакции на передних колесах R_{y1} и $R_{УМ}$ складываются, а на задних колесах R_{y2} и $R_{УМ}$ вычитаются. При выходе из поворота (см. рис. 4в) имеет место обратная картина. Реакции на передних колесах R_{y1} и $R_{УМ}$ вычитаются, а на задних колесах R_{y2} и $R_{УМ}$ складываются.

С учетом изложенного, суммарные поперечные реакции на передних $R_{y\Sigma_1}$ и задних $R_{y\Sigma_2}$ колесах будут равны:

$$R_{y\Sigma_1} = R_{y1} \pm R_{ym} = bM_a V_a \pm \varepsilon I_z / L \quad (3.22)$$

$$R_{y\Sigma_2} = R_{y2} \pm R_{ym} = aM_a V_a \pm \varepsilon I_z / L \quad (3.23)$$

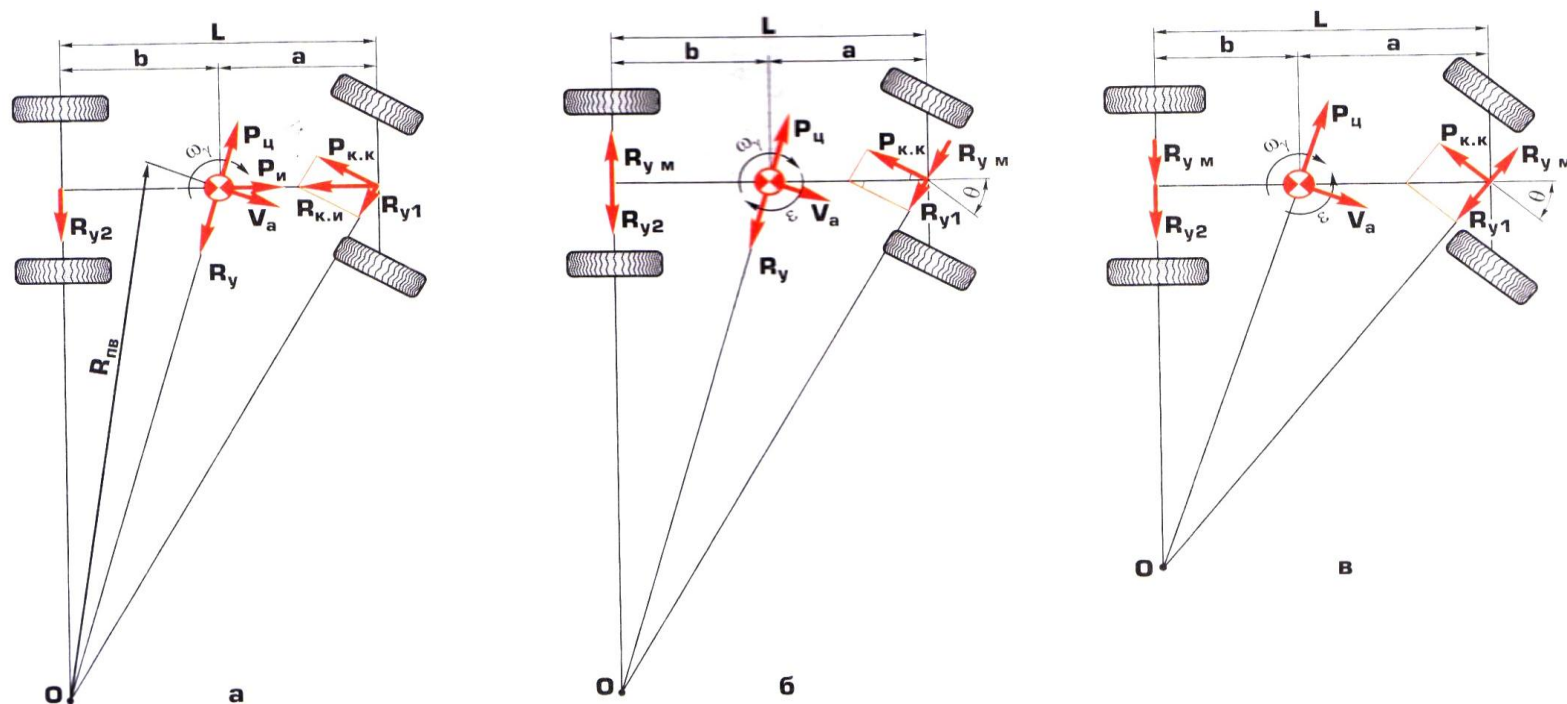


Рис. 4. - Силы, действующие на транспортное средство на повороте:

а - движение повороте с постоянной скоростью ω_γ ; **б** - вход в поворот, т.е. увеличение угловой скорости поворота от 0 до ω_γ ; **в** - выход из поворота, т.е. уменьшение угловой скорости поворота от ω_γ до 0; $R_{к.и}$ - реакция между повернутыми колесами и дорогой под действием силы инерции; $P_{к.к}$ - составляющая $R_{к.и}$, увеличивающая сопротивление качению на повороте; R_{y1} - как составляющая $R_{к.и}$ поперечная реакция между передними управляемыми колесами и дорогой, создающая поворачивающий момент; R_{y2} - поперечная реакция между задними колесами и дорогой, создающая стабилизирующий момент; P_ψ - центробежная сила; $R_{y м}$ - поперечная реакция на колесах, создающая пару сил; θ - угол поворота управляемых колес; V_a - скорость автомобиля; ω_γ - угловая скорость поворота автомобиля; ε - угловое ускорение поворота автомобиля; L - база автомобиля; a - расстояние между ЦМ и передними колесами; b - расстояние между ЦМ и задними колесами; $R_{пв}$ - радиус поворота автомобиля.

Суммарные поперечные реакции на колесах $R_{y\Sigma 1}$ и $R_{y\Sigma 2}$ не могут превышать силы сцепления. Условие движения без поперечного скольжения колес запишется в следующем виде:

$$R_{y\Sigma 1} \leq P_{\text{сц}} = \varphi G_1 \quad (3.24)$$

$$R_{y\Sigma 2} \leq P_{\text{сц}} = \varphi G_2 \quad (3.25)$$

где φ — коэффициент сцепления; G_1 — вес транспортного средства, приходящийся на передние колеса, Н; G_2 — вес транспортного средства, приходящийся на задние колеса, Н.

Из изложенного следует, что когда на входе в поворот суммарная поперечная реакция на передних колесах $R_{y\Sigma 1}$ достигнет силы сцепления, реакция $R_{y\Sigma 2}$ будет меньше силы сцепления и начнется поперечное скольжение передних колес — снос транспортного средства. При выходе из поворота будет иметь место обратная картина. Поперечное скольжение начнется на задних колесах — произойдет занос транспортного средства.

Поперечное скольжение колес грузового автомобиля и автобуса возможно на скользком покрытии, когда $\varphi \leq (0,3 \dots 0,4)$. При более высоких значениях φ ограничение P_y и, соответственно, скорости автомобиля V_a происходит вследствие его опрокидывания.

Причиной поперечного опрокидывания транспортного средства на повороте является центробежная сила. На рис. 5 представлена схема сил, от которых зависит поперечная устойчивость транспортного средства. Поперечная сила P_y действует на плече h_a , равном высоте ЦМ, и стремится опрокинуть транспортное средство. Удерживает транспортное средство от опрокидывания его сила тяжести G_a , которая в случае равномерного распределения нагрузки в кузове действует на плече, равном половине ширины колеи транспортного средства $K_a/2$. На основании изложенного условие движения без опрокидывания описывается уравнением:

$$P_y h_a \leq G_a K_a / 2 \quad (3.26)$$

Поперечная сила является суммой центробежной силы $P_{ц}$ и сил, создаваемых поперечным уклоном дороги и давлением силы бокового ветра. В зависимости от направления действия последних сил они уменьшают или увеличивают действие центробежной силы $P_{ц}$. Так, для уменьшения действия центробежной силы на поворотах малых радиусов делают вираж — придают полотну дороги поперечный наклон в сторону поворота. Более подробно устойчивость автомобиля против поперечного опрокидывания рассмотрена ниже («Устойчивость против поперечного опрокидывания»).

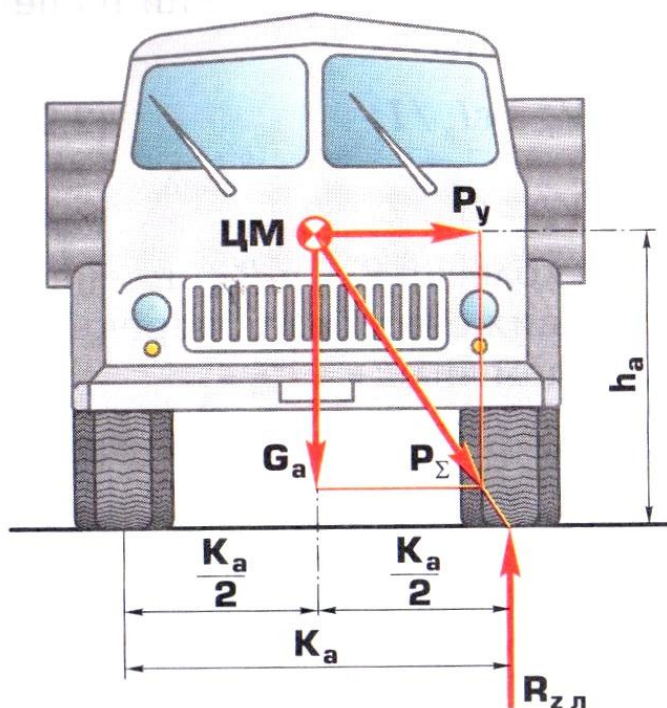


Рис. 5. Силы, действующие на транспортное средство в момент опрокидывания:

P_y – поперечная (опрокидывающая) сила; G_a – сила тяжести транспортного средства; P_{Σ} – равнодействующая сил P_y и G_a ; $R_{z,л}$ – вертикальная реакция на левых колесах; K_a – колея транспортного средства; **ЦМ** – центр масс транспортного средства; h_a – высота **ЦМ**.

Вопрос 2: Свойства автомобильного колеса

С изобретением колеса у людей появилась возможность перемещать тяжелые грузы, прикладывая небольшие усилия. Изобретение пневматической шины в век автомобиля придало ему свойства, которыми не обладала повозка на жестких

колесах. Высокая плавность хода и снижение шума при качении колеса были бы невозможны без пневматической шины. Не менее важно то, что свойства эластичной шины формируют такие характеристики транспортного средства, как поворачиваемость, устойчивость, управляемость, возмущаемость. Они так же учитываются для разработки алгоритма работы антиблокировочной (АБС) и противобуксовочной (ПБС) систем. Позволяют применять технику циклического торможения, имитирующего работу АБС. Жесткое колесо может находиться в двух состояниях: качения без скольжения, буксования или блокировки, поперечного скольжения, переход к которым наступает мгновенно. В отличие от жесткого колеса процесс скольжения в шине развивается постепенно, что и придает ей особые свойства.

Рассмотрим качение колеса в отсутствие и в случае передачи через него тяговой и тормозной сил. Схемы качения колеса при разных видах его нагружения показаны на рис. 6.

Свободно катящееся колесо деформируется только в вертикальном направлении (рис. 6а). Деформируясь, шина образует пятно контакта с дорогой. Если разбить площадь этого пятна на большое число маленьких (элементарных) площадок, то окажется, что в момент контакта с дорогой каждая из них остается неподвижной относительно дороги.

Это означает, что между шиной и дорогой возникает трение покоя, величина которого больше трения скольжения. Когда к шине подведены крутящий или тормозящий моменты, происходит деформация шины, как показано на рис. 6б и в. В результате этого при передаче через шину тягового M_T или тормозного M_{Tr} момента часть элементов пятна контакта при выходе из него начнет скользить относительно дороги, т.е. в этих элементах возникает трение скольжения. Кинематически это проявится в том, что колесо будет проскальзывать относительно дороги. Это означает следующее. Если проскальзывания нет, то скорость автомобиля V_a , м/с, и угловая скорость качения колеса ω_k , c^{-1} , связаны соотношением:

$$V_a = \omega_k r_k \quad (3.27)$$

где r_k — радиус качения колеса, м.

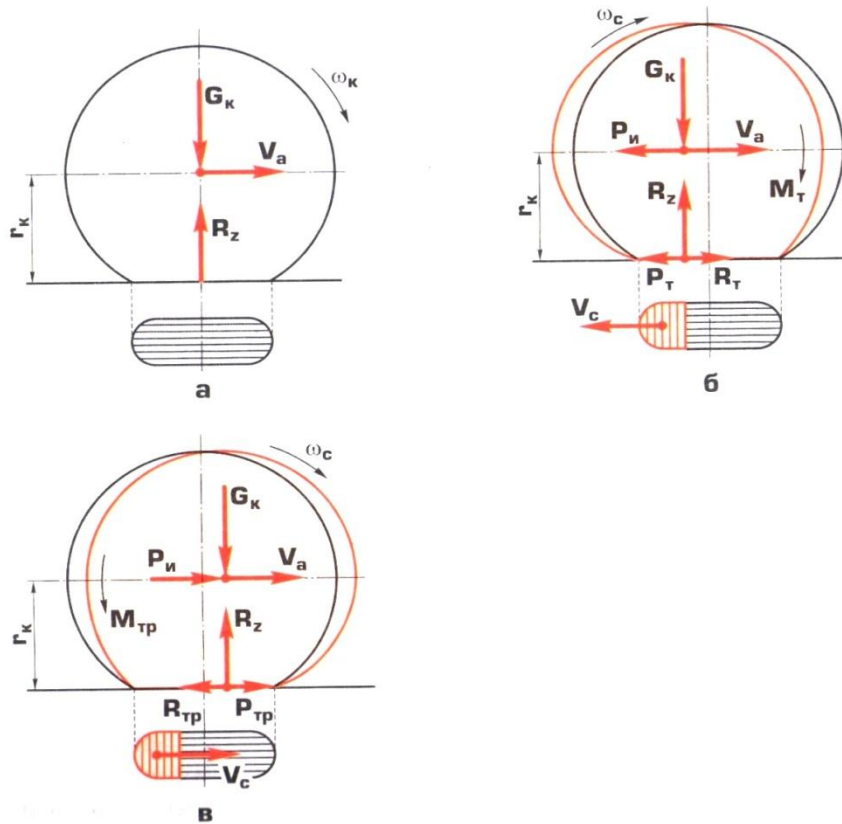


Рис. 6. Схема деформации колеса при различных видах его нагрузки:

а – ведомый режим качения колеса; б – ведущий режим качения колеса; в – тормозной режим качения колеса; G_k – нагрузка на колесо; R_z – вертикальная реакция; V_a – скорость транспортного средства; r_k – радиус колеса в ведомом режиме; ω_k – угловая скорость вращения колеса в ведомом режиме; ω_c – угловая скорость вращения колеса в ведущем и тормозном режимах; M_T – крутящий (тяговый) момент; M_{Tp} – тормозной момент; P_T – тяговая сила; P_{Tp} – тормозная сила; P_i – сила инерции; R_T – тяговая реакция; R_{Tp} – тормозная реакция; V_c – скорость скольжения в пятне контакта.

При проскальзывании соотношение (3.27) нарушается, угловая скорость проскальзывающего колеса ω_c увеличивается по отношению к ω_k при буксовании и уменьшается при торможении. Отсюда коэффициент скольжения s можно определить из выражения

$$s = (\omega_K - \omega_C) / \omega_K = 1 - \omega_C / \omega_K \quad (3.28)$$

При разгоне с буксованием $\omega_C > \omega_K$ и коэффициент скольжения s будет отрицательным, при торможении — положительным. Для нас важно, что по мере увеличения абсолютной величины s число скользящих элементов в пятне контакта увеличивается. Как отмечено выше, трение скольжения меньше трения покоя. Продольная реакция R_x равна сумме элементарных реакций скользящих и нескользящих элементов пятна контакта. Число скользящих элементов с увеличением коэффициента скольжения s увеличивается, а нескользящих соответственно уменьшается. Поэтому наступает момент, когда продольная реакция R_x достигает максимума. Этому моменту соответствует критическое значение коэффициента скольжения $s_{кр}$, далее процесс проскальзывания колеса становится неустойчивым — начинается самопроизвольное увеличение s при неизменной тяговой P_T или тормозной $P_{Тр}$ силах. С увеличением коэффициента скольжения s продольная реакция R_x уменьшается. Это вызывает дальнейшее увеличение s , и так до полного буксования или блокировки колеса. При разгоне происходит буксование колес, при торможении — их блокировка.

Изложенное иллюстрирует R_x — s диаграмма (рис. 7), которая показывает, как изменяются продольная реакция R_x (R_T , $R_{Тр}$) и коэффициент скольжения s при подведении к колесу тяговой P_T или тормозной $P_{Тр}$ сил.

Из приведенного графика видно, что для реализации максимальной величины продольной реакции R_x , после того как коэффициент скольжения станет равным $s_{кр}$, необходимо уменьшать подводимую тяговую P_T (или тормозную $P_{Тр}$) силу настолько, чтобы она стала меньше продольной реакции R_x . При этом колесо начнет замедляться (раскручиваться). После того как s станет меньше $s_{кр}$, необходимо опять увеличить подводимую силу и т.д. При наличии АБС и ПБС это делает автомат, при их отсутствии водитель может реализовать программу циклического перемещения педали скорости (тормоза).

При воздействии поперечной силы P_y колесо транспортного средства деформируется в направлении ее действия, как показано на рис. 8.

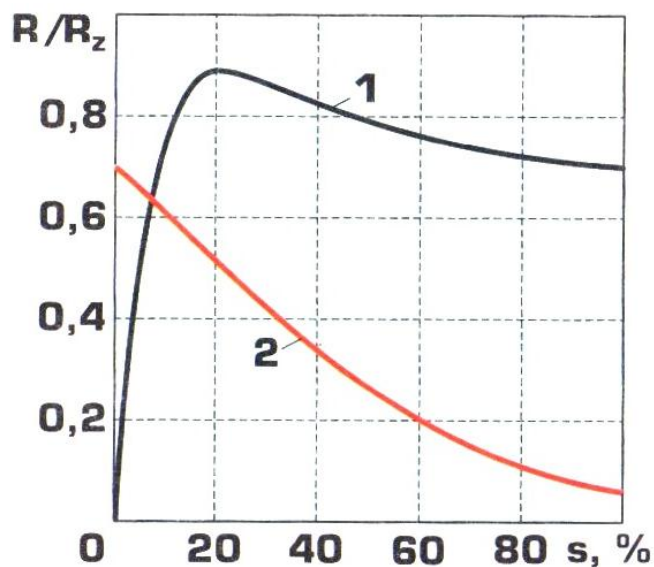


Рис. 7. Изменение относительной продольной R_x/R_z (1) и поперечной R_y/R_z (2) реакций в зависимости от коэффициента скольжения s

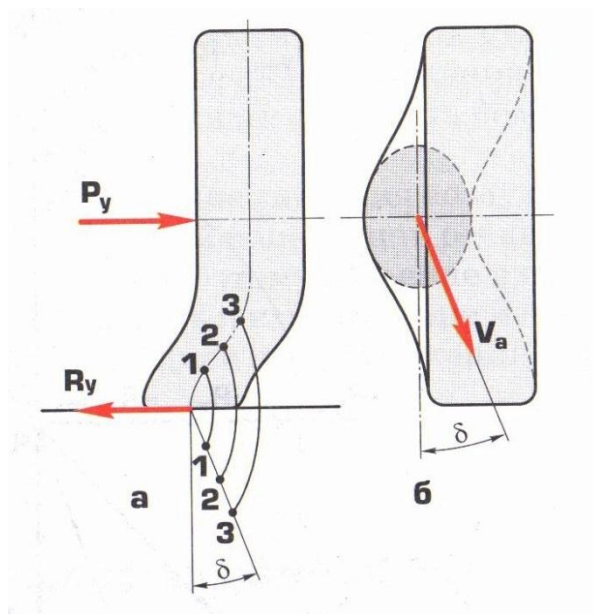


Рис. 8. Схема бокового увода колеса:

δ — угол бокового увода; P_y — поперечная сила; R_y — поперечная реакция; 1, 2, 3 — точки колеса поочередно входящие в контакт с дорожкой

При этом каждый новый элемент протектора шины (точки 1, 2, 3 на рис. 8а) будет входить в контакт с дорожкой с некоторым поперечным смещением относительно точек, уже находящихся в контакте, в сторону деформации элемента шины. В результате возникает явление бокового увода шины, которое заключается в

том, что колесо катится под углом δ к плоскости вращения обода (рис. 8б), на котором смонтирована шина. Именно это свойство шины и формирует такие свойства транспортного средства, как поворачиваемость курсовая устойчивость управляемость и возмущаемость. При поперечной деформации катящегося колеса происходят те же явления, что и при продольной. Элементы шины, выходящие из контакта с дорогой, начинают скользить. Чем больше поперечная сила, тем больше угол увода и число скользящих элементов в пятне контакта. Максимальной поперечной силе $R_{y\max}$ при свободном качении колеса соответствует максимальная поперечная реакция между колесом и дорогой $R_{y\max}$. При этом скольжение происходит по всей площади контакта, и колесо становится неустойчивым относительно величины увода — угол увода δ начинает самопроизвольно увеличиваться при постоянной величине R_y (рис. 9а). Это мы наблюдаем при сносе и заносе транспортного средства.

Сложение продольных и поперечных реакций. В процессе управления транспортным средством к колесу одновременно подводятся продольная и поперечная силы. Возникающие при этом реакции между колесом и дорогой складываются. Знание правила их сложения имеет большое значение для предотвращения критических ситуаций освоения оптимальных приемов управления транспортным средством, повышающих надежность выхода из критических ситуациях. Реакции являются векторными величинами. Их сложение выполняется по правилам сложения векторов. Для нас важно то, что любая продольная уменьшает поперечную реакцию, как показано на рис. 9б.

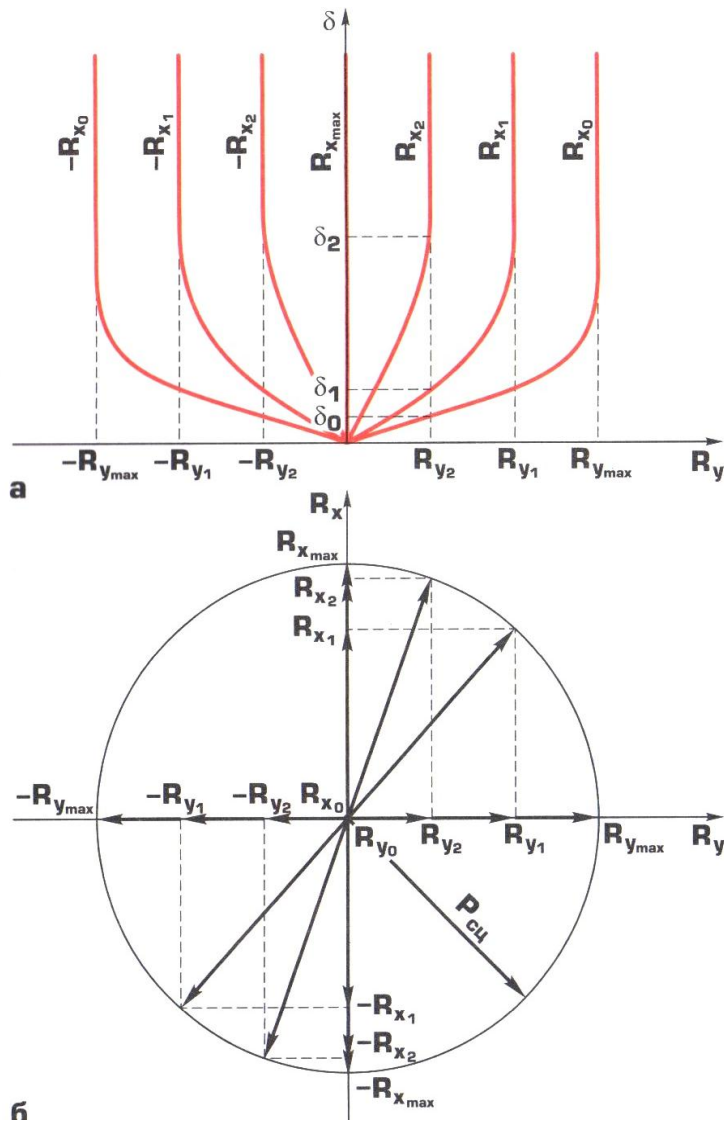


Рис. 9. Характеристики увода и скольжения колеса:

R_y – поперечная реакция; δ – угол бокового увода; R_x – продольная реакция; δ_i – угол бокового увода, соответствующий продольной реакции R_{x_i} , при постоянной поперечной реакции R_y ; $P_{сц}$ – сила сцепления

Максимальная поперечная реакция $R_{y_{max}}$ равна силе сцепления $P_{сц}$ при свободно катящемся колесе, когда R_{x_0} равна нулю. При увеличении продольной реакции (R_{x_1} , R_{x_2}) поперечная реакция уменьшается (R_{y_1} , R_{y_2}). Когда продольная реакция $R_{x_{max}}$ равна силе сцепления $P_{сц}$, поперечная реакция R_{y_0} равна нулю. Это происходит при буксовании и блокировке колеса. На рис. 7 показано изменение поперечной реакции R_y при увеличении коэффициента скольжения s . Из рис. 9а следует, что увеличение продольной реакции R_x при постоянной поперечной

реакции R_y увеличивает угол увода ($\delta_0, \delta_1, \delta_2$). Для нас это означает, что при поперечном скольжении колеса с него необходимо снять продольные силы: отпустить педаль тормоза, нажать на педаль сцепления.

Увеличение нагрузки на колесо, снижение давления воздуха в шинах приводят к тому, что при постоянной поперечной реакции R_y угол бокового увода δ увеличивается. Поэтому давление в шинах необходимо регулярно контролировать и изменять при изменении нагрузки в соответствии с инструкцией по эксплуатации транспортного средства.

Вопрос 3: Эксплуатационные свойства транспортного средства

Эффективность управления транспортным средством определяется рядом его свойств, которые называются «эксплуатационными». Рассмотрим их влияние на надежность, эффективность и экологичность управления. Эксплуатационные свойства можно подразделить на функциональные и эргономические. Первые определяют предельные возможности по массе и габаритам перевозимого груза, скорости его доставки. Вторые характеризуют удобство управления транспортным средством, размещения на рабочем месте водителя (РМВ) и влияют на возможность реализации водителем функциональных свойств.

Функциональные свойства

Скоростные свойства. Возможности автомобиля в достижении высокой скорости сообщения характеризуются скоростными свойствами. Показателем скоростных свойств является максимальная скорость. В соответствии с уравнением (3.6) максимальной скорости на горизонтальном участке дороги соответствует равенство тяговой силы P_T сумме сил сопротивления качению P_K и сопротивления воздуха P_B . Для определения максимальной скорости автомобиля необходимо решить уравнение силового баланса (3.6). Графический способ его решения показан на рис. 10.

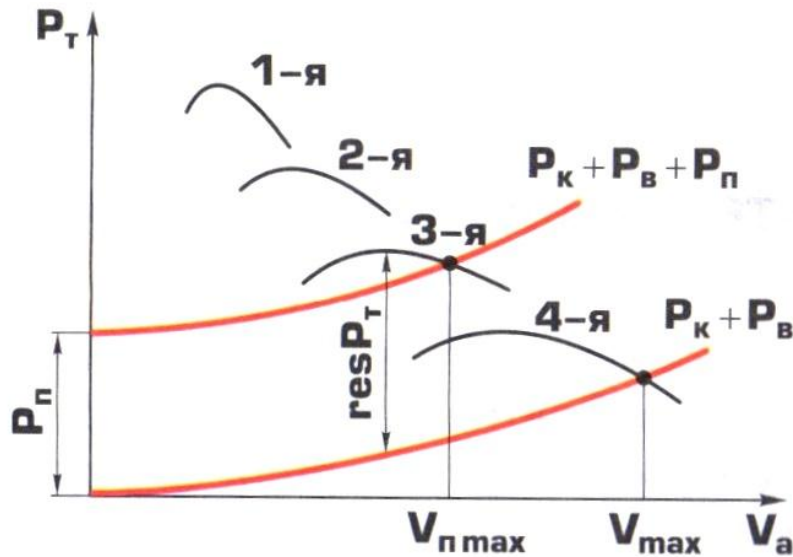


Рис. 10. График тягового баланса транспортного средства

На графике в координатах скорость V_a — тяговая сила P_T нанесены четыре кривые P_T для разных передач четырехступенчатой трансмиссии и кривая суммы сил сопротивления качению P_K и воздуха P_B , которые определяются соответственно по уравнениям (3.1) и (3.3). Точка пересечения кривой изменения тяговой силы P_T на 4-й передаче с суммарной кривой сил сопротивления $P_K + P_B$ определяет максимальную скорость транспортного средства V_{\max} на горизонтальном участке.

При движении на подъем добавляется сила сопротивления подъему P_{Π} , поэтому кривая $P_K + P_B$ смещается вверх на величину силы сопротивления подъему P_{Π} , определяемой по уравнению (3.2). Максимальная скорость на подъеме $V_{\Pi\max}$ в нашем случае определяется точкой пересечения кривой изменения тяговой силы P_T на 3-й передаче с суммарной кривой сил сопротивления $P_K + P_B + P_{\Pi}$.

Резерв тяговой силы $\text{res } P_T$ может быть использован на преодоление силы инерции $P_{\text{И}}$ при разгоне:

$$\text{res } P_T = P_{\text{И}} = P_T - P_K - P_{\Pi} - P_B \quad (3.29)$$

Величина ускорения j_x , м/с^2 , пропорциональна $\text{res } P_T$ и обратно пропорциональна массе транспортного средства M_a , умноженной на коэффициент k_j учета вращающихся масс:

$$j_x = \text{res } P_T / M_a k_j \quad (3.30)$$

Изменение скорости транспортного средства при разгоне показано на рис. 11. Продолжительность разгона характеризует инерционность транспортного средства, которая пропорциональна постоянной времени разгона T_p . Величина T_p связана с максимальной скоростью V_{\max} . За время $t = T_p$ транспортное средство разгоняется до скорости V_T , равной $0,63 V_{\max}$.

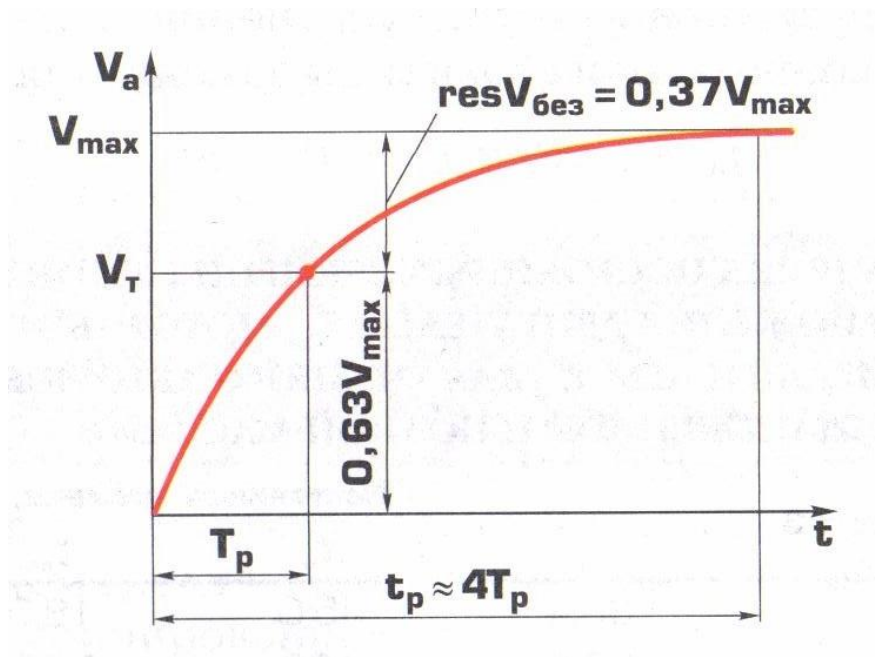


Рис. 11. График разгона транспортного средства

Оказалось, что средняя скорость движения транспортного средства в свободных условиях совпадает или близка к V_T . Это можно объяснить следующим. Разница между максимальной скоростью V_{\max} и текущей скоростью V_a является резервом скорости, который водитель может использовать при выполнении обгонов. Когда скорость автомобиля превышает $0,63 V_{\max}$, водитель начинает ощущать, что в случае необходимости он не может увеличить скорость с нужной интенсивностью. Поэтому резерв скорости $\text{res } V_{\text{без}} = V_{\max} - V_T$ является наименьшим безопасным резервом, а V_T — наибольшей безопасной скоростью в свободных условиях.

Максимальная скорость V_{\max} , безопасная скорость V_T и постоянная времени разгона T_p являются показателями скоростных свойств транспортного средства.

Безопасная скорость V_T может служить ориентиром при выборе скорости транспортного средства в условиях свободного движения. Значения V_{max} , V_T и T_p для разных моделей транспортных средств приведены в табл. 3.4. Постоянная времени разгона T_p изменяется пропорционально изменению массе транспортного средства.

Таблица 4. – Показатели скоростных свойств транспортных средств (ТС) различных категорий с полной массой

Категория ТС	Модель ТС	V_{max} , км/ч	V_T , км/ч	T_p , с	Среднее для T_p ТС одной категории
"В"	ВАЗ - 1111	120	75,5	16,8	15,4
"В"	ВАЗ - 2105	145	91,5	15,4	
"В"	ВАЗ - 2199	156	98,0	13,1	
"В"	ГАЗ - 3102	152	96,0	15,9	
"В"	УАЗ - 31512	115	72,5	16,0	
"D"	ПАЗ - 3205	80	50,5	25,2	22,4
"D"	ЛиАЗ - 677м	70	44,0	24,0	
"D"	ЛиАЗ - 5256	70	44,0	18,0	
"C ₂ "*	Учебный 1	90	56,5	33,7	
"C ₂ "**	ЗИЛ - 433100	95	60,0	33,0	
"C ₃ "***	Учебный 2	85	53,5	28,8	
"C ₃ "***	КамАЗ - 5315	100	63,0	32,7	
"C ₃ "+"E"	Учебный 3	100	63,0	66,5	58,0
"C ₃ "+"E"	Учебный 4	85	53,5	50,0	
"C ₃ "+"E"	КамАЗ - 5410	80	50,5	50,5	
"C ₃ "+"E"	КамАЗ - 5315	90	56,5	56,4	
"C ₃ "+"E"	МАЗ - 54322	100	63,0	65,5	
"C ₃ "+"E"	МАЗ - 64226	100	63,0	58,8	

* Разрешенная максимальная масса 3,5 .. 12 т.

** Разрешенная максимальная масса более 12 т.

Поэтому интенсивность разгона грузового автомобиля и автобуса без нагрузки намного выше, чем с нагрузкой. Значения T_p при снаряженной и полной массах учебного автомобиля 3 приведены в табл. 5.

Таблица 5. – Значения постоянных времени разгона T_p , наката T_n , торможения двигателем T_d , моторным замедлителем $T_{м.з}$, для учебного автомобиля 3 со снаряженной и полной массами

Масса автомобиля 3	Постоянная времени, с			
	T_p	T_n	T_d	$T_{м.з}$
Снаряженная	33,4	45,0	18,0	15,5
Полная	66,5	130	57,5	49,0

Выбег транспортного средства происходит при переводе рычага переключения передач в нейтральное положение. Такое движение называют накатом. В этом случае сила инерции $P_{И}$ является движущей силой и уравнение (3.6) принимает вид:

$$P_{И} = M_a j_x = -P_K \pm P_{П} - P_B \quad (3.31)$$

Разделив левую и правую части уравнения (3.31) на M_a , получим выражение для определения величины замедления при накате j_n :

$$j_n = (-P_K \pm P_{П} - P_B) / M_a \quad (3.32)$$

Из выражения (3.32) видно, что чем больше масса автомобиля M_a , тем меньше замедление и тем больше время движения накатом до остановки. Зависимость скорости V_a от времени t при накате показана на рис. 12.

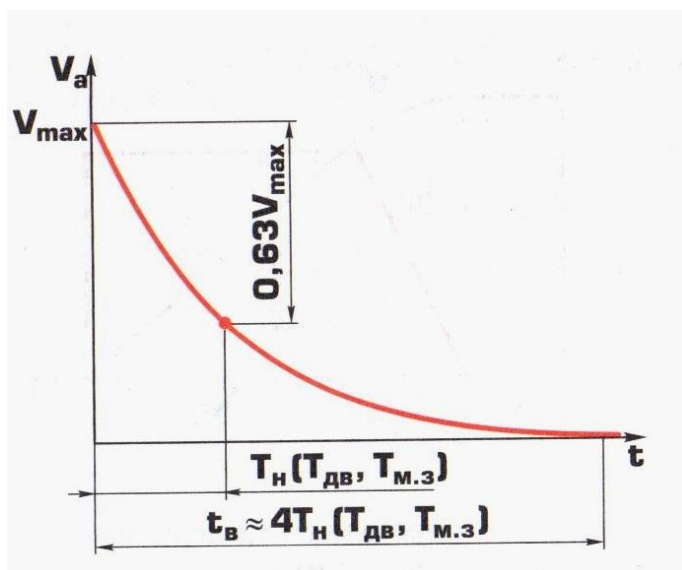


Рис. 12. График выбега (движения накатом) транспортного средства

Как можно видеть из графика на рис. 12, инерционность автомобиля при накате характеризуется постоянной времени наката T_H . Постоянные времени разгона T_p и наката T_H связаны между собой, так как зависят от массы автомобиля M_a . Постоянная времени наката T_H примерно в 1,5—2 раза превышает постоянную времени разгона T_p (см. табл. 5). Чем больше T_H , тем большую часть пути можно проезжать накатом, что имеет большое значение для снижения расхода топлива.

Тормозные свойства. Возможность автомобиля уменьшать скорость характеризуется его тормозными свойствами. Возможность в случае необходимости быстро снизить скорость позволяет водителю поддерживать высокий скоростной режим, что повышает скорость сообщения. При этом важно помнить, что рабочая тормозная система является тем «бронепоездом, который стоит на запасном пути». Чем реже водитель применяет ее, тем выше его мастерство. Для плавного снижения скорости необходимо использовать вспомогательную тормозную систему — двигатель (при искровом зажигании смеси) или двигатель и моторный замедлитель (при дизельном двигателе). Быстрота снижения скорости при торможении двигателем и моторным замедлителем так же, как и при движении накатом, характеризуется постоянной времени торможения. Сравнение постоянных времени наката T_H , торможения двигателем $T_{дв}$ и моторным замедлителем $T_{м.з}$ для учебного автомобиля 3 приведены в табл. 5.

При переключении на низшие передачи по мере снижения скорости автомобиля величина $T_{дв}$ и $T_{м.з}$ уменьшается в 1,5—2 раза.

Применение вспомогательного тормоза позволяет поддерживать постоянную скорость на спусках. Если создаваемая при этом тормозная сила недостаточна для движения с постоянной скоростью, необходимо использовать рабочую тормозную систему периодически, что предохраняет тормозные механизмы от перегрева. Рабочая тормозная система должна сохранять работоспособность после непрерывного комбинированного торможения на спуске длиной 6 км с уклоном 6% и при движении со скоростью 30 км/ч. Периодическое торможение при изменении скорости от 35 до 25 км/ч позволяет снизить нагрузку на тормозные механизмы. С

увеличением крутизны спуска скорость движения должна снижаться. Для спуска на длинных крутых уклонах необходимо включить передачу, на которой автомобиль может преодолеть этот подъем. При торможении двигателем и моторным замедлителем необходимо следить за тем, чтобы частота вращения коленчатого вала не превышала допустимого значения, обозначенного на тахометре красным цветом.

Для более интенсивного снижения скорости и экстренного торможения применяется рабочая тормозная система. Чтобы определить показатели тормозных свойств автомобиля при экстренном торможении, рассмотрим тормозную диаграмму, приведенную на рис. 13.

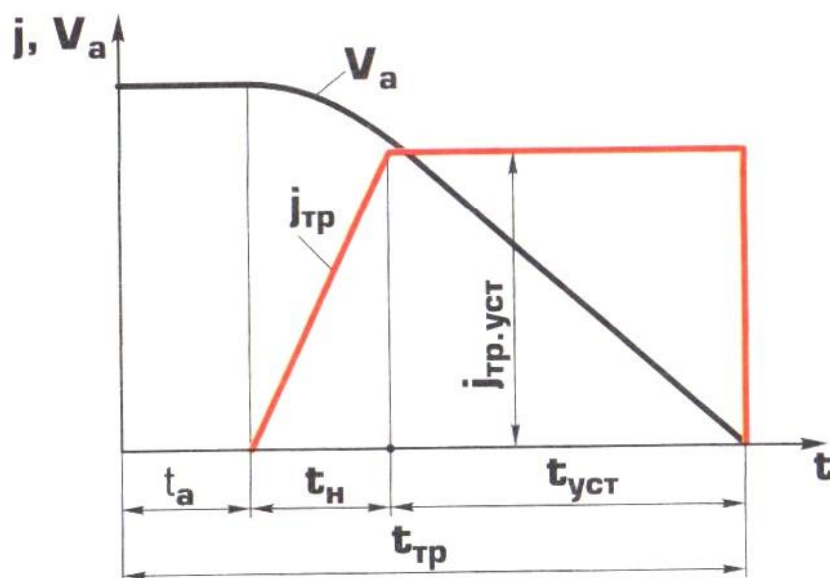


Рис. 13. Тормозная диаграмма транспортного средства

При максимально быстром перемещении педали тормоза (0,2 с) замедление автомобиля начинается с запаздыванием, равным t_a . По истечении этого времени начинается нарастание замедления, которое в течение времени t_H возрастает до установившегося значения $j_{тр.уст}$. Эта величина замедления сохраняется до остановки автомобиля. Полное время торможения $t_{тр}$ равно:

$$t_{тр} = t_a + t_H + t_{уст} \quad (3.33)$$

Значения t_a и t_H зависят от конструкции тормозного привода. Их сумма определяет время срабатывания тормозов $t_{ср}$. На рис. 13 показано изменение

скорости автомобиля в процессе торможения. Тормозной путь $S_{\text{Тр}}$ складывается из отрезка S_a , проходимого при постоянной скорости, отрезка S_H при нарастании замедления и отрезка $S_{\text{уст}}$ при установившемся замедлении:

$$S_{\text{Тр}} = S_a + S_H + S_{\text{уст}} \quad (3.34)$$

Очевидно, что чем больше t_a и t_H , тем больше тормозной путь. Поскольку тормозной путь зависит от скорости начала торможения удобно эффективность тормозов оценивать по среднему замедлению $\bar{j}_{\text{Тр}}$, величина которого учитывает время срабатывания тормозов и для вычисления которого можно использовать формулу

$$J_{\text{Тр ср}} = V_a^2 / 26 S_{\text{Тр}}, \text{ м/с}^2 \quad (3.35)$$

где V_a — скорость автомобиля в начале торможения, км/ч; $S_{\text{Тр}}$ — тормозной путь, м.

Показатели тормозных свойств для транспортных средств различных категорий приведены в табл. 6. Из приведенных данных видно, что среднее замедление автобусов, грузовых автомобилей и особенно автопоездов существенно ниже, чем у легковых автомобилей.

Таблица 6. – Показатели тормозных свойств транспортных средств (ТС) различных категорий

Категория ТС	Скорость торможения $V_{\text{тр}}$, км/ч	$\bar{j}_{\text{тр max}}$, м/с ²	Холодные тормоза	$\bar{j}_{\text{тр}}$, м/с ² горячие тормоза	Перегретые тормоза	$\bar{j}_{\text{тр}}/5,7^*$
"D ₁ "	60	7,0	5,4	4,3	4,0	0,93
"D ₂ "	60	6,0	4,3	3,4	3,2	0,74
"C ₁ "	70	5,5	4,2	3,4	3,2	0,74
"C ₂ "	50	5,5	3,8	3,1	2,9	0,67
"C ₃ "	40	5,5	3,6	2,9	2,7	0,62
"C ₁ "+"E"	70	4,7	4,0	3,2	3,0	0,7
"C ₂ "+"E"	50	5,5	3,6	2,9	2,7	0,63
"C ₃ "+"E"	40	5,5	3,3	2,7	2,5	0,58

Примечание:

"D₁" - автобусы с разрешенной максимальной массой до 5 т;

"D₂" - автобусы с разрешенной максимальной массой более 5 т;

"C₁" - грузовые автомобили с разрешенной максимальной массой до 3.5 т;

"C₂" - грузовые автомобили с разрешенной максимальной массой 3.5 -12т;

"C₃" - грузовые автомобили с разрешенной максимальной массой более 12 т;

"C"+"E" - автопоезда в составе тягача категории "С" и прицепа категории "Е", разрешенная максимальная масса которого определяется массой тягача.

* $5,7 \text{ м/с}^2$ - среднее замедления ТС категории "В"

Для надежного торможения так же, как и при выборе крейсерской скорости, необходим резерв замедления $g_{\text{рез}} j_{\text{тр}}$. Необходимость в резерве замедления связана с тем, что из-за ошибок водителя полное время торможения $t_{\text{тр}}$ может увеличиваться в 2—4 раза. Компенсировать это можно только повышением установившегося замедления $j_{\text{тр.уст}}$. Чем ближе его величина к максимальной j_{max} , тем меньше возможности водителя устранять свои ошибки. Резерв замедления, равный $0,63 j_{\text{max}}$, является минимальным безопасным резервом.

В эксплуатации возможность реализации максимальной силы сцепления на всех колесах маловероятна. Поэтому при оценке замедления j_{max} , которое может быть реализовано водителем, необходимо ввести поправочный коэффициент, уменьшающий j_{max} . Этот коэффициент равен 1,1...1,15 для легковых автомобилей и 1,3...1,5 для грузовых автомобилей и автобусов.

С учетом изложенного в табл. 7 приведены значения максимальных замедлений j_{max} при испытаниях и реализуемых в условиях эксплуатации, а также значения установившегося замедления $j_{\text{уст}}$, соответствующего границе штатных торможений на дороге с сухим покрытием.

Таблица 7. – Значение максимального замедления j_{\max} при испытаниях и реализуемого в условиях эксплуатации, величина установившегося замедления $j_{\text{уст}}$, соответствующего границе штатных торможений на дороге с сухим покрытием

Категория ТС	Максимальное замедление j_{\max} , м\с ²		Установившееся замедление $j_{\text{уст}}$ на границе штатного торможения
	при испытании	в эксплуатации	
"D ₁ "	7,0	5,8...6,1	2,6
"D ₂ "	6,0	4,6...5,0	2,2
"C ₁ "	5,5	3,9...4,4	2,0
"C ₂ "	5,5	3,7...4,2	2,0
"C ₃ "	5,5	3,7...4,2	2,0
"C ₁ "+"E"	4,7	3,1...3,6	1,7
"C ₂ "+"E"	5,5	3,7...4,2	2,0
"C ₃ "+"E"	5,5	3,7...4,2	2,0

Как можно видеть из приведенных данных, границы штатных замедлений грузовых автомобилей и автобусов существенно ниже, чем легковых автомобилей. Разницу в тормозных свойствах необходимо учитывать при выборе дистанции движения за автомобилем-лидером.

Устойчивость движения и положения автомобиля. Движение автомобиля происходит под влиянием сил и моментов, действующих на него. Перемещая педали скорости, тормоза, сцепления, переключая передачи, поворачивая рулевое колесо, водитель изменяет величину и направление сил и моментов, что приводит к изменению параметров движения автомобиля в желаемую сторону. Прямолинейное и равномерное движение в соответствии с уравнением (3.6) происходит, когда тяговая сила P_T уравновешена суммой сил сопротивления движению (сопротивления качению P_K , сопротивления подъему P_{Π} и сопротивления воздуха P_B).

При движении по криволинейной траектории в соответствии с уравнением (3.12) появляется дополнительная сила сопротивления качению $P_{K.k}$. Поэтому для сохранения скорости автомобиля на повороте необходимо увеличить тяговую силу P_T .

В соответствии с уравнением (3.15) центробежная сила $P_{ц}$ уравновешивается реакциями между колесами и дорогой R_y . Создаваемый в соответствии с уравнением (3.14) поворачивающий момент M_1 уравновешивается стабилизирующим моментом M_2 , величина которого определяется уравнением (3.16).

Равновесному состоянию соответствует определенное положение органов управления: педали скорости и рулевого колеса. Если изменить их положение, равновесие нарушается в результате изменения R_T и R_y и начнутся переходные процессы, которые завершатся новым равновесным состоянием при более высокой или меньшей скорости, увеличенном или уменьшенном радиусе поворота. Это будет зависеть от того, будет увеличено или уменьшено перемещение педали скорости, увеличен или уменьшен угол поворота рулевого колеса.

Переходные процессы произойдут также, если при неизменном положении органов управления увеличится или уменьшится суммарная сила сопротивления движению P_{Σ} , поперечная сила P_y . Причиной изменения P_{Σ} может быть продольный уклон дороги, порыв встречного ветра. К изменению P_y могут привести поперечный уклон дороги и колебания скорости поперечного ветра.

Когда движение автомобиля переходит в новое равновесное состояние, движение называется устойчивым. Если в результате переходного процесса параметры движения автомобиля выходят за заранее оговоренные границы, то движение будет неустойчивым.

Таким образом, под устойчивостью автомобиля понимается его свойство сохранять заданный режим движения при неизменном положении органов управления. Если автомобиль устойчив, водителю приходится реже вмешиваться в процесс управления. Чем менее устойчив автомобиль, тем больше внимания должен уделять водитель управлению, что держит его в постоянном напряжении, повышает вероятность совершения ошибки, вызывает более быстрое развитие утомления.

При рассмотрении вопросов устойчивости, управляемости и возмущаемости удобно движение автомобиля разделить на продольное и поперечное. При

рассмотрении устойчивости продольного движения и положения можно говорить об устойчивости относительно скорости и замедления автомобиля, его устойчивости против продольного опрокидывания. При анализе устойчивости поперечного движения и положения необходимо рассмотреть устойчивость против поперечного скольжения и опрокидывания.

Устойчивость продольного движения автомобиля относительно скорости.

Для анализа вопросов устойчивости продольного движения относительно скорости рассмотрим график тягового баланса для высшей передачи, приведенный на рис. 14а.

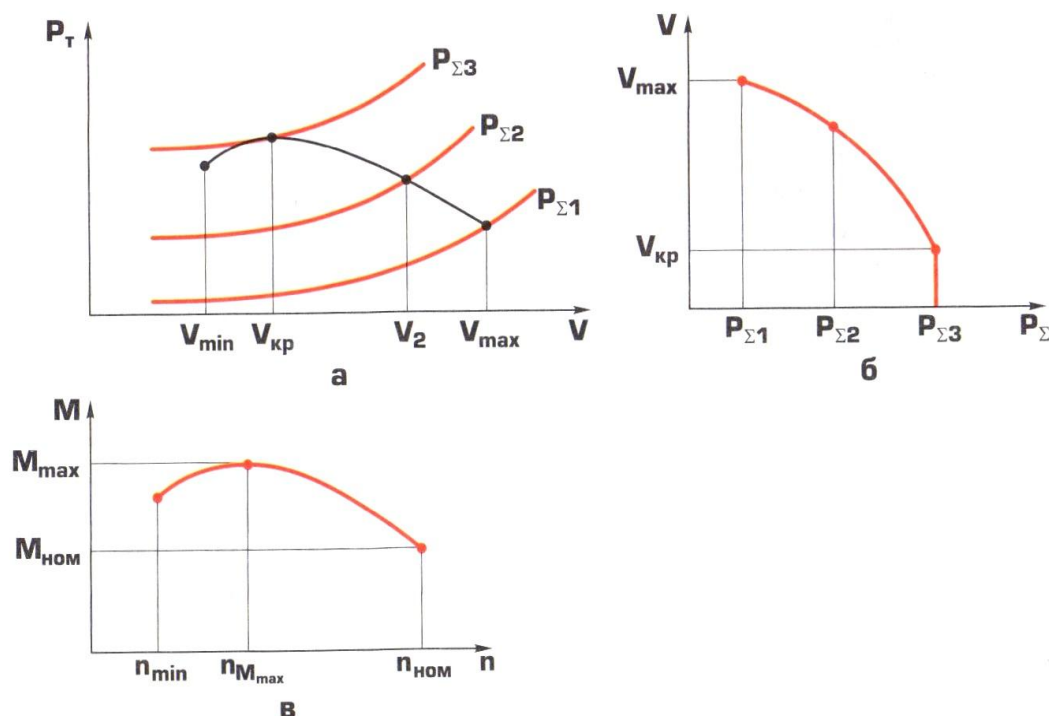


Рис. 14. Определение устойчивости автомобиля относительно скорости

Представим, что автомобиль движется по горизонтальному участку с максимальной скоростью V_{max} . При этом суммарное сопротивление равно $P_{\Sigma 2}$. Если автомобиль въедет на подъем, сопротивление движению увеличится до $P_{\Sigma 3}$. В результате скорость автомобиля на подъеме уменьшится до V_2 . После преодоления подъема сопротивление уменьшится до $P_{\Sigma 1}$ и скорость увеличится до V_{max} .

Иными словами, при постоянном положении педали скорости, скорость автомобиля будет уменьшаться или увеличиваться до постоянных значений с изменением сопротивления движению. Саморегулирование скорости возможно благодаря повышению тяговой силы P_T , что при уменьшении скорости создает резерв тяговой силы. Такое положение сохраняется до тех пор, пока скорость не уменьшится до критической величины $V_{кр}$. При дальнейшем снижении скорости тяговая сила начинает уменьшаться и ее резерв становится отрицательным. Поэтому скорость будет снижаться до полной остановки автомобиля. Это означает, что продольное движение автомобиля стало неустойчивым.

Скорость, при которой движение становится неустойчивым, называется критической скоростью $V_{кр}$. Изменение скорости автомобиля в зависимости от величины $P\Sigma$ в диапазоне от V_{max} до $V_{кр}$ показано на рис. 14б.

Минимальная скорость, с которой автомобиль может равномерно ехать на высшей передаче по горизонтальному участку дороги и при резком перемещении педали скорости «до пола» начать разгоняться, называется минимально устойчивой скоростью V_{min} (см. рис. 14а). Чем меньше ее величина, тем удобнее управлять автомобилем и тем больше возможности применения экономичного алгоритма управления.

Наличие большого резерва тяговой силы $resP_T$ позволяет преодолевать подъемы на высшей передаче, что повышает среднюю скорость, снижает расход топлива. Уменьшение числа переключений делает управление автомобилем более удобным.

Величина $resP_T$ зависит от характеристики крутящего момента M двигателя, показанной на рис. 14в. Для оценки ее совершенства применяется такой показатель, как коэффициент приспособляемости $k_{пр}$, который показывает, во сколько раз увеличивается крутящий момент двигателя M при уменьшении частоты вращения коленчатого вала n от номинальной $n_{ном}$ до оборотов, соответствующих M_{max} :

$$k_{пр} = M_{max} / M_{ном} \quad (2.36)$$

У современных двигателей грузовых автомобилей $k_{\Pi} = 1,35 \dots 1,4$. Это позволяет преодолевать на высшей передаче подъемы крутизной до 1,5% на скорости 50...60 км/ч.

Чем меньше частота вращения коленчатого вала $n_{M_{\max}}$, соответствующая M_{\max} , тем больше диапазон $n_{M_{\max}} - n_{\text{ном}}$ и тем шире диапазон $V_{\text{кр}} - V_{\text{max}}$, в котором можно не переходить на низшие передачи при увеличении сопротивления движению. Это свойство, называемое «эластичностью двигателя», характеризуется коэффициентом эластичности $k_{\text{Э}}$:

$$k_{\text{Э}} = (n_{\text{ном}} - n_{M_{\max}}) / n_{\text{ном}}. \quad (3.37)$$

У современных двигателей грузовых автомобилей и автобусов $k_{\text{Э}} = 0,4 \dots 0,58$.

Под нагрузкой двигатель начинает устойчиво работать при частоте вращения коленчатого вала, называемой минимально устойчивой n_{min} . Рабочий диапазон частоты вращения коленчатого вала определяет диапазон скоростей движения на высшей передаче на горизонтальном участке дороги, что характеризует эластичность двигателя при частичном перемещении педали скорости. Это свойство двигателя характеризует коэффициент рабочего диапазона оборотов двигателя k_n :

$$k_n = (n_{\text{ном}} - n_{\text{min}}) / n_{\text{ном}} \quad (2.38)$$

Чем больше k_n , тем шире диапазон $V_{\text{min}} \dots V_{\text{max}}$, в котором можно не переходить на низшие передачи при движении по горизонтальному участку дороги. У современных двигателей величина $k_n = 0,55 \dots 0,7$.

Когда автомобиль теряет устойчивость относительно скорости, наличие коробки передач позволяет сохранить устойчивость продольного движения в рамках системы ВА, поскольку водитель, переходя на низшие передачи, увеличивает P_{T} . Эта задача может быть также решена и путем автоматизации переключения передач. Границы устойчивости продольного движения относительно скорости системы ВА и автомобиля с автоматической трансмиссией определяются максимальным значением P_{Tmax} на низшей передаче, если $P_{\text{Tmax}} \leq P_{\text{сц}}$.

Это имеет место при высоком коэффициенте сцепления, на дорогах с твердым сухим и мокрым покрытием. Когда дорога покрывается снегом, в гололед сила сцепления становится меньше $P_{T_{\max}}$. В этом случае граница устойчивости продольного движения относительно скорости определяется величиной $P_{сц}$.

С учетом изложенного условия устойчивости продольного движения относительно скорости в этом случае можно записать в следующем виде:

$$P_{сц} \geq P_T = P\Sigma. \quad (3.39)$$

Типичным случаем потери устойчивости продольного движения является остановка автомобиля на подъеме в результате буксования ведущих колес.

Продольная устойчивость автомобиля против опрокидывания назад. Возможность потери устойчивости продольного положения в результате опрокидывания автомобиля назад при движении по дорогам равна нулю. Такой случай становится возможным при движении полноприводного автомобиля повышенной проходимости по местности. Величина $P_{T_{\max}}$ таких автомобилей позволяет преодолевать подъем с уклоном не менее 60%, а наличие полного привода и шин с регулировкой давления обеспечивает необходимую величину сцепной силы $P_{сц}$ при движении по грунту. Когда такой автомобиль заполнен грузом с высоким расположением ЦМ, опрокидывание назад на крутых подъемах становится возможным.

Устойчивость продольного движения автомобиля относительно замедления. Этот вид устойчивости означает, что величина замедления при зафиксированном положении педали тормоза изменяется в оговоренных заранее пределах. Существующие стандарты безопасности устанавливают требования к максимальному замедлению в процессе торможения, которому соответствует положение педали торможения «в пол». Конструкция современных тормозов исключает вероятность увеличения замедления в процессе торможения с зафиксированным частичным перемещением педали тормоза.

Снижение эффективности тормозов в процессе торможения в результате их нагрева явление естественное. Снижение эффективности тормозов, превышающее

установленный предел, означает потерю устойчивости продольного движения относительно замедления. Наиболее опасно это явление на затяжных спусках. Потеря устойчивости продольного движения в результате перегрева тормозов на спуске происходит на дорогах с высоким коэффициентом сцепления.

При снижении силы сцепления $P_{сц}$ ее величина определяет реализуемую тормозную силу $P_{тр}$. В этом случае возможна ситуация, когда на спуске автомобиль с заблокированными колесами будет двигаться вниз, т.е. будет отсутствовать возможность его остановить, что означает потерю устойчивости продольного движения. Условие устойчивости движения в этом случае означает, что тормозная сила $P_{тр}$ равна силе сцепления $P_{сц}$ и больше силы подъема $P_{п}$. Сила сопротивления качению $P_{к}$ при заблокированных колесах равна нулю. Силами сопротивления воздуха $P_{в}$ и инерции $P_{и}$ можно пренебречь вследствие низкой скорости автомобиля. С учетом уравнения (3.9) это можно представить в следующем виде:

$$P_{сц} = P_{тр} > P_{п} \quad (3.40)$$

Продольная устойчивость автомобиля против опрокидывания вперед. Так же, как и при движении на подъем, автомобиль повышенной проходимости с высокогабаритным грузом при движении по местности может потерять продольную устойчивость при торможении (на крутом спуске) в результате опрокидывания вперед.

Устойчивость поперечного движения автомобиля. При повороте автомобиля возникают два типа движения. Одно — траектория движения автомобиля описывается перемещением его ЦМ, другое — поворот автомобиля вокруг ЦМ, как это показано на рис. 15. Устойчивость движения автомобиля относительно траектории обеспечивает водитель. Поворот продольной оси автомобиля вокруг центра масс может быть устойчивым или неустойчивым. Поскольку поворот продольной оси описывается курсовым углом γ (см. рис. 15), принято говорить о курсовой устойчивости автомобиля.

Устойчивое курсовое движение показано на рис. 15а, неустойчивое — на рис. 15б. Как можно видеть из приведенных графиков, при устойчивом курсовом

движении угол сноса автомобиля β в центре масс остается постоянным — стремится к равновесному значению, при неустойчивом движении — непрерывно растет.

Курсовая устойчивость автомобиля связана с его свойством, называемым поворачиваемостью. Понятие поворачиваемости возникло в связи с тем, что автомобиль на эластичных колесах ведет себя на повороте не так, как если бы он ехал на жестких колесах. На рис. 16 показана схема поворота автомобиля с боковым уводом колес. Для удобства анализа углы увода четырех колес заменены углами увода в середине каждой оси δ_1 и δ_2

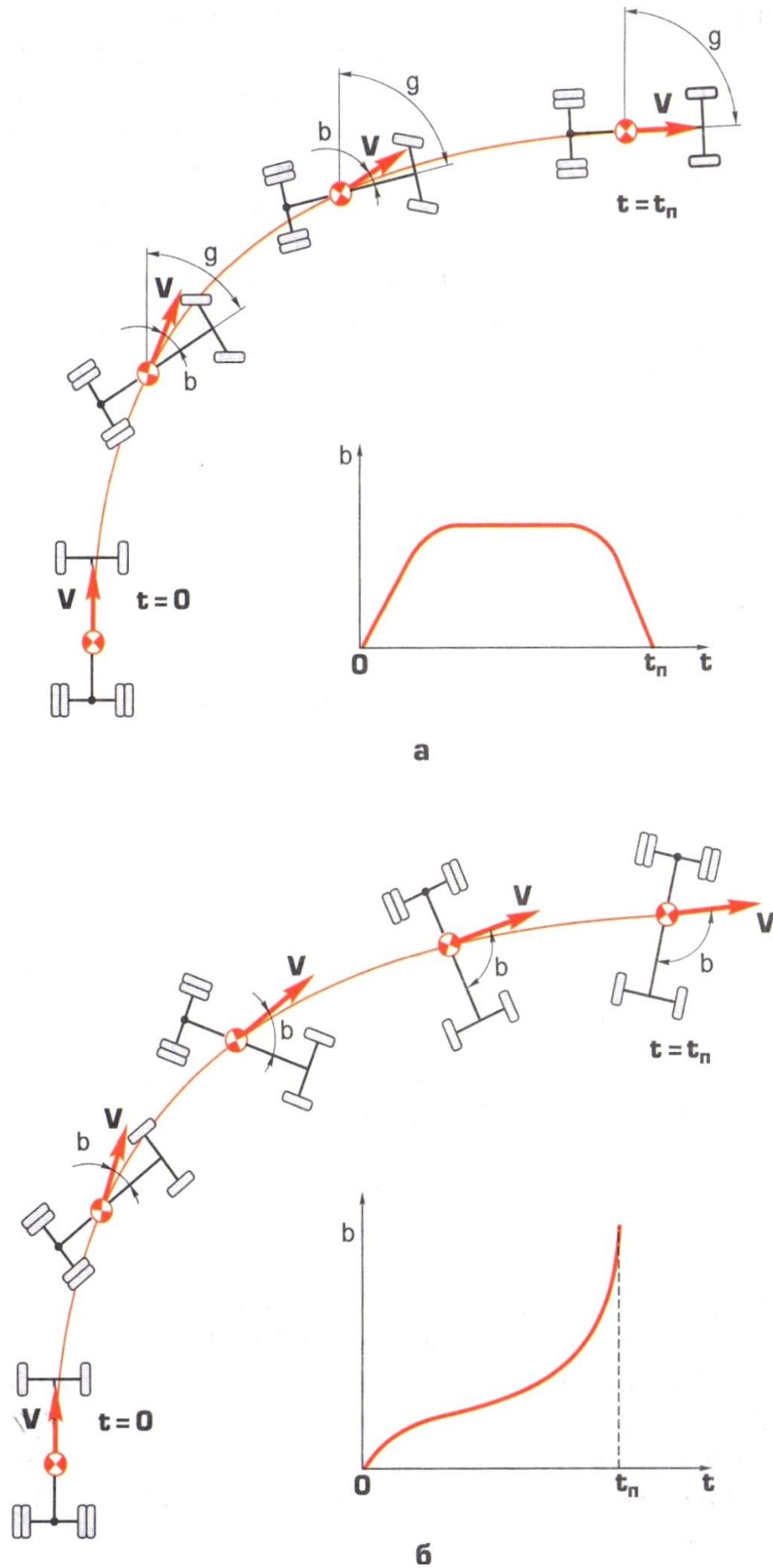


Рис.15. - Определение условий сохранения курсовой устойчивости автомобиля: а - устойчивое курсовое движения; б - неустойчивое курсовое движение

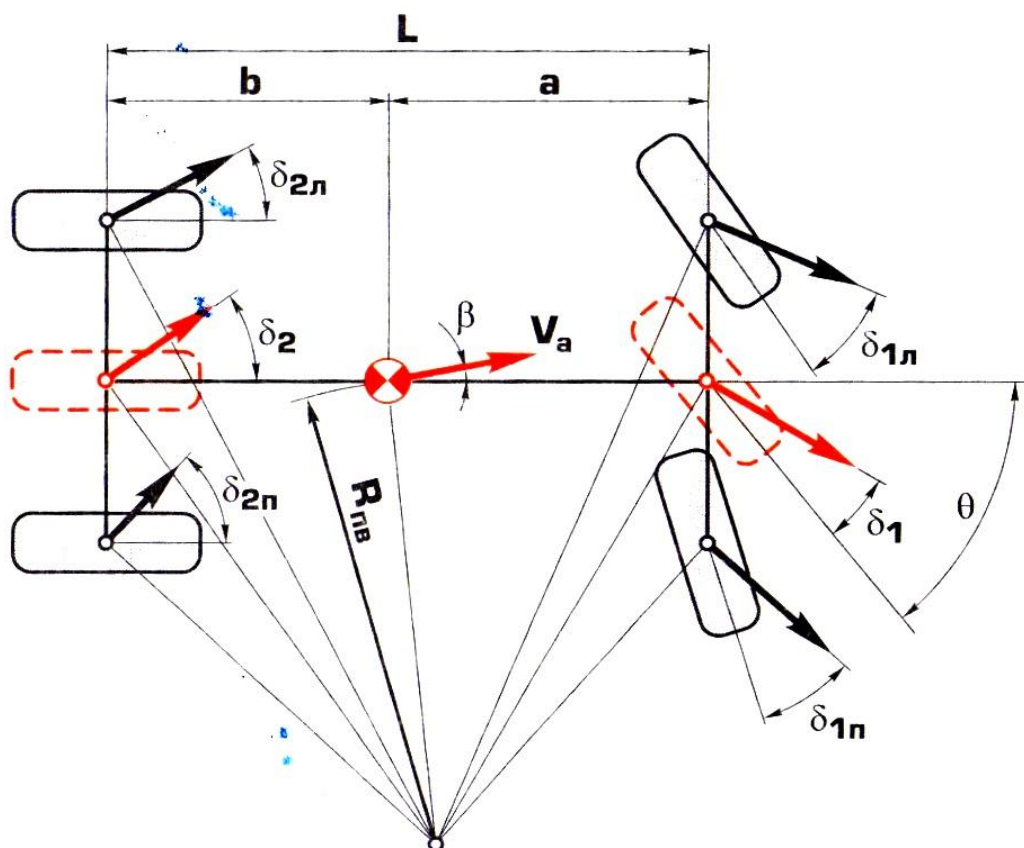


Рис. 16. Схема поворота автомобиля с боковым уводом колес

При этом четыре колеса заменены двумя колесами, показанными на рис. 16 штриховыми красными линиями. Как можно видеть из рис. 16, угол увода передних колес δ_1 как бы уменьшает угол их поворота и увеличивает радиус траектории. Угол увода задних колес δ_2 , наоборот, как бы поворачивает задние колеса, способствуя уменьшению радиуса поворота.

Влияние углов увода передних δ_1 и задних δ_2 колес на радиус поворота $R_{пв}$, описывается выражением

$$R_{пв} = L / (\Theta - \delta_1 + \delta_2) \quad (3.41)$$

где $R_{пв}$ – радиус поворота, м; L — база автомобиля, м; Θ — угол поворота управляемых колес, рад.; δ_1 и δ_2 — углы увода колес, рад.

Когда $\delta_1 = \delta_2$, углы увода передних и задних колес уравновешивают один другой и радиусы поворота автомобиля на эластичных и жестких колесах одинаковы. Такой автомобиль обладает нейтральной поворачиваемостью. Величина

максимальной поперечной реакции $R_{y_{\max}}$ в этом случае определяется величинами δ_1 и δ_2 , при которых одновременно начинается боковое скольжение передних и задних колес (см. рис. 9). Если при этом увеличить угол поворота управляемых колес Θ , то угол увода передних колес δ_1 возрастет и станет больше, чем δ_2 . Но величина поперечной реакции на передних колесах R_{y_1} останется прежней и радиус поворота не уменьшится.

Когда $\delta_1 > \delta_2$, влияние увода передних колес, препятствующего увеличению кривизны поворота, больше, чем задних. Поэтому по мере увеличения поперечной силы P_y управляемые колеса автомобиля на эластичных шинах придется поворачивать все больше и больше, чем в случае автомобиля на жестких колесах. В этом случае автомобиль на эластичных шинах обладает недостаточной поворачиваемостью. Величина максимальной поперечной реакции $R_{y_{\max}}$ в этом случае определяется значением угла увода передних колес δ_1 , при котором начинается их поперечное скольжение — снос автомобиля (см. рис. 9). При увеличении угла поворота управляемых колес Θ произойдет увеличение δ_1 , но поперечная реакция на передних колесах R_{y_1} не увеличится и радиус поворота не уменьшится.

В рассмотренных случаях автомобиль сохраняет курсовую устойчивость — угол сноса автомобиля на рис. 15а после поворота управляемых колес стремится к постоянному значению. При увеличении поворота управляемых колес после достижения $R_{y_{\max}}$ угол сноса β и радиус поворота остаются постоянными. Если в этой ситуации увеличить скорость автомобиля, он начнет двигаться с боковым скольжением передних колес по кривой большего радиуса, сохраняя постоянным угол β . Такое поведение автомобиля делает управление удобным и повышает безопасность.

Когда $\delta_1 < \delta_2$, влияние увода задних колес становится сильнее, чем передних. Поэтому по мере увеличения поперечной реакции R_y управляемые колеса необходимо будет поворачивать на все меньший угол по сравнению с автомобилем на жестких колесах. Максимальная величина поперечной реакции $R_{y_{\max}}$ в этом

случае будет определяться значением δ_2 , при котором начнется поперечное скольжение задних колес. Если после начала их скольжения увеличить угол поворота управляемых колес Θ , то момент, поворачивающий автомобиль, увеличится, радиус поворота станет уменьшаться и скольжение задних колес усилится. При этом угол сноса β будет непрерывно возрастать, автомобиль начнет вращаться на дороге, что означает потерю курсовой устойчивости (см. рис. 15б).

Не менее неприятно ведет себя автомобиль с избыточной поворачиваемостью при увеличении скорости. Угол поворота управляемых колес для движения по траектории постоянного радиуса с увеличением скорости становится все меньше и меньше в сравнении с автомобилем на жестких колесах. Когда скорость станет равной критической $V_{кр}$, автомобиль будет двигаться по кривой при нейтральном положении управляемых колес. Если при этом на автомобиль подействует самая незначительная поперечная сила, автомобиль станет двигаться по траектории уменьшающегося радиуса. Это означает, что угол β будет возрастать и автомобиль начнет вращаться на дороге.

Устойчивость против поперечного опрокидывания. Поперечное скольжение колес автомобиля возможно, если выполняется условие (3.26). Однако возможности его выполнения для автобуса и грузового автомобиля ограничены, потому что ширина автомобиля не может быть более 2,5 м, а высота центра масс при перевозке грузов с низким объемным весом может достигать до 2,5 м. Чтобы определить минимальную величину коэффициента сцепления шин с дорогой, при которой автомобиль будет опрокидываться, преобразуем уравнение (3.26). Для этого разделим обе части на h_a и G_a . В результате получим:

$$q_{y0} = K_a / 2 h_a \quad (2.42)$$

где q_{y0} — наибольшая теоретически возможная величина коэффициента поперечной силы, вызывающая опрокидывание автомобиля; K_a — колея автомобиля, м; h_a — высота центра масс, м.

Величина q_{y0} равна минимальному значению коэффициента сцепления φ , при котором возможно поперечное опрокидывание автомобиля. Величина q_{y0} достижима при условии, что автомобиль является жестким телом. В действительности при действии поперечной силы в результате крена кузова, деформаций подвески и шин центр масс смещается в сторону действия силы P_y . При этом происходит уменьшение плеча приложения силы тяжести G_a , противодействующей опрокидыванию, по сравнению с показанными на рис. 5. Поэтому реальный коэффициент поперечной силы меньше. Опрокидывание грузовых автомобилей и автобусов начинается при величине коэффициента $q_y = (0,6...0,75) q_{y0}$. Меньшие значения соответствуют большим углам крена λ автомобиля. Минимально допустимое значение $q_y = 0,35$. Однако крен не должен быть очень маленьким, поскольку через его величину водитель получает информацию о резерве устойчивости против опрокидывания $\text{res}\lambda$. Поэтому требования безопасности ограничивают как максимальную, так и минимальную величины крена в момент опрокидывания.

Уменьшение плеча приложения силы тяжести происходит в случае неравномерного размещения груза. Если ЦМ груза смещен к одной стороне, то произойдет также смещение ЦМ автомобиля. В этом случае, когда центробежная сила направлена в сторону смещения ЦМ, плечо приложения силы тяжести будет меньше половины колеи на величину смещения.

Если груз может перемещаться под действием центробежной силы, опасность опрокидывания увеличивается. Наиболее опасным грузом является жидкость при частичном заполнении цистерны. На рис. 17а показано положение жидкости при прямолинейном движении, а на рис. 17б — при действии центробежной силы.

При повороте центробежная сила смещает жидкость к одной стороне. В результате сила тяжести G_a действует не на плече, равном $K_a/2$, а на плече $K_a/2 - \Delta$. Одновременно повышается высота ЦМ автомобиля с h_{a1} до h_{a2} , что увеличивает опрокидывающий момент, создаваемый силой P_y .

Перемещающийся груз создает еще одну неприятность. В момент остановки перемещения груза возникает сила инерции, которая в соответствии с уравнением (3.4) равна произведению массы груза на величину замедления движения при его остановке. Эта сила инерции груза складывается с центробежной силой P_y .

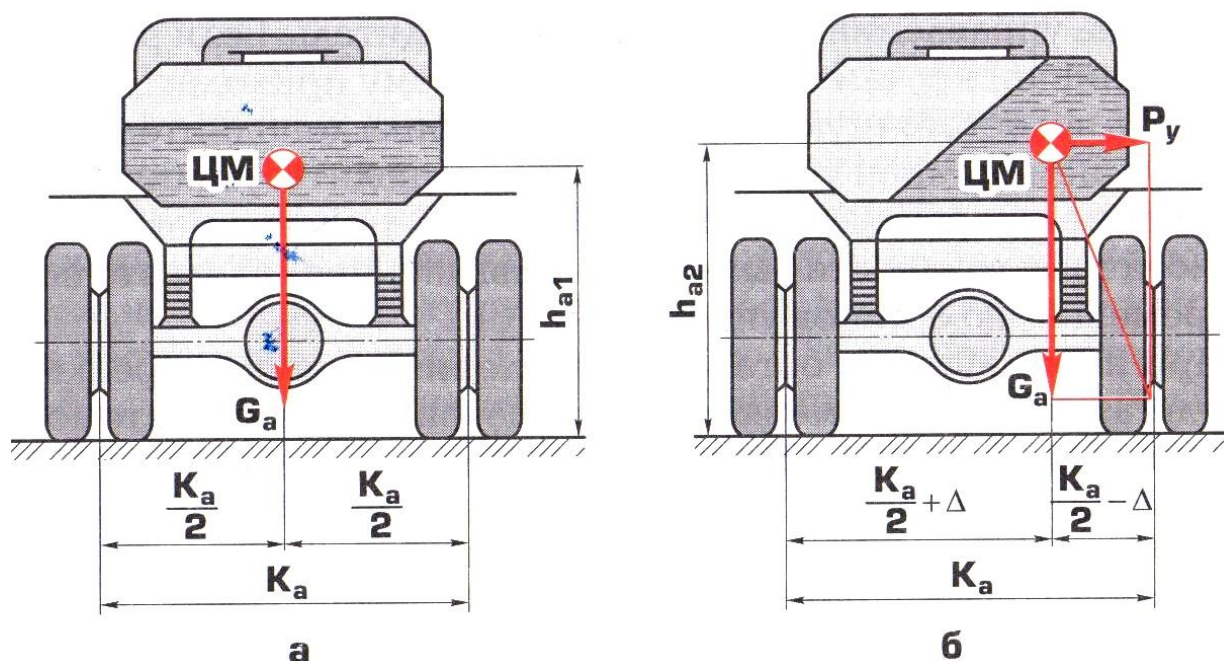


Рис. 17. Положение жидкого груза при прямолинейном движении и на повороте

Существующее ограничение ширины автомобиля величиной 2,5 м делает невозможным создание грузовых автомобилей и автобусов, способных противостоять опрокидыванию. Поэтому на водителя ложится задача предотвращения опрокидывания автомобиля путем выбора безопасной скорости движения и более осторожного поворота рулевого колеса при маневрировании в пределах ширины дороги на высокой скорости. За счет подбора характеристик управляемости автомобиля надежность выполнения маневров может быть существенно повышена.

Эргономические свойства

Управляемость автомобиля. Свойство автомобиля реагировать на перемещение органов управления называется «управляемостью автомобиля». Хорошая управляемость означает, что автомобиль реагирует на управление так, как ожидает водитель. Если реакция на управление ниже, чем ожидает водитель, ему приходится корректировать недостаточную реакцию автомобиля дополнительным перемещением органов управления. Это приводит к увеличению погрешности при регулировании параметров движения автомобиля. Аналогичные трудности вызывает и повышенная чувствительность к перемещению органов управления.

При перемещении органов управления возникает реакция, в результате которой изменяются параметры движения автомобиля. Чувствительность автомобиля к перемещению органов управления можно описать с помощью коэффициентов преобразования: перемещения педали скорости $S_{п.с}$ в скорость V — k_{sv} , перемещение педали тормоза $S_{п.т}$ в замедление $j_{тp}$ — k_{sj} , поворота рулевого колеса α_p в поперечное ускорение j_y — $k_{\alpha j}$. Их величины могут быть вычислены с помощью уравнений:

$$k_{sv} = V / S_{п.с}, \text{ км/ч} \times \text{мм} \quad (3.43)$$

$$k_{sj} = j_{тp} / S_{п.т}, \text{ м/с}^2 \times \text{мм} \quad (3.44)$$

$$k_{\alpha j} = j_y / \alpha_p, \text{ м/с}^2 \times \text{градус} \quad (3.45)$$

Новое установившееся состояние параметров движения автомобиля возникает не мгновенно, а через некоторое время после перемещения органов управления — после завершения переходного процесса. Его продолжительность оценивается величиной, которую называют постоянной времени переходного процесса T . Ее физический смысл поясняет график разгона автомобиля на рис. 11. За время T_p при разгоне с места автомобиль набирает скорость, равную $0,63 V_{\max}$. Разгон до максимальной скорости V_{\max} происходит за время $t \sim 4 T_p$. Аналогичные значения T описывают процесс увеличения замедления $T_{тp}$ и поперечного ускорения T_y . Чем

больше T , тем медленнее происходит изменение параметров движения автомобиля, и, наоборот, чем меньше T , тем быстрее реагирует автомобиль.

Для удобства управления значения k и T должны соответствовать эргономическим требованиям водителя — такой реакции, которую ожидает водитель. При отклонении значений k и T от оптимума в любую сторону точность управления ухудшается. При изменении k и T в определенных пределах водитель может компенсировать их, но это достигается ценой повышения психической напряженности и соответственного ускорения развития процессов утомления.

Значения k и T зависят от нагрузки автомобиля, скользкости покрытия, поперечного ускорения. Так, например, чувствительность к перемещению педали тормоза ks_j изменяется обратно пропорционально весу автомобиля, т.е. в 2—3 раза. Об этом следует помнить после изменения нагрузки автомобиля.

Наиболее изменчивой является чувствительность к повороту рулевого колеса ka_j . Она увеличивается с повышением скорости. При этом ее увеличение зависит от поворачиваемости автомобиля. У автомобиля с недостаточной поворачиваемостью увеличение ka_j ограничено, у автомобиля с избыточной поворачиваемостью чувствительность к повороту рулевого колеса ka_j при повышении скорости непрерывно растет. По мере того как скорость автомобиля возрастет до $V_{кр}$, ka_j стремится к бесконечности. Однако увеличение чувствительности к повороту рулевого колеса ka_j ограничивают занос или опрокидывание автомобиля. Изменение ka_j автомобилей с разной поворачиваемостью показано на рис. 18.

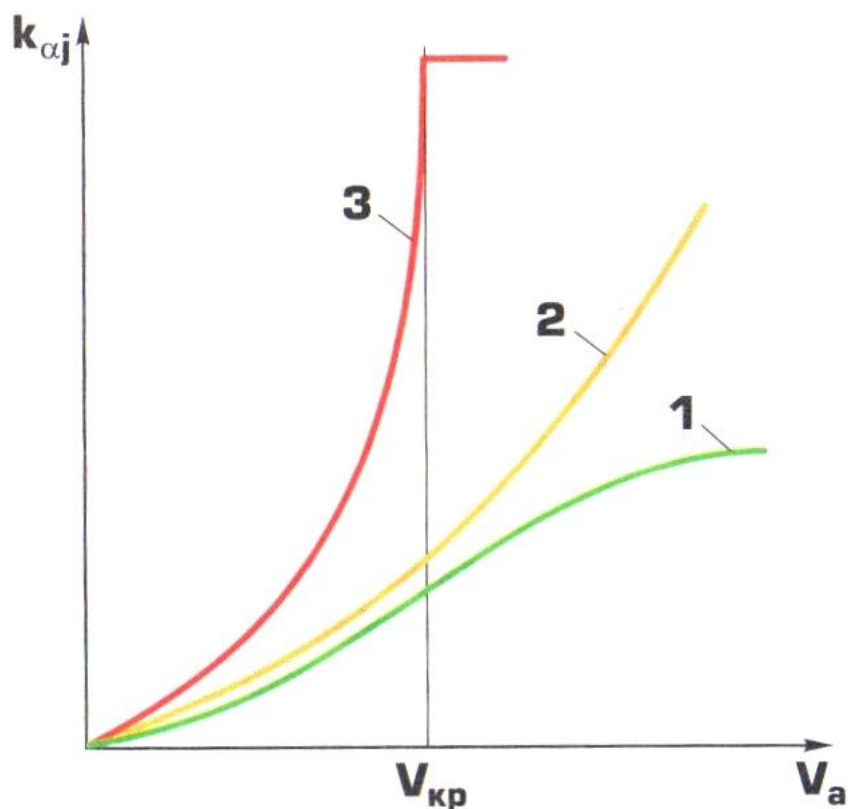


Рис. 18. Изменение чувствительности к повороту рулевого колеса автомобилей с различной поворачиваемости в зависимости от скорости:

- 1 – недостаточная поворачиваемость $\delta_1 > \delta_2$; 2 – нейтральная поворачиваемость $\delta_1 = \delta_2$; 3 – избыточная поворачиваемость $\delta_1 < \delta_2$

Ограничивающим фактором увеличения $k_{\alpha j}$ является поперечное скольжение колес или опрокидывание автомобиля. При скорости автомобиля, равной $V_{кр}$, самый незначительный поворот рулевого колеса приводит к потере курсовой устойчивости, что уже было рассмотрено выше. Положительным моментом можно считать то, что одновременно увеличивается и постоянная времени реакции автомобиля на поворот рулевого колеса T_y . Благодаря этому водитель ценой большого психического напряжения может стабилизировать неустойчивое движение автомобиля, непрерывно и очень точно работая рулевым колесом. Такая ситуация возможна при попадании на очень скользкий участок дороги.

Большие углы крена увеличивают поворачиваемость. Об этом полезно помнить при перевозке грузов с высоким расположением центра масс, например, если автобус заполнен стоящими пассажирами.

Возмущаемость автомобиля. Возмущаемость проявляется при действии на автомобиль внешних сил и моментов. Под возмущаемостью автомобиля понимается его свойство реагировать на внешние возмущения. Чем меньше возмущаемость, тем надежнее управление автомобилем. Наибольшее влияние на надежность управления автомобилем оказывает возмущаемость поперечного движения. Возмущающими факторами является поперечный наклон дороги и поперечный ветер.

Движение в поперечном направлении возникает на участке дороги с поперечным уклоном под действием скатывающей силы P_y , приложенной в центре масс автомобиля. Если автомобиль имеет недостаточную поворачиваемость, возникает движение по криволинейной траектории, центр поворота которой расположен так, что центробежная сила $P_{ц}$, появляющаяся в результате этого, направлена против действия силы P_y (рис. 19а).

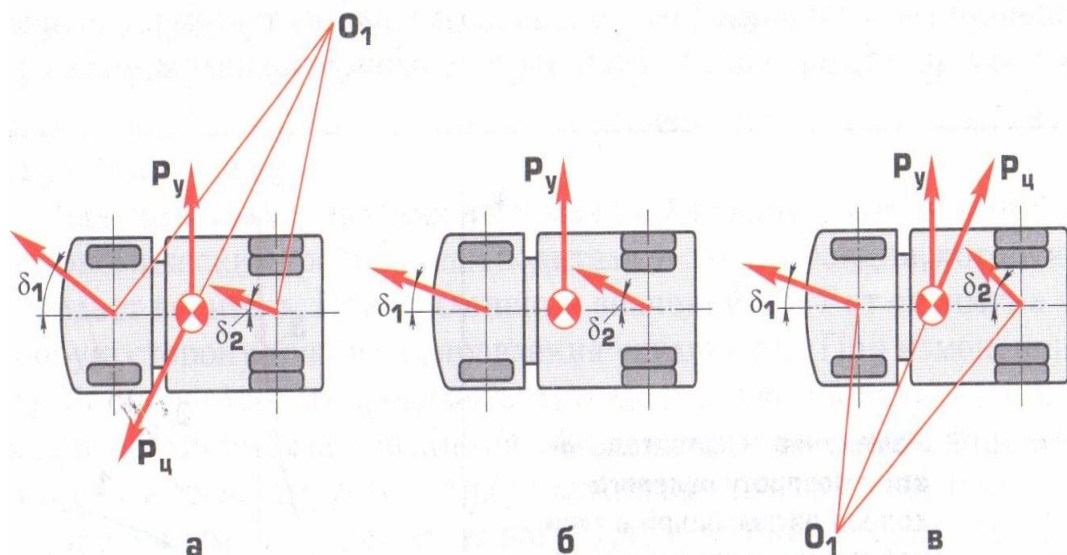


Рис. 19. Схемы движения автомобилей с различной поворачиваемостью при действии поперечной силы и нейтральном положении управляемых колес:

а - недостаточная поворачиваемость $\delta_1 > \delta_2$; б - нейтральная поворачиваемость $\delta_1 = \delta_2$; в - избыточная поворачиваемость $\delta_1 < \delta_2$

Поэтому такое движение является устойчивым. Когда автомобиль имеет избыточную поворачиваемость (рис. 19в), центр поворота расположен так, что возникающая центробежная сила $P_{Ц}$ складывается с P_y . Чем ближе скорость автомобиля к критической, тем меньше резерв курсовой устойчивости и тем труднее управлять автомобилем.

Чувствительность автомобиля к возмущению может быть определена с помощью коэффициента преобразования силы P_y в поперечное ускорение j_y . Так как P_y создается поперечным уклоном дороги i , удобнее определить чувствительность к возмущению с помощью коэффициента преобразования поперечного уклона i в поперечное ускорение j_y — k_{ij} :

$$k_{ij} = j_y / i, \text{ м/с}^2 \times \% \quad (3.46)$$

Чем меньше k_{ij} , тем удобнее в управлении автомобиль. Из изложенного следует, что автомобиль с избыточной поворачиваемостью имеет большее значение k_{ij} .

Сила поперечного давления воздушного потока может быть представлена в виде равнодействующей, приложенной в геометрическом центре боковой проекции автомобиля, — в метацентре. Изменение положения метацентра для бортового автомобиля и автомобиля-фургона показано на рис. 20.

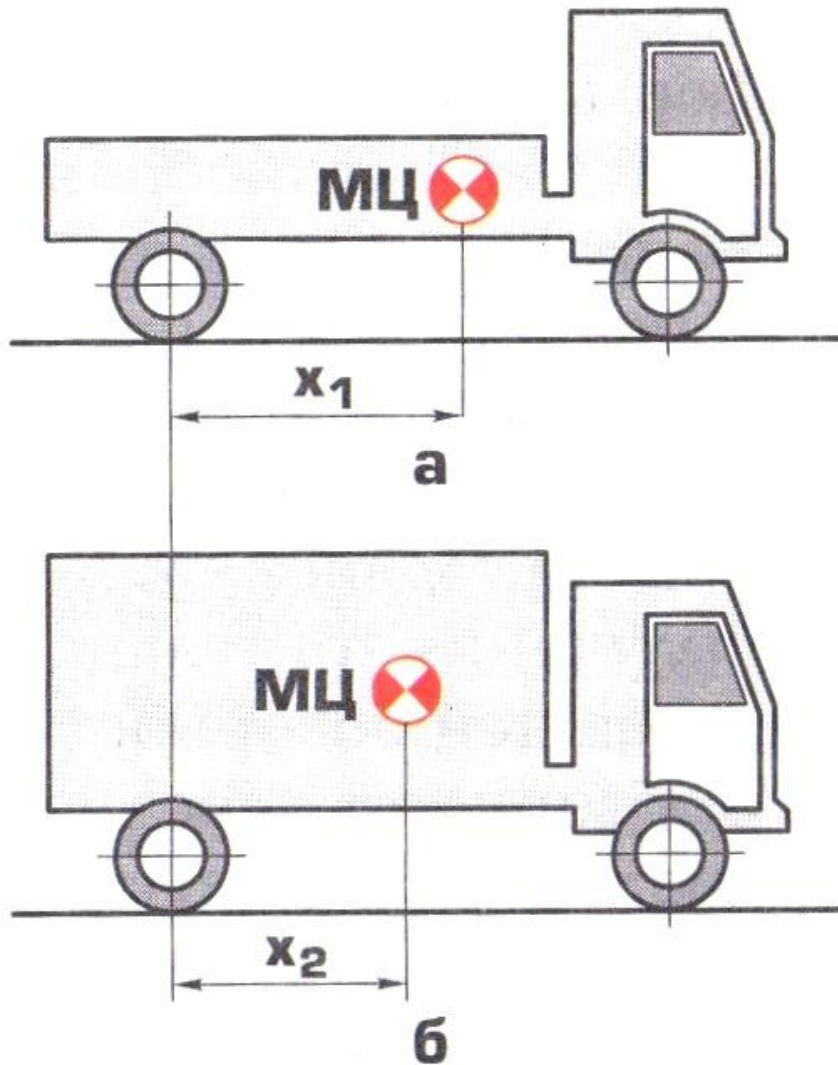


Рис. 20. Положение метацентра МЦ относительно задних колес:
а – бортовой автомобиль; б – автомобиль фургон

Видно, что метацентр фургона (МЦ) расположен ближе к задней оси. Поэтому угол увода задних колес будет больше, чем у бортового автомобиля, т.е. его поворачиваемость по сравнению с бортовым автомобилем увеличится. Чувствительность к действию поперечного ветра можно представить в виде коэффициента преобразования скорости ветра W_B в поперечное ускорение j_y — kwj :

$$kwj = j_y / W_B, \text{ с}^{-1} \quad (3.47)$$

Влияние возмущаемости автомобиля поперечным ветром проявляется в ситуациях, когда дорога выходит из леса в поле, в котором поперек дороги дует сильный ветер. Другая опасная ситуация может возникнуть, когда в поле

встречаются два автомобиля. Если автомобиль с наветренной стороны имеет большую боковую поверхность, то в момент разъезда он становится экраном. В результате сила ветра, действующая на подветренный автомобиль, резко уменьшится, в то время как его управляемые колеса повернуты так, чтобы уравновесить это давление ветра. В результате автомобиль начнет смещаться в сторону поворота управляемых колес, т.е. в сторону встречного автомобиля.

Реактивность органов управления. Нарастание сопротивления перемещению органа управления (упругое сопротивление) при правильном выборе его величины дает водителю ощущение реакции дороги. Поэтому это свойство органов управления получило название реактивности. Для надежного управления автомобилем важна хорошая реактивность педали тормоза и рулевого колеса.

При низкой реактивности педали тормоза возникают трудности плавного регулирования тормозной силы, подводимой к колесу. Особенно сильно это ощущение при пневматическом приводе тормозов, имеющем большое время срабатывания. При хорошей реактивности педали водитель ощущает величину тормозной реакции, которая еще не возникла. При низкой реактивности педаль тормоза «легкая», что способствует «перетормаживанию» при штатных торможениях, снижает надежность экстренного торможения на скользкой дороге. Очень большая реактивность делает педаль «жесткой», для ее перемещения требуются большие усилия, что приводит к «недотормаживанию».

Хорошая реактивность рулевого колеса дает водителю «ощущение дороги». Нарастание усилия при повороте рулевого колеса несет информацию о силе сцепления управляемых колес с дорогой. Уменьшение усилия является сигналом о снижении силы сцепления.

При действии боковой силы, вызванной поперечным уклоном или порывом бокового ветра, на руле, обладающем хорошим реактивным действием, сразу появляется усилие, дающее сигнал водителю о необходимости поворота рулевого колеса для противодействия внешнему возмущению. Это позволяет противодействовать боковому смещению с упреждением и уменьшает отклонение от выбранной траектории. «Легкий» руль не дает водителю такой информации, и он

будет реагировать уже на отклонение автомобиля. Поэтому точность слежения за траекторией уменьшается. При высоком реактивном действии руль становится «тяжелым». При этом возможность получения информации ухудшается, и появляются затруднения с выполнением моторного действия с рулевым колесом.

Низкое реактивное действие рулевого колеса частая беда рулевых управлений с усилителем. «Тяжелый» руль — следствие отсутствия усилителя.

Информативность автомобиля. Под информативностью понимают свойство автомобиля обеспечивать необходимой информацией водителя и других участников движения. Различают внутреннюю и внешнюю информативность.

Внутренняя информативность. Свойство автомобиля обеспечивать водителя информацией, поступающей из среды движения и от приборов определяет его внутреннюю информативность. Возможность получения зрительной информации о среде движения зависит от внешней обзорности, которая включает переднюю обзорность и обзорность через зеркала заднего вида. Качество передней обзорности связано с размерами ветрового стекла и боковых стекол дверей. Стойки ветрового стекла являются помехой, но возможность уменьшения их размеров ограничена требованиями пассивной безопасности.

В дождь, снег ветровое стекло необходимо очищать. Стеклоочистителем очищают только часть поверхности стекла. Требования безопасности устанавливают минимальные размеры очищаемых зон. Другой задачей является качество очистки. Для его повышения автомобиль в обязательном порядке оборудуют системой обмыва ветрового стекла.

В холодное время года ветровое и боковые стекла запотевают и обмерзают. Для устранения этого применяется система обдува стекла теплым воздухом. Размеры зон очистки стекла от запотевания и обмерзания определяет качество внешней обзорности в холодное время года.

Обзорность через зеркала заднего вида зависит от размеров зеркал, формы их поверхности (плоская, сферическая). Чтобы совместить ряд противоречивых требований в задней обзорности на современных грузовых автомобилях и автобусах применяется система зеркал, каждое из которых выполняет определенную функцию.

В темное время суток возможность получения информации обеспечивают световые приборы. Требования к размерам освещенного пространства и силе света устанавливают нормативы безопасности. Для встречного разезда применяется ближний свет. Для движения в свободных условиях — дальний свет. В дождь фары загрязняются. Для их очистки применяется система обмыва и очистки фар от грязи.

Установленные на автомобилях приборы можно разделить на пилотажные и контрольные. Пилотажные приборы позволяют водителю реализовывать оптимальные (экономичный, скоростной) алгоритмы регулирования скорости автомобиля, контролировать успешность решения поставленной задачи. К пилотажным приборам относятся: тахометр, спидометр, эконометр, маршрутный компьютер. Контрольные приборы и индикаторы информируют о состоянии систем и агрегатов автомобиля для предотвращения случаев выхода их из строя.

Надежность использования показаний приборов обеспечивается их обзорностью и такой организацией шкал, которая обеспечивает быстроту считывания показаний.

Внешняя информативность. Свойство автомобиля информировать других участников движения о своем положении на дороге, скорости и намерениях водителя по изменению скорости и направления движения называется его «внешней информативностью». Внешняя информативность зависит от размеров, формы и цвета кузова, наличия и расположения световозвращателей, внешней световой сигнализации, звукового сигнала.

Грузовые автомобили средней и большой грузоподъемности, автопоезда, автобусы благодаря своим габаритам более заметны и лучше различаемы, чем легковые автомобили и мотоциклы. Автомобили, окрашенные в темные цвета (черный, серый, зеленый, синий), из-за трудностей их различения попадают в ДТП чаще, чем автомобили, окрашенные в яркие цвета. Для повышения различимости автомобилей по Правилам дорожного движения перед началом движения автомобиля необходимо включить ближний свет в любое время суток.

Вопрос 4: влияние действий водителя с органами управления на свойства транспортного средства как объекта управления

Поскольку продольная реакция между колесом и дорогой увеличивает угол увода δ и уменьшает максимальную поперечную реакцию $R_{y_{\max}}$, действия водителя с педалями управления, рычагом коробки передач влияют на поворачиваемость, устойчивость против сноса и заноса, и управляемость боковым движением автомобиля

Переднеприводный автомобиль

Рассмотрим движение переднеприводного автомобиля с постоянной скоростью. В этом режиме он обладает определенной поворачиваемостью. Рассмотрим, как изменится поворачиваемость при действиях с органами управления.

Нажатие на педаль сцепления. При этом тяговая реакция снимается с ведущих колес автомобиля. Это означает, что при действии боковой силы угол увода передних колес уменьшится, а, следовательно, увеличится поворачиваемость автомобиля. Курсовая устойчивость автомобиля снизится, а управляемость боковым движением увеличится.

Нажатие на педаль скорости. При этом тяговая реакция на передних колесах увеличится, что приведет к увеличению угла увода передних колес. Поворачиваемости автомобиля снизится. Это вызовет повышение курсовой устойчивости и снижение управляемости боковым движением.

Если для повышения интенсивности разгона перейти на более низкую передачу, то поворачиваемость уменьшится еще больше. На скользкой дороге может возникнуть буксование ведущих колес. При этом поворачиваемость станет минимальной и может произойти снос. Курсовая устойчивость достигнет максимума, управляемость боковым движением снизится до нуля

Освобождение педали скорости (торможение двигателем). При этом тяговая реакция меняется на тормозную. Если по абсолютной величине тормозная реакция меньше тяговой, произойдет увеличение поворачиваемости, если больше — ее уменьшение. Курсовая устойчивость при повышении поворачиваемости снизится, при уменьшении — повысится. Управляемость боковым движением автомобиля при

снижении курсовой устойчивости повышается, а при ее повышении – становится меньше.

При включении пониженных передач тормозная реакция увеличится. Это снижает поворачиваемость, повышает курсовую устойчивость и уменьшает управляемость боковым движением. При торможении двигателем на скользкой дороге возможен юз ведущих колес. Это вызовет уменьшение поворачиваемости до минимума и снос.

Торможение педалью тормоза при выжатой педали сцепления. При этом на передних колесах возникает тормозная реакция $R_{\text{тр}1}$, а на задних — $R_{\text{тр}2}$.

Если $R_{\text{тр}1} / R_{\text{тр}1\text{max}}$ больше, чем $R_{\text{тр}2} / R_{\text{тр}2\text{max}}$, поворачиваемость будет недостаточной. При опережающей блокировке передних колес поворачиваемость будет минимальной. Возможен снос. Автомобиль сохраняет курсовую устойчивость и теряет управляемость боковым движением.

Если $R_{\text{тр}2} / R_{\text{тр}2\text{max}}$ больше, чем $R_{\text{тр}1} / R_{\text{тр}1\text{max}}$, поворачиваемость будет избыточной. При блокировке задних колес поворачиваемость станет максимальной и произойдет занос. Автомобиль потеряет курсовую устойчивость.

Торможение педалью тормоза без нажатия на педаль сцепления. При нажатии на педаль тормоза без разъединения трансмиссии происходит ограничение отношения $R_{\text{тр}1} / R_{\text{тр}1\text{max}}$, что препятствует их блокировке при сохранении возможности блокировки задних колес, т.е. обеспечивает избыточную поворачиваемость. Происходит занос. Автомобиль теряет курсовую устойчивость.

Заднеприводный автомобиль

Рассмотрим движение заднеприводного автомобиля с постоянной скоростью. В этом режиме он обладает определенной поворачиваемостью. Рассмотрим, как изменится поворачиваемость при действиях с органами управления.

Нажатие на педаль сцепления. При этом тяговая реакция снимается с ведущих колес автомобиля. Это означает, что при действии боковой силы угол увода задних колес уменьшится, а, следовательно, уменьшится и поворачиваемость автомобиля. Курсовая устойчивость автомобиля увеличится.

Нажатие на педаль скорости. При этом тяговая реакция на задних колесах увеличится, что приведет к увеличению угла увода задних колес и поворачиваемости автомобиля. Если для повышения интенсивности разгона перейти на более низкую передачу, то поворачиваемость возрастет еще больше. На скользкой дороге может возникнуть буксование ведущих колес. При этом поворачиваемость станет максимальной и произойдет занос. Автомобиль потеряет курсовую устойчивость.

Освобождение педали скорости (торможение двигателем). При этом тяговая реакция меняется на тормозную. Если по абсолютной величине тормозная реакция меньше тяговой, произойдет уменьшение поворачиваемости, если больше — увеличение. При включении пониженных передач тормозная реакция увеличится, что увеличит поворачиваемость. При торможении двигателем на скользкой дороге возможен юз ведущих колес. Это вызовет увеличение поворачиваемости до максимума и занос. Автомобиль потеряет курсовую устойчивость.

Торможение педалью тормоза при выжатой педали сцепления. При этом на передних колесах возникает тормозная реакция $R_{\text{тр}1}$, а на задних — $R_{\text{тр}2}$.

Если $R_{\text{тр}1} / R_{\text{тр}1\text{max}}$ больше, чем $R_{\text{тр}2} / R_{\text{тр}2\text{max}}$, поворачиваемость будет недостаточной. При опережающей блокировке передних колес поворачиваемость будет минимальной. Возможен снос. Автомобиль сохраняет курсовую устойчивость.

Если $R_{\text{тр}2} / R_{\text{тр}2\text{max}}$ больше, чем $R_{\text{тр}1} / R_{\text{тр}1\text{max}}$, поворачиваемость будет избыточной. При блокировке задних колес поворачиваемость станет максимальной и произойдет занос. Автомобиль потеряет курсовую устойчивость.

Торможение педалью тормоза без нажатия на педаль сцепления. При нажатии на педаль тормоза без разъединения трансмиссии происходит ограничение отношения $R_{\text{тр}2} / R_{\text{тр}2\text{max}}$, что препятствует их блокировке при сохранении возможности блокировки передних колес, т.е. обеспечивает недостаточную поворачиваемость. Возможен снос. Автомобиль сохраняет курсовую устойчивость.

Понимание того, как действия с педалями управления влияют на поворачиваемость, необходимо для предотвращения критических ситуаций и

повышения надежности управления автомобилем в случае их возникновения. Поворачиваемость грузовых автомобилей и автобусов может изменяться с недостаточной на избыточную при увеличении нагрузки. Причина заключается в том, что углы увода увеличиваются с ростом нагрузки на колесо. Вес грузового автомобиля и автобуса с полной нагрузкой в 2—3 раза превышает его вес в снаряженном состоянии, при этом нагрузка на передние колеса увеличивается в 1,3—1,4 раза, на задние — в 3,0—3,3 раза.

Поэтому в снаряженном состоянии автомобиль может обладать недостаточной, а при полной массе — избыточной поворачиваемостью. Чтобы обеспечить необходимый запас курсовой устойчивости автомобиля с избыточной поворачиваемостью, критическая скорость $V_{кр}$ должна быть больше максимальной скорости автомобиля.

3.11. План проведения практического занятия по теме 3

Продолжительность занятия: 2 часа

Вид занятия: урок повторения, обобщения и систематизации изучаемого материала

Метод обучения: репродуктивный

Используемые технологии:

1. Развивающие (проблемное обучение, коллективная мыслительная деятельность).
2. Деятельностные (анализ дорожно-транспортных ситуаций, решение ситуационных задач).

Цели занятия:

1. Образовательная (закрепление, систематизация и контроль качества знаний свойств транспортных средств и их изменения при выполнении действий с органами управления).
2. Воспитательная (осознание необходимости знания свойств транспортного средства и того как они изменяются в зависимости от условий эксплуатации и

действий водителя с органами управления для предотвращения нештатных ситуаций и повышения надежности выхода из них).

3. Развивающая (применение знаний Основ управления транспортным средством при изменении нагрузки автомобиля, скользкости дорожного покрытия, формирование умений применять полученные знания для предотвращения нештатных ситуаций и повышения надежности выхода из них.

Обеспечение занятия:

1. Электронные учебно-наглядные пособия (ИМСО «Электронная доска для моделирования, анализа и разбора режимов движения транспортного средства»);

2. Литература («Основы управления транспортными средствами»; «Экзаменационные (тематические) задачи категории А, В с комментариями»).

3. Технические средства обучения (экранны-звуковые: компьютер, мультимедийный проектор, экран; информационно-контролирующие: АРМ для контроля качества знаний).

Содержание занятия:

1. Разбор типичных режимов движения транспортного средства, решение ситуационных задач с использованием различных технических средств обучения.

2. Решение тематических задач.

3. Контроль качества знаний.

Таблица 10. – Организация занятия

Этапы занятия	Время (мин.)	Порядок проведения занятия
1	2	3
Вступительная часть	5	1. Приветствие. 2. Проверка отсутствующих. 3. Объявление целей и содержания занятия.
Основная часть	80	1. Разбор типичных режимов движения транспортного средства с использованием учебно-наглядного пособия «Электронная доска для моделирования, анализа и разбора типичных режимов движения».
	30	
	30	2. Контроль знаний по пройденным темам с

	20	использованием программы-тренажера «Подготовка к теоретическому экзамену в ГИБДД». 3. Контроль качества знаний с использованием программы-тренажера «Подготовка к теоретическому экзамену в ГИБДД».
Заключительная часть	5	1. Ответы на вопросы. 2. Выставление оценок. 3. Выдача домашнего задания.

Организационно-методические указания:

Для разбора типичных режимов движения с использованием учебно-наглядного пособия «Электронная доска» преподавателю необходимо заранее смоделировать различные режимы движения и демонстрировать их в режиме презентации. В ходе демонстрации слайдов обучающиеся дают ответы на поставленные вопросы. Неточные и неполные ответы исправляются и дополняются другими обучающимися.

Для закрепления знаний по пройденным темам преподаватель при помощи проекционной техники демонстрирует тематические задачи с использованием ИМСО «Экзаменационные билеты и тематические задачи». В ходе демонстрации тематических задач преподаватель, сравнивая различные точки зрения и опираясь на положения Основ управления транспортными средствами, помогает обучающимся найти правильное решение каждой задачи.

Контроль качества знаний по пройденным темам производится на АРМ с использованием программы-тренажера «Подготовка к теоретическому экзамену в ГИБДД» или иного аналогичного пособия. Допускается также письменный контроль.

По окончании занятия необходимо сделать анализ допущенных ошибок.

Домашнее задание:

Самостоятельное решение тематических задач по пройденным темам с использованием учебного пособия «Экзаменационные (тематические) задачи категории А, В с комментариями».

Виды и формы организации самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся заключается в выполнении ими домашних заданий. Домашние задания выдаются по окончании урока. В домашнее задание включаются вопросы по изученной теме с целью повторения, систематизации и закрепления знаний. Домашние задания рекомендуется составлять на основе электронного учебно-наглядного пособия ИМСО «Экзаменационные билеты и тематические задачи». Для решения тематических задач может также использоваться учебная программа-тренажер «Подготовка к теоретическому экзамену в ГИБДД». Допускается письменное решение тематических задач.

3.12. Информационное обеспечение предмета, в т.ч. списки литературы, цифровые образовательные ресурсы и Интернет-ресурсы (фото-видеоматериалы, презентации, электронные учебники и т.д.)

Список литературы

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
2. В.А. Илларионов, А.И. Куперман, В.М. Мишури. Правила дорожного движения и основы безопасного управления автомобилем. – 5-е изд., перераб. – М.: Транспорт, 1998. – 448 с.: ил.
3. Майборода О.В. Автошкола МААШ. Искусство управления автомобилем. Как предотвращать нештатные ситуации.
4. Майборода О.В. Основы управления автомобилем и безопасность движения: учебник водителя автотранспортных средств категорий «С», «D», «E» / О.В. Майборода. – 8-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 256 с.
5. Мишури В.М., Романов А.Н. Надежность водителя и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.: ил.

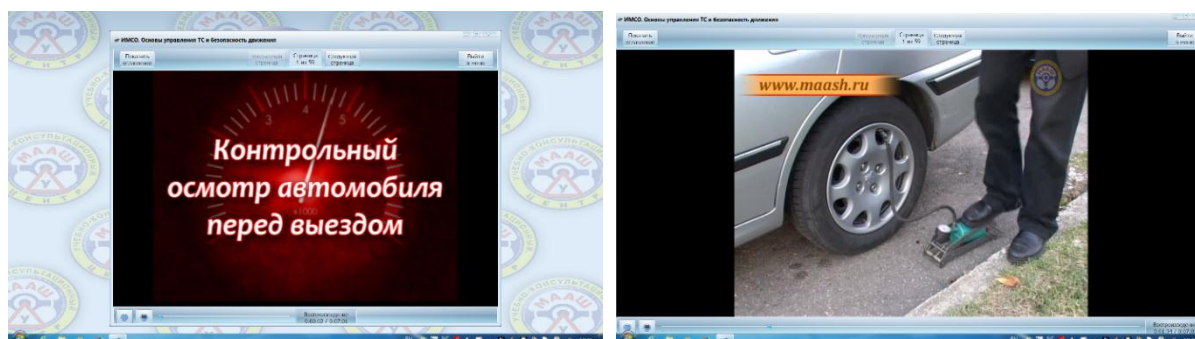
Электронные учебно-наглядные пособия:

1. ИМСО «Автошкола МААШ». Модуль «Основы безопасного управления транспортным средством».

2. ИМСО «Автошкола МААШ». Модуль «Основы управления ТС и безопасность движения».
3. ЭВЛ «Автошкола МААШ. Курс лекций по Правилам и безопасности дорожного движения».
4. ЭВЛ «Автошкола МААШ. Курс лекций по основам управления транспортными средствами и безопасности движения».
5. ЭВЛ «Автошкола МААШ». Скорость как основной фактор безопасности дорожного движения.



Интерактивная мультимедийная система обучения. Модуль «Основы управления ТС и безопасность движения». Видеоуроки по темам безопасного управления транспортным средством для начинающих водителей.





Учебно-методическое пособие «Основы безопасного управления транспортным средством» позволяет наглядно представить материал в процессе изучения основ безопасного управления транспортным средством и облегчить восприятие изучаемого материала. Электронное учебное издание «Основы безопасного управления транспортным средством» заменяет собой соответствующие плакаты и электрифицированные стенды, а также значительно расширяет их функциональные возможности. Оно предназначено для использования в качестве учебно-методического пособия в соответствии с перечнем учебных материалов для подготовки водителей транспортных средств по программам подготовки водителей транспортных средств различных категорий.





Электронные видеолекции по основам управления транспортными средствами и безопасности движения. Данный курс видеолекций составлен в соответствии с примерными программами подготовки водителей транспортных средств и предназначен для обучаемых в автошколах.

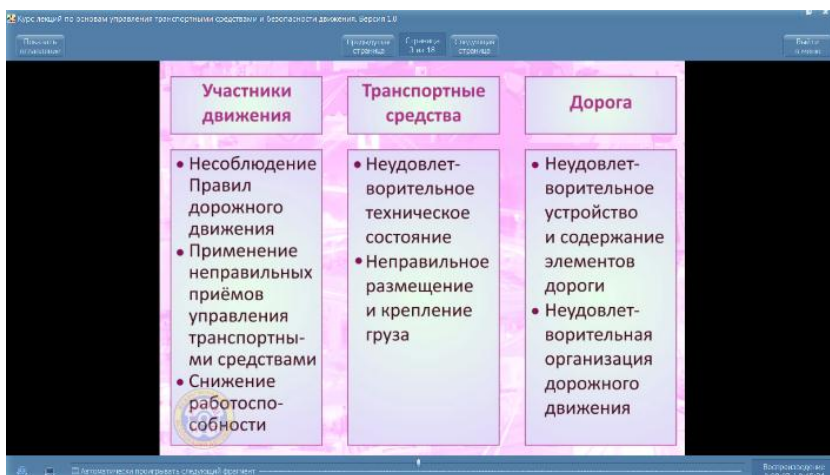


Таблица 15. – Материально-техническое обеспечение учебного предмета
«Основы управления транспортными средствами»

Наименование учебного оборудования	Единица измерения	Количество
Оборудование и технические средства обучения		
Компьютер с соответствующим программным обеспечением	комплект	1
Мультимедийный проектор	комплект	1
Экран (монитор, электронная доска)	комплект	1
Магнитная доска со схемой населенного пункта ¹		
Учебно-наглядные пособия ²		
Основы управления транспортными средствами	шт	1
Сложные дорожные условия	шт	1
Виды и причины ДТП	шт	1
Типичные опасные ситуации	шт	1
Сложные метеоусловия	шт	1
Движение в темное время суток	шт	1
Посадка водителя за рулем. Экипировка водителя	шт	1
Способы торможения	шт	1
Тормозной и остановочный путь	шт	1
Действия водителя в критических ситуациях	шт	1
Силы, действующие на транспортное средство	шт	1
Управление автомобилем в нестандартных ситуациях	шт	1
Профессиональная надежность водителя	шт	1
Дистанция и боковой интервал. Организация наблюдения в процессе управления транспортным средством	шт	1
Влияние дорожных условий на безопасность движения	шт	1
Безопасное прохождение поворотов		
Безопасность пассажиров транспортных средств	шт	1
Безопасность пешеходов и велосипедистов	шт	1
Типичные ошибки пешеходов	шт	1
Типовые примеры допускаемых нарушений ПДД	шт	1
	шт	1

¹ Магнитная доска со схемой населенного пункта может быть заменена соответствующим электронным учебным пособием.

² Учебно-наглядные пособия допустимо представлять в виде плаката, стенда, макета, планшета, модели, схемы, кинофильма, видеофильма, мультимедийных слайдов.