

ИЗДАТЕЛЬСТВО
За рулем

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ УЧЕБНИКОВ

ШЕСТОЕ ИЗДАНИЕ

УЧЕБНИК ВОДИТЕЛЯ

А

В

С

Д

Е

О.В. Майборода

ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ




ACADEMIA

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ УЧЕБНИКОВ

УЧЕБНИК ВОДИТЕЛЯ

А О.В. Майборода

В **ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ**
С **АВТОМОБИЛЕМ**
Д **И БЕЗОПАСНОСТЬ**
Е **ДВИЖЕНИЯ**

ДОПУЩЕНО
МИНИСТЕРСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНИКА
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
6-е издание, стереотипное

УДК 656.052(075.32)
ББК 39.11я722
М14

**Совместная программа КЖИ «За рулем» и ИЦ «Академия»
по выпуску учебников для подготовки водителей
автотранспортных средств**

Рецензент — исполнительный директор Центра «Водитель» Института
развития профессионального образования А. А. Кива

Майборода О. В.

М14 Основы управления автомобилем и безопасность движения : учебник водителя автотранспортных средств категорий «С», «D», «Е» / О. В. Майборода. — 6-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 256 с.

ISBN 978-5-7695-8043-7

Изложены основы теории управления автомобилем. Проанализировано влияние элементов системы водитель — автомобиль — дорога на эффективность и безопасность управления автомобилем в штатных и нештатных режимах движения. Сформулированы основные принципы ситуационного анализа дорожно-транспортных ситуаций. Приведены измеряемые показатели мастерства управления автомобилем. Показано, что безопасность дорожного движения определяется уровнем профессионального мастерства водителя.

Учебник предназначен для подготовки, переподготовки и повышения мастерства водителей автотранспортных средств категорий «С», «D», «Е».

УДК 656.052(075.32)

Учебное издание

ББК 39.11я722

Майборода Олег Владимирович

ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Учебник

6-е издание, стереотипное

Редактор Л. А. Левченкова. Технический редактор Н. И. Горбачева
Компьютерная верстка: Г. А. Берковский. Корректоры Е. В. Соловьева, С. Ю. Свиридова

Изд. № 106106332. Подписано в печать 27.06.2011. Формат 60×90 1/16.

Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,0.

Тираж 3000 экз. Заказ № 2605.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
125252, Москва, ул. Зорге, д. 15, корп. 1, пом. 26б.

Адрес для корреспонденции: 129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. AE51. Н 14963 от 21.12.2010.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных
издательством материалов в ОАО «Тверской ордена Трудового Красного
Знамени полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР».
170040, г. Тверь, проспект 50 лет Октября, 46.

© Майборода О. В., 2004

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2009

ISBN 978-5-7695-8043-7

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	6
Введение	8
Глава 1. Профессиональная надежность водителя	19
1.1. Задачи управления автомобилем	19
1.2. Получение водителем информации	20
1.3. Обработка информации водителем	24
1.4. Быстрота реакции водителя	27
1.5. Психомоторика	30
1.6. Влияние личностных качеств водителя на его профессиональную надежность	31
1.7. Влияние на надежность водителя утомления, состояния здоровья, алкоголя	32
1.8. Этика водителя	37
1.9. Автомобильная культура	39
Глава 2. Транспортное средство	41
2.1. Механика движения автомобиля	41
2.2. Свойства автомобильного колеса	51
2.3. Эксплуатационные свойства автомобиля	55
2.3.1. Функциональные свойства	56
2.3.2. Эргономические свойства	73
Глава 3. Техника управления автомобилем в штатных дорожно-транспортных ситуациях	82
3.1. Рабочее место водителя	82
3.2. Размещение водителя на рабочем месте	96
3.3. Операции с органами управления	101
3.3.1. Техника вращения рулевого колеса	101
3.3.2. Операции с педалями и рычагами управления	106
3.4. Техника регулирования движения автомобиля	109
3.4.1. Подготовка автомобиля к работе	110
3.4.2. Регулирование движения автомобиля	112
3.5. Экономичный алгоритм регулирования скорости автомобиля	121
3.6. Рекомендации по применению экономичного алгоритма управления	127

3.7. Пилотажные приборы	129
Глава 4. Маневрирование в ограниченных проездах	132
4.1. «Чувство габаритов автомобиля»	132
4.2. Разворот автомобиля на ограниченной площадке	135
4.3. Въезд в узкий проезд	136
4.4. Выезд из узкого проезда	141
4.5. Параллельная парковка	141
Глава 5. Техника управления автомобилем в нештатных ситуациях	145
5.1. Разгон	145
5.2. Торможение	149
5.3. Стабилизация сноса и заноса	151
5.4. Стабилизация сноса при блокировке передних колес в процессе торможения	162
5.5. Стабилизация заноса автомобиля при буксовании и блокировке задних колес	163
5.6. Стабилизация движения автомобиля при неравенстве тормозных сил по его бортам	163
Глава 6. Безопасность дорожного движения	166
6.1. Надежность управления	166
6.2. Динамический габарит и габарит опасности автомобиля	168
6.3. Анализ дорожно-транспортных ситуаций и определение безопасных режимов движения автомобиля	177
6.3.1. Влияние элементов плана и профиля дороги, скользкости и ровности покрытия на безопасность движения	178
6.3.2. Влияние на безопасность движения состояния транспортного потока	195
6.3.3. Особенности управления автомобилем в темное время суток, при неблагоприятных погодных условиях	201
6.4. Надежное управление	213
Глава 7. Эффективность управления автомобилем	220
7.1. Показатели эффективности управления автомобилем	220
7.2. Факторы, влияющие на эффективность управления автомобилем	225
7.3. Результаты экспериментальной оценки эффективности управления	228
7.4. Оптимизация процесса управления автомобилем	232
Глава 8. Особенности управления транспортными средствами категории «D»	235

Глава 9. Особенности управления транспортным средством категории «Е»	237
Глава 10. «Век води — век учись»	244
10.1. Повышение мастерства при вождении автомобиля по дорогам общего пользования	244
10.2. Тренировки на автодроме	247
Заключение	253
Приложение	254
Список литературы	256

Предисловие

Автомобиль называют «баловнем двадцатого века», без преувеличения, он завоевал мир. Благодаря удобствам, которые создает автомобиль, он стал основным транспортным средством — в настоящее время мировой автопарк насчитывает более 500 млн машин. Но в жизни все взаимосвязано, и продолжением достоинств, как известно, являются недостатки. Поэтому автомобиль одновременно является источником повышенной опасности, сея смерть, увечья, принося материальные потери, загрязняя окружающую среду. Решение проблем отрицательного влияния автомобиля на жизнь на планете в большой мере определяется мастерством водителя.

Мастерство включает в себя три неперенные составляющие: навыки выполнения операций с органами управления, регулирование движения автомобиля (разгон, торможение, поворот в соответствии с поставленной задачей) и умение управлять, т.е. выбирать режим движения так, чтобы не возникали экстремальные ситуации, чтобы экологическое воздействие и затраты на эксплуатацию были минимальные.

Для достижения необходимого уровня мастерства нужны знания и практика вождения. Знание теории ускоряет приобретение практических навыков и умений. Отсутствие теоретических знаний становится причиной появления мифов, основанных на ошибочном распространении приемов управления, полезных в определенной ситуации, на все случаи жизни. Примером такого мифа являются мнимые опасности движения накатом — с разъединенной трансмиссией.

Незнание теории является причиной убежденности значительного числа водителей в том, что можно обогнать транспортный поток. В попытках сделать это они не повышают среднюю скорость своего автомобиля, но оказываются втянутыми в смертельную игру, которую можно назвать «автомобильной рулеткой».

Я уже слышу справедливые возражения, что автомобиль не только средство передвижения, но и источник радости, который дает

ощущение скорости, ощущение того, что автомобиль подчиняется твоим действиям. Это действительно так, но с одной существенной поправкой: испытывать эмоции, вызываемые скоростной ездой, можно только на закрытых для нормального движения трассах, где отсутствует опасность причинения вреда третьим лицам. Никто не устраивает стрельбу по мишени на улице, это делают в тире.

Так и автомобиль — станет ли он источником удовольствия и принесет пользу или только беды и разочарования, зависит от нас. Надеюсь, что логика фактов, составляющих основу настоящего учебника, окажется достаточно убедительной и будет способствовать формированию рационального мировоззрения водителей, являющихся подлинными мастерами своего дела.

В заключение не могу не выразить искреннюю благодарность Колоскову Юрию Тимофеевичу, оказавшему неоценимую помощь в подготовке рукописи.

О. В. МАЙБОРОДА

Введение

Система водитель—автомобиль—дорога. Потребность в быстром и эффективном перемещении пассажиров и грузов является постоянной движущей силой, способствующей непрерывному развитию автомобильного транспорта. К настоящему времени число транспортных средств (ТС) в мире превысило 500 млн единиц. Уровень автомобилизации в начале третьего тысячелетия (число единиц транспортных средств на 1000 жителей) характеризуется следующими статистическими данными: США — 780, страны Западной Европы — 350—510, Россия — 220. Ежегодно в России более двух миллионов человек получают право на управление ТС, пополняя армию водителей, составляющую 40—45 млн человек. Эффективное функционирование такой сложной системы требует организации соответствующего управления. Систему управления дорожным движением принято называть системой водитель—автомобиль—дорога (ВАД).

Система управления образуется тогда, когда ряд звеньев объединяется единой цепью передачи информации. Принципиальная структура такой системы управления приведена в виде схемы на рис. В.1. Условием образования системы управления является наличие цели управления. Система управления состоит не менее чем из трех звеньев: органа управления; средств, с помощью которых управляющие воздействия от органа управления передаются к объекту управления, и объекта управления. Принципиальным элементом системы управления является обратная связь — возвращение информации о результатах управления на вход органа управления. Обратная связь позволяет сравнить результат управления с заданием. Если они совпадают, управляющее действие не выполняется. При наличии рассогласования орган управления выполняет управляющие действия, направленные на устранение возникшего отклонения от требуемого значения. Управление означает достижение поставленной цели с наибольшей эффективностью.

Применительно к автомобильному управлению означает перевозку груза с минимальными затратами. Когда управление сводится к

поддержанию постоянного уровня какого-либо параметра, например скорости или направления движения автомобиля, это называется регулированием.

Принципиальной особенностью системы управления является то, что с ее созданием возникает новое свойство, которое присуще только данной системе, тогда как входящие в нее компоненты этого свойства не имеют. Таким новым свойством системы ВАД является активная безопасность движения. Она зависит от согласованности мастерства водителя с ездовыми свойствами автомобиля и дорожными условиями. Когда возможности автомобиля и хорошие дорожные условия не соответствуют мастерству водителя, безопасность снижается. Ездовые свойства автомобиля и дорожные условия улучшаются непрерывно, и чтобы в этих условиях обеспечивалась безопасность, необходимо постоянно повышать мастерство водителей.

Эффективность, безопасность и экологичность транспортного процесса. Рассмотрим с помощью структурной схемы на рис. В.1 систему ВАД. Потребность в перемещении пассажиров и грузов определяет цель управления. Цель и условия, в которых необходимо действовать, формируют задачи, стоящие перед органом управления. Управление осуществляется на основе нормативно-правовой базы через министерства и ведомства, которые являются средствами управления. Объектом управления являются участники дорожного движения. К ним относятся: водители, велосипедисты, пешеходы, а также сотрудники ГИБДД, регулирующие движение.



Рис. В.1. Структурная схема системы управления дорожным движением

Результаты функционирования системы ВАД по каналу обратной связи возвращаются на вход органа управления. Сопоставление достигнутых результатов с поставленной задачей дает возможность оценивать правильность принятых решений и вносить необходимые коррективы. Органом управления в стране является Правительство Российской Федерации. Основными ведомствами, которые занимаются проблемами безопасности движения, являются Минтранс, МВД и Министерство образования и науки РФ.

Автомобильный транспорт играет важную роль в транспортной системе благодаря высокой автономности отдельного транспортного средства, что позволяет доставлять грузы «от двери к двери», а физическим лицам выбирать наиболее удобные маршруты. Но как уже было отмечено, недостатки являются продолжением достоинств. Большая свобода в выборе маршрута и режима движения автомобильного транспорта является причиной того, что безопасность дорожного движения по сравнению с другими видами перевозок самая низкая. Соотношение показателей опасности перевозок различными видами транспорта можно охарактеризовать следующими цифрами. Числа погибающих на каждый миллиард пассажирокилометров на железнодорожном, воздушном и автомобильном видах транспорта соотносятся как 1:3:10.

По причине отсутствия жесткой регламентации действий водителя в сравнении с пилотом и машинистом различия в расходе топлива у отдельных водителей могут достигать 40 %. Примерно на такую же величину будут отличаться и объемы вредных выбросов. Приведенные цифры иллюстрируют роль мастерства водителя в обеспечении эффективности, безопасности и экологичности дорожного движения.

Результатами функционирования системы ВАД являются: количество перевезенных пассажиров и грузов; скорость их доставки; расход топлива, ресурсов транспортного средства и водителя; число отказов транспортного средства; число конфликтных ситуаций, нарушений Правил дорожного движения (ПДД), дорожно-транспортных происшествий (ДТП); потери времени в пути; материальные потери в результате ДТП; травмирование и гибель людей; вредные выбросы и шумовое загрязнение среды движения; расход природных ресурсов. Из изложенного следует, что, совершая полезную работу, система ВАД одновременно наносит ущерб. В связи с этим смысл управления заключается в эффективном удовлетворении потребностей общества в перемещении при одновременном обеспечении снижения вредных последствий функционирования системы ВАД, т. е. управление не может быть ограничено только вопросами безопасности движения.

Нельзя не отметить, что безопасность дорожного движения является не целью, а условием достижения цели управления, так как

в случае ДТП цель управления достигнута не будет. Для повышения безопасности, эффективности и экологичности дорожного движения необходим комплексный подход к воздействию на элементы системы ВАД — водителя, автомобиль и дорожные условия.

Система водитель—автомобиль. Основным элементом системы ВАД является система водитель—автомобиль (ВА). Цель функционирования системы ВА — перемещение из пункта X в пункт Y. Условия движения формируют конкретные задачи, которые должен решать водитель и которые сводятся к изменению скорости и траектории движения ТС. Особенностью системы ВА является то, что в отличие от машиниста и пилота водитель сам формирует план действий, причем, как показывает статистика, именно на этой стадии возникает 85...90 % ошибок, приводящих к ДТП, и безопасность дорожного движения поэтому значительно ниже, чем на железнодорожном и воздушном видах транспорта.

Рассмотрим структурную схему системы ВА, приведенную на рис. В.2. Исходя из цели управления и условий движения водитель формирует задачу: выбирает маршрут движения, определяет способ решения задачи (максимальная средняя скорость, максимальная эффективность, максимальная надежность). На формирование задачи



Рис. В.2 Структурная схема системы водитель—автомобиль

большое влияние оказывает свойственный водителю стиль вождения (агрессивно-самоуверенный, спокойный и уверенный, неуверенный). В соответствии с поставленной задачей формируются планы действий в складывающихся дорожно-транспортных ситуациях (ДТС): определяются скорость V_a , дистанция d и интервал b . На выбор плана действий влияют мастерство водителя, свойства автомобиля, дорожные условия. Реализация плана действий выражается в перемещении органов управления автомобилем. В результате таких перемещений параметры движения автомобиля изменяются: перемещение педали скорости $S_{п.с}$ вызывает изменение тяговой силы $P_{тр}$, что приводит к изменению скорости автомобиля V_a . (За более чем столет существования автомобиля педаль скорости называли по-разному: «педалью газа», «педалью дроссельной заслонки», «педалью подачи топлива», «акселератором». Мы будем называть ее «педалью скорости», потому что, перемещая эту педаль, водитель регулирует скорость автомобиля.)

Перемещение педали тормоза $S_{п.т}$ создает тормозную силу $P_{тр}$, вызывающую замедление движения, которое изменяет скорость автомобиля. Поворот рулевого колеса α_r приводит к повороту управляемых колес на угол θ , т.е. вызывает появление поперечного ускорения j_y , что изменяет траекторию движения. При возникновении курсовой неустойчивости (заноса) или опасности опрокидывания водителю дополнительно приходится стабилизировать неустойчивость автомобиля. В этом случае задача, стоящая перед водителем, усложняется, а надежность управления снижается.

Результат регулирования параметров движения автомобиля в виде скорости V_a , дистанции d и интервала b воспринимается водителем, т.е. является информацией обратной связи, и сравнивается с планом действий. При наличии рассогласования между планом и результатом водитель производит коррекцию параметров движения автомобиля для устранения возникшего рассогласования. В частности, водитель непрерывно корректирует отклонение автомобиля от выбранной траектории движения.

Результат управления автомобилем в виде пройденного пути S_a , времени поездки $t_{п.}$, средней скорости V_c , расхода топлива q_s , надежности управления автомобилем R является информацией обратной связи, на основании которой водитель принимает решение о необходимости внесения изменений в задачу управления.

Предельные условия, при которых система ВА в состоянии функционировать с требуемой точностью, определяется функциональными свойствами автомобиля: скоростными и тормозными, устойчивостью. Они определяют максимальные величины ускорений, которые можно реализовать при разгоне, торможении и криволинейном движении. Другая группа свойств, называемых эрго-

мическими¹, характеризует удобство управления автомобилем и влияет на возможность реализации его функциональных свойств. Чем выше эргономичность автомобиля, тем надежнее управление им в критических ситуациях.

На первый взгляд кажется очевидным, что создание автомобилей с высокими функциональными и эргономическими свойствами решает проблему безопасности. В действительности все оказалось сложнее. Да, улучшая автомобиль, мы расширяем границы пределов, в которых можно обеспечить устойчивость управления автомобилем. Но как только водитель ощущает расширение границ безопасности, он меняет план своих действий и опять приближается к границам устойчивого движения.

Человек не может абсолютно точно определить эти границы. Когда параметры плана действий близки к ним, водитель легко выходит за границы безопасности. Поэтому причиной 85...90 % ДТП являются ошибки, допущенные водителем при выборе плана действий, т.е. ошибки водителя связаны с неправильным выбором скорости, дистанции и интервала движения, неправильной оценкой возможности смены полосы, выезда на встречную полосу движения. И только в 10...15 % случаев причиной ДТП являются ошибки выполнения маневра по выходу из нештатной (критической) ситуации. Чтобы повысить безопасность дорожного движения, необходимо изменить поведение большей части водителей — сделать его менее рискованным.

Препятствием на этом пути является массовое незнание критериев мастерства управления автомобилем. Каждый начинающий и значительная часть опытных водителей считают, что единственным показателем мастерства является скорость.

Такой водитель при каждой возможности увеличивает скорость до предельно возможной по его оценке и из-за ошибок в оценке допустимой скорости регулярно выходит за границы безопасности. Как результат этого, легковые автомобили попадают в ДТП в 2 раза чаще, чем автобусы, и в 1,5 раза чаще, чем грузовые автомобили. Движение автомобиля при этом является неравномерным — с интенсивными разгонами и замедлениями. В действительности показателем мастерства является равномерность движения, умение *доехать до пункта назначения с оптимальной средней скоростью при минимальном расходе топлива и ресурса автомобиля*.

Никакая, даже очень хорошо организованная система обучения водителей не может обеспечить подготовку водителя высокой квалификации из-за ограниченности наката километров за период обу-

¹ Эргономика — научная дисциплина, изучающая взаимодействие человека с машиной с целью повышения безопасности и эффективности функционирования системы человек—машина.

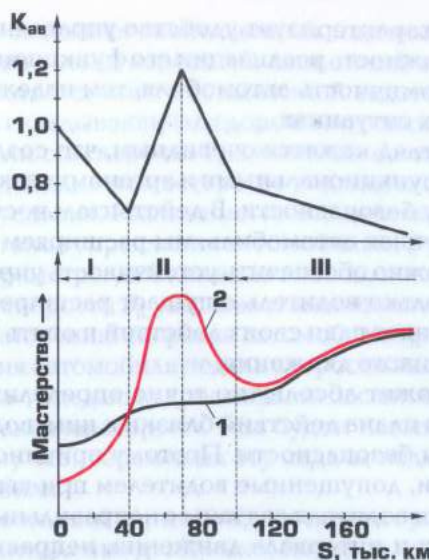


Рис. В.3. Изменение коэффициента аварийности $K_{ав}$, уровня мастерства водителя и его самооценки в зависимости от наката километров S водителем:

1 — уровень мастерства; 2 — самооценка уровня мастерства водителем; I — период неуверенности; II — период самоуверенности; III — период надежного управления

чения. Будущий водитель легкового, грузового автомобилей и автобуса проезжает с инструктором соответственно 150, 500 и 7000 км, тогда как для становления водителя необходим накат около 100 тыс. км. Поэтому следует понимать, что полученное водительское удостоверение не подтверждает водительского мастерства. Это всего лишь документ, дающий право продолжить обучение самостоятельно.

Важно, чтобы полученные при обучении знания помогли водителю пройти этот трудный период с наименьшими потерями. В данной связи полезно знать, что при увеличении наката километров изменяется не только уровень мастерства, но и самооценка мастерства и связанный с этим коэффициент аварийности $K_{ав}$ ¹ (рис. В.3). Из графика на рис. В.3 следует, что, когда водитель проявляет осторожность (период I), вероятность ДТП быстро уменьшается по мере развития у водителя «чувства автомобиля». Необходимо опасаться переоценки своих возможностей (период II), вероятность которой возникает после завершения «технического оснащения мастерства», когда водитель ощутил, что автомобиль «подчиняется» ему.

¹ Коэффициент аварийности равен отношению числа ДТП, совершенных при определенном накате S , к числу ДТП, совершенных на первых 10 тыс. км наката.

На этом этапе важно осознавать, что к этому моменту вы научились только регулировать движение автомобиля и что вам предстоит научиться управлять им. Управление автомобилем — это многоплановая задача, решению которой посвящен данный учебник. В большей степени решение задачи безопасного и эффективного управления автомобилем зависит от состояния дорог.

Автомобильные дороги и дорожные условия. При проектировании автомобильных дорог проектировщики исходят из того, чтобы водитель автомобиля в свободных условиях движения мог безопасно поддерживать расчетную скорость на всем протяжении дороги. При увеличении интенсивности движения скорости автомобилей снижаются. Понимание принципов проектирования дорог и закономерностей движения транспортных потоков позволяет водителю точнее выбирать оптимальную по условиям движения скорость, которая обеспечивает эффективное и безопасное достижение цели управления автомобилем. Так, например, по ширине дорожного полотна можно определить расчетную скорость, которую не следует превышать в этих условиях.

Дороги в Российской Федерации делятся на дороги общего пользования (ДОП), платные дороги, городские дороги (улицы), частные дороги, принадлежащие юридическим и физическим лицам. В зависимости от административного, экономического и культурного значения дороги общего пользования и платные дороги РФ делятся на следующие группы: федеральные, региональные, местного значения.

Федеральные дороги предназначены для дальних автомобильных сообщений. Они соединяют между собой столицы республик, краевые и областные центры, а также дорожную сеть России с дорогами других государств.

Региональные дороги соединяют главные административные, культурные и экономические центры субъектов федерации со столицами республик, краевыми и областными центрами и с федеральными дорогами.

Дороги местного значения соединяют районные центры с населенными пунктами района, а также местную дорожную сеть с дорогами субъектов федерации, федеральными дорогами.

В зависимости от значения дороги в народном хозяйстве изменяется ее загрузка дорожным движением. Показателем загрузки дороги является *интенсивность* движения, которая измеряется числом автомобилей, проходящих через сечение дороги в единицу времени (сутки, час). Как правило, наибольшая интенсивность движения наблюдается на федеральных и региональных дорогах. Максимально возможная интенсивность движения называется «пропускной способностью дороги». Чтобы повысить ее, уже при проектировании дороги закладывается движение с более высокой расчет-

ной скоростью. В зависимости от расчетной интенсивности движения дороги подразделяют на пять категорий. Показатели расчетной интенсивности и скорости движения для дорог разных категорий приведены в приложении (см. табл. П.1). Чтобы обеспечить безопасное движение автомобиля с расчетной скоростью, такие элементы дороги, как ширина проезжей части, обочин, расстояние видимости, радиусы кривых в плане, продольные уклоны, должны соответствовать определенным требованиям.

Полоса проезжей части, занимаемая автомобилями, движущимися один за другим в одном направлении, называется «полосой движения». Поскольку движение происходит в обе стороны, проезжую часть дороги устраивают шириной не менее чем в две полосы. При большой расчетной интенсивности движения число полос увеличивают до четырех и более. При очень низкой интенсивности дорогу делают однополосной (см. табл. П.1). На однополосной дороге при разъезде или обгоне необходимо съезжать одной стороной автомобиля на обочину.

Для безопасной остановки автомобиля, а также для создания резерва пространства в поперечном направлении, позволяющего совершать маневры в критических ситуациях, дорога имеет обочины. Чтобы обеспечить возможность движения с расчетной скоростью при разъезде со встречными автомобилями и при обгоне попутных автомобилей, ширина полосы движения превышает ширину автомобиля. Параметры поперечного профиля дорог разных категорий приведены в приложении (см. табл. П.2).

При движении по кривой на автомобиль действует центробежная сила, которая уравнивается реакцией, возникающей между колесами и дорогой и направленной к центру поворота. Чтобы движение с расчетной скоростью по кривой было безопасным, величина реакции между колесами и дорогой должна быть меньше силы сцепления. Это обеспечивается за счет ограничения минимального радиуса поворота в зависимости от расчетной скорости.

Наличие горизонтальных кривых в плане и вертикальных в профиле создает ограничение видимости дороги. Для безопасного движения водитель должен видеть перед собой участок дороги протяженностью, достаточной для остановки автомобиля в случае необходимости.

Продольные уклоны снижают скорость автомобилей, движущихся на подъем. Поэтому максимальная крутизна уклонов ограничивается в зависимости от расчетной скорости.

Минимальные расстояния видимости и радиусы кривых в плане определяют и минимальные значения коэффициента сцепления шин с дорогой, который обеспечивает безопасные остановку и криволинейное движение на дороге (см. табл. П.3).

В процессе эксплуатации дороги скользкость покрытия изменяется в зависимости от погодных условий. Коэффициент сцепления шин с дорогой также уменьшается по мере износа дорожного покрытия. Одновременно происходит ухудшение ровности покрытия. В соответствии с ГОСТ Р 50597—93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения» дорожно-эксплуатационные организации должны устранять повышенную скользкость, поддерживать требуемую ширину проезжей части, в определенные сроки устранять повреждения дорожного покрытия и обочин. Вследствие недостаточной устойчивости земляного полотна дороги при увлажнении в весенний период вводятся ограничения на движение транспортного средства с нагрузкой на ось, превышающей допустимую. Эта мера способствует предотвращению разрушений дорожного покрытия.

Рассмотренные требования к параметрам дороги создают условия для безопасного движения автомобиля в свободных условиях. При увеличении интенсивности движения число автомобилей, проходящих на 1 км дороги, возрастает, что приводит к уменьшению дистанции между ними, т.е. к увеличению плотности потока. Изменение плотности транспортного потока изменяет условия движения.

Как характеристика качественного состояния транспортного потока используется понятие «уровень удобства движения». При низкой плотности потока условия движения *свободные* и водитель может выбирать скорость по своему усмотрению. По мере увеличения плотности потока находящиеся на дороге «медленные» транспортные средства периодически становятся помехами для «быстрых» автомобилей, т.е. режим движения оказывается *частично связанным*. По мере дальнейшего повышения плотности транспортного потока конфликт между «медленными» и «быстрыми» автомобилями усиливается, и режим движения становится *связанным*. Если автомобили в таком потоке еще имеют возможность двигаться с постоянной скоростью, то режим называется *связанным стационарным*. Продолжающееся повышение плотности транспортного потока приводит к тому, что ограниченность пространства, занимаемого автомобилем, вызывает не только снижение скорости, но и ее колебания. Такой режим называется *связанным нестационарным*. Следующий этап повышения плотности транспортного потока делает его насыщенным. Скорость постоянно изменяется, амплитуда колебаний скорости увеличивается. *Насыщенный режим движения* соответствует максимальной пропускной способности дороги. Дальнейшее увеличение плотности транспортного потока делает его *неустойчивым*. Периодически возникают остановки, заторы.

Уровень удобства движения влияет на безопасность и тип ДТП. В свободных условиях автомобили развивают высокие скорости.

Основная доля ДТП связана со съездом с дороги и опрокидыванием автомобиля. Уровень аварийности при этом остается невысоким. При частично связанных условиях скорость транспортного потока уменьшается и возникает необходимость в обгонах. В таких условиях аварийность растет и в основном происходят столкновения со встречными автомобилями при обгоне. При дальнейшем уплотнении транспортного потока скорость снижается еще больше, обгон становится практически невозможным. В этих условиях чаще всего происходят попутные столкновения из-за несоблюдения дистанции. Столкновения происходят на небольшой скорости и не приводят к тяжелым последствиям. Поэтому уровень аварийности снижается, но количество неучтенных ДТП растет. О данных выводах полезно помнить, планируя свои действия при движении в потоке.

Для иллюстрации оптимальных приемов управления автомобилем в дальнейшем использованы четыре учебных транспортных средства: автомобиль 1, автомобиль 2, автомобиль 3, автомобиль 4. Их свойства охватывают основные типоразмеры грузовых автомобилей, с которыми возможна встреча по окончании обучения. Основные параметры учебных автомобилей приведены в приложении (см. табл. П.4).

Профессиональная надежность водителя

1.1. Задачи управления автомобилем

Целенаправленные действия водителя для достижения определенных целей называются его деятельностью. Деятельность водителя направлена на перемещение его автомобиля из одной точки пространства в другую. В теории управления различают управление и регулирование. Под управлением понимается поиск и реализация оптимального способа достижения цели, под регулированием — изменение регулируемых параметров в соответствии с поставленной задачей. Возможна постановка следующих задач: перемещение из пункта X в пункт Y с максимальной возможной средней скоростью или перемещение из пункта X в пункт Y с оптимальной средней скоростью при минимально возможном расходе топлива.

Первой задаче соответствует модель поведения гонщика, который при любой возможности увеличивает скорость до максимально допустимой. Второй задаче соответствует модель поведения перевозчика, который стремится ехать наиболее равномерно со скоростью транспортного потока, реализуя экономичный алгоритм управления. Надежность управления автомобилем является условием достижения цели. Отметим, что при реализации модели гонщика надежность управления ниже, чем при реализации модели перевозчика. В то же время средняя скорость либо увеличивается незначительно, либо не растет совсем, потому что ее величина определяется плотностью транспортного потока, а не желаниями водителя.

Для управления автомобилем водителю необходима информация, которая характеризует состояние среды движения, среды в салоне автомобиля, состояние его систем и агрегатов, а также его (водителя) состояние. Перечень показателей, которые описывают требуемую водителю информацию, называется «информационной моделью процесса управления автомобилем» или кратко «информационной моделью автомобиля».

1.2. Получение водителем информации

Информация поступает к водителю посредством ощущений — отражения в сознании водителя отдельных свойств предметов и явлений среды движения автомобиля, состояния автомобиля и водителя. Процесс воздействия на органы чувств называется **раздражением**. Раздражитель воздействует на рецепторы (получатели информации), возникшее возбуждение по проводящим нервным путям передается в соответствующие отделы центральной нервной системы (ЦНС), в которых нервное (физиологическое) возбуждение переходит в явление психическое — **ощущение**. Нервно-физиологический аппарат получения ощущения называется **анализатором**. Получение информации из среды движения, среды в салоне автомобиля о состоянии автомобиля основано на действии группы анализаторов, в числе которой зрительный, слуховой, кожный (тактильный), мышечно-суставный (кинестезический), статико-акселерационный. К внутренним ощущениям относятся: бодрость или усталость, насыщение или голод, ощущение здоровья или болезненного состояния. Рецепторы анализаторов этих ощущений водителя расположены в его внутренних органах. Внутреннее ощущение проявляется как общее самочувствие и оказывает большое влияние на профессиональную надежность водителя.

Наибольшую часть информации водитель получает через зрительный анализатор. Его важность закреплена в широко известной пословице: «Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать». Через слуховой анализатор также поступает важная информация — звуковые сигналы других участников движения; информация, передаваемая для участников дорожного движения по радио; шумы, создаваемые автомобилем и позволяющие судить об исправности его агрегатов. Благодаря тактильному анализатору водитель может на ощупь определять органы управления. С помощью мышечно-суставного анализатора водитель без зрительного контроля находит необходимые органы управления и, плавно регулируя, изменяет их положение на необходимую величину. Не менее важным является ощущение характера изменения усилия при перемещении органов управления. Статико-акселерационный анализатор играет важную роль в определении штатности режима движения автомобиля, предотвращении потери устойчивости автомобиля при заносе, крене.

Чувствительность анализаторов изменяется в зависимости от внешних условий (освещенность, шум, вибрация, скорость), внутреннего состояния водителя (устомление, страх, опьянение), уровня его мастерства. При воздействии на водителя нескольких раздражителей одновременно проявляется следующая закономерность:

слабые раздражители увеличивают чувствительность к другим раздражителям, сильные — уменьшают ее. Поэтому тихий звук радиоприемника полезен, тогда как громкий звук мешает восприятию другой информации. По этой же причине вредно отвлекать водителя оживленным разговором.

Восприятие формируется на основе ощущений. В результате восприятия в сознании водителя отражаются свойства предметов и явлений в их взаимосвязи в виде единого образа. Например, в результате комплекса ощущений (зрительных, слуховых, кинестезических, акселерационных) у водителя формируются так называемые «чувство автомобиля», «чувство дороги», «чувство устойчивости (неустойчивости) автомобиля».

Рецепторы водителя испытывают воздействие большого числа источников информации. Одной из задач психической деятельности является отсечение ненужной и выделение полезной информации. Эта задача решается с помощью психических процессов, называемых вниманием.

Внимание — это сосредоточенное познание какого-либо объекта (явления) или действие с одновременным отвлечением от остального. Различают два вида внимания: *непроизвольное* (не зависящее от воли водителя) и *произвольное* (направляемое волевым усилием). Непроизвольное внимание направляется на объекты, явления, возникающие неожиданно: появление нового препятствия, ранее не видимого; занос автомобиля; резкое изменение шума, создаваемого автомобилем в результате неисправности, и т. п.

Произвольное внимание проявляется в выделении объектов (явлений), являющихся наиболее значимыми для решения поставленной задачи. Так, например, при движении по свободной дороге значимой является информация о положении автомобиля относительно дороги. При разезде со встречным автомобилем при сохранении значимости информации о положении своего автомобиля необходимо знать, представляет или не представляет опасность встречный автомобиль. Когда на пути встречается знак, ограничивающий скорость, к рассмотренным объектам внимания добавляется спидометр. При увеличении числа объектов внимания на надежность восприятия информации оказывают влияние такие свойства, как распределение и переключение внимания.

Распределение внимания — умение сосредотачивать внимание на нескольких анализаторах одновременно и выполнять при этом несколько действий. Например, при появлении препятствия водитель применил экстренное торможение, в результате которого начался занос автомобиля. Распределение внимания проявляется в том, что, продолжая наблюдать за препятствием и тормозить, водитель выполняет действия по стабилизации заноса, действуя педалями управления и рулевым колесом.

Переключение внимания — умение сосредотачивать внимание на нескольких объектах поочередно. Так, например, для считывания показаний приборов необходимо переключать внимание со среды движения на приборы и обратно. При нахождении на дороге нескольких объектов необходимо переключать внимание с одного объекта на другой по очереди.

Концентрация внимания — это умение длительное время сосредотачиваться на наиболее важных в данный момент объектах. С концентрацией внимания тесно связано свойство **устойчивости внимания**, которое характеризует умение сохранять **интенсивность** (напряжение) **внимания** в течение длительного времени.

Умение распределять, концентрировать и переключать внимание наиболее ярко проявляется в работе зрительного анализатора. Рассматривая этот вопрос, введем понятие **сенсорного поля** — пространства вне и внутри автомобиля, из которого водитель получает значимую для движения автомобиля информацию. Для сбора информации водитель сканирует сенсорное поле — переключает внимание, направляя взгляд на элементы дороги, препятствия, находящиеся на дороге и в околородожном пространстве, а также на других участников движения, приборы в кабине автомобиля, зеркало заднего обзора.

Для получения информации о сканируемых объектах взгляд должен быть зафиксирован на них в течение 0,2 с и более. Продолжительность фиксации взгляда зависит от значимости объекта наблюдения для безопасности, его видимости, скорости автомобиля. Чем более значим объект, тем большее время фиксации; чем выше скорость, тем время фиксации меньше. Зависимость времени фиксации $t_{\text{ф}}$ от скорости V_a для объектов разной значимости приведено на рис. 1.1.

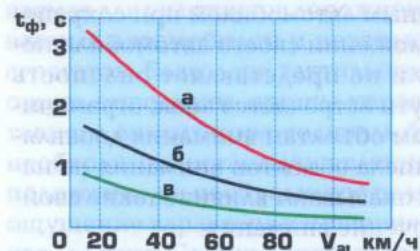


Рис. 1.1. Зависимость продолжительности фиксации взгляда водителя на объектах разной значимости от скорости:

- а — наиболее значимые объекты;
- б — объекты средней значимости;
- в — малозначимые объекты

на рис. 1.1. Если число объектов больше, чем водитель в состоянии просканировать за определенный промежуток времени, часть информации окажется потерянной, и это может стать причиной ДТП. Поэтому при пересечении, например, нерегулируемого пешеходного перехода безопасной окажется малая скорость, и она должна быть тем ниже, чем больше пешеходов находится вблизи перехода.

Водитель концентрирует внимание в определенной части пространства, как показано на рис. 1.2. Ограничение поля обзо-

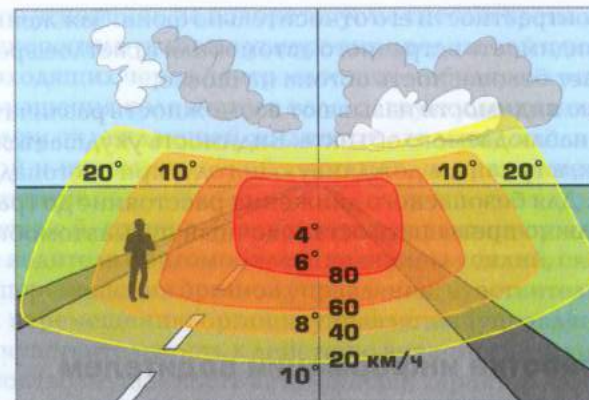


Рис. 1.2. Зависимость размеров поля концентрации внимания водителя от скорости движения автомобиля (км/ч)

ра происходит потому, что психика человека защищает себя от излишней информации, которая не может быть использована для управления. Поэтому расстояние до нижней границы поля обзора равно величине остановочного пути при торможении с максимальным замедлением, и если в более близкой зоне появится препятствие, произойдет наезд. Избежать его можно только одним способом — упреждать события. Для этого необходимо регулировать скорость таким образом, чтобы потенциальные препятствия были в поле обзора. Поле обзора захватывает справа и слева элементы дороги, в пределах которых возможно появление препятствий. С увеличением скорости нижняя граница поля обзора отодвигается. Поскольку ширина просматриваемой зоны остается постоянной с выносом вперед точки взора (точка пересечения линии взора с дорогой), угол обзора уменьшается. Поэтому поле обзора с увеличением скорости уменьшается, как показано на рис. 1.2.

От рассмотренного механизма уменьшения поля обзора по причине защиты психики от ненужной информации следует отличать явление сужения поля обзора вследствие неспособности водителя сканировать пространство движения. Причиной этого может быть высокая психическая напряженность, что свойственно неопытным водителям, а также состояние опьянения, заболевание.

Видимость называется возможность различать особенности окружающей обстановки. Зрительное восприятие объектов зависит от освещенности предметов и прозрачности воздушной среды. Видимость характеризуется дальностью и степенью видимости. Под **дальностью видимости** понимают минимальное расстояние, на котором рассматриваемый объект невозможно различить на фоне окружающих предметов. Дальность видимости зависит от яркости

объекта и контрастности его относительно фона. Зажженные фары улучшают видимость встречного автомобиля в светлое время суток, что повышает безопасность обгона на шоссе.

Степенью видимости называют возможность различать отдельные детали наблюдаемого объекта. Видимость ухудшается в темное время суток, в тумане, в дождливую погоду, при снегопаде, движении в пыли. Для безопасного движения расстояние до границы видимости должно превышать остановочный путь автомобиля.

1.3. Обработка информации водителем

Полученная водителем информация поступает в центральную нервную систему (ЦНС), где формируется общая картина движения, называемая «информационной моделью движения автомобиля». Информационная модель сопоставляется с опытом, хранимым в памяти. На основании этого сопоставления водитель формирует планы действия (рис. 1.3), выбирая тот, который по мнению водителя обеспечивает наилучшее решение задачи управления, и реализует его посредством перемещения органов управления. Результатом этого является изменение информационной модели движения автомобиля, и процесс повторяется. Для описания информационной модели используют несколько групп параметров.

К первой группе следует отнести параметры, характеризующие положение автомобиля относительно дороги и других участни-

ков движения: пройденный путь; интервалы между автомобилем и кромками твердого покрытия дороги; кривизну поворота дороги; расстояние до препятствий, перекрестков; расстояние видимости дороги; дистанции между находящимися впереди и сзади автомобилями; ровность и скользкость дорожного покрытия; состояние атмосферы.

Ко второй группе — параметры, характеризующие динамику движения автомобиля и работу его систем и агрегатов: скорость; ускорение разгона; замедление при торможении; цен-

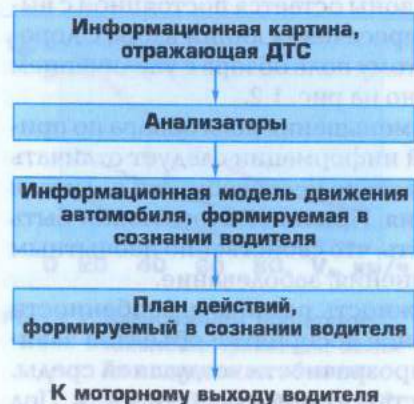


Рис. 1.3. Схема циркуляции информации при ее анализе водителем

троебное ускорение на повороте; углы сноса и крена автомобиля; угловые скорости и угловые ускорения продольной и вертикальной осей, проходящих через центр масс автомобиля; его устойчивость; частоту вращения коленчатого вала; загрузку двигателя; передачу; температуру охлаждающей жидкости; давление масла и воздуха в смазочной и пневматической системах; напряжение в бортовой электросистеме.

К третьей группе — параметры, характеризующие взаимодействие водителя с автомобилем: величины усилий, скорости и ускорений перемещения органов управления; чувствительность автомобиля к перемещению органов управления (управляемость автомобиля); чувствительность к действию внешних возмущающих сил и моментов (возмущаемость автомобиля); характер изменения усилия на органе управления при его перемещении (реактивность органа управления).

К четвертой группе — параметры, характеризующие состояние здоровья водителя: частоту сердечных сокращений (ЧСС); артериальное давление в кровеносной системе; частоту дыхания; объем вентиляции легких; температуру тела; время реакции.

Поступающая в ЦНС информация хранится в памяти. Благодаря ей происходит накопление опыта. Различают долговременную и оперативную (кратковременную) память. Объем оперативной памяти ограничен и составляет 7 ± 2 единиц запоминаемого материала. Переработка информации возможна на подсознательном (выработанные рефлексy) и бессознательном (врожденные рефлексy) уровнях. Результатом переработки информации является сигнал, который ЦНС посылает конечностям (рукам и ногам), которые выполняют моторное действие, перемещая органы управления автомобилем (рис. 1.4).

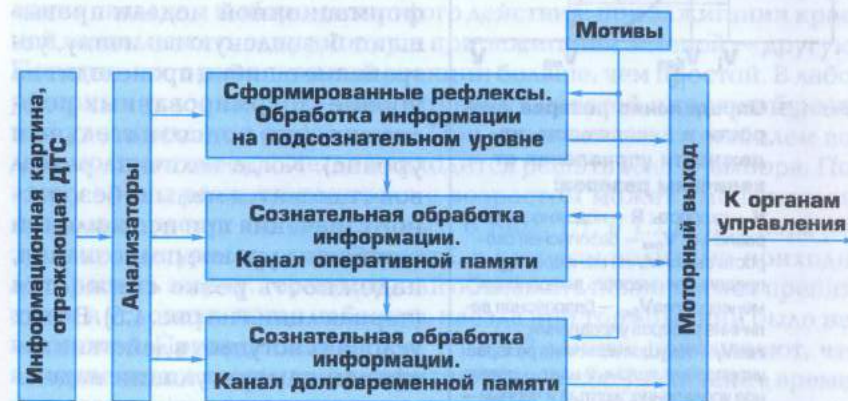


Рис. 1.4. Схема передачи и обработки информации водителем

На деятельность водителя существенное влияние оказывает мотивация — стимулы, подталкивающие его к деятельности. Различают положительную (стремление к цели) и отрицательную (стремление к избежанию опасности, неудачи в достижении цели) мотивацию. Положительная мотивация более эффективна, чем отрицательная.

План действий формируется в долговременной памяти на основании сопоставления поступившей информации с планами действий в аналогичных ситуациях, возникавших ранее, и представлениями водителя о предельных значениях параметров информационной модели.

Сопоставление текущих значений параметров информационной модели с предельными, при достижении которых задача не может быть решена, позволяет осуществить прогноз успешности выполнения плана действий.

Разница между текущим и предельным значениями параметра называется **резервом управления**. Когда текущее значение параметра информационной модели равно предельному, резерв управления равен нулю. При этом равна нулю и вероятность достижения цели управления. При увеличении резерва надежность управления повышается, и в тот момент, когда резерв управления станет равным безопасной величине, надежность управления приобретает значение единицы. Схема определения резервов скорости и зависимости надежности управления от скорости выполнения маневра показаны на рис. 1.5.

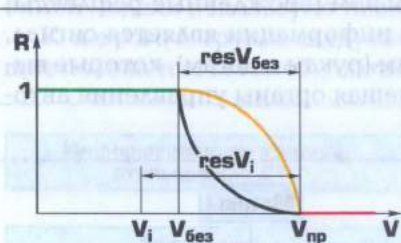


Рис. 1.5. Определение резерва скорости и зависимости надежности управления от величины резерва:

V — скорость; R — надежность управления; $V_{без}$ — безопасная скорость выполнения маневра; $V_{пр}$ — предельная скорость выполнения маневра; $resV_{без}$ — безопасная величина резерва управления; $resV_i$ — текущая величина резерва управления; зеленый цвет — надежное управление; желтый и черный — ненадежное управление; красный — управление в расчете на удачу

Наличие резервов — необходимое условие надежного управления автомобилем. Если текущие резервы по параметрам информационной модели превышают безопасную величину, устранение ошибки происходит на уровне сформированных рефлексов (на подсознательном уровне). Когда величина резервов становится меньше безопасного значения при исправлении ошибки на уровне подсознания, надежность резко снижается (черная линия на рис. 1.5). В этих условиях вступает в действие механизм саморегуляции надежности водителя, что проявляется в ощущении им психической

напряженности. При этом увеличивается частота сердечных сокращений, повышается артериальное давление крови, увеличиваются частота дыхания и объем вентиляции легких. Благодаря улучшению кровоснабжения мозга и мышц повышаются точность принимаемых решений, сокращается время реакции, повышаются скорость и точность перемещения органов управления. Как результат надежность управления снижается медленнее (желтая линия на рис. 1.5).

Изложенное позволяет разделить режимы движения автомобиля на штатные, в которых надежность управления равна единице, и нештатные, в которых управление становится ненадежным, так как вероятность достижения цели меньше единицы. Проведенный анализ показывает, что безопасность дорожного движения определяется профессиональной надежностью водителя — его умением не выходить за границы безопасности в любой дорожно-транспортной ситуации (ДТС).

1.4. Быстрота реакции водителя

Обработка информации требует определенного времени. Период между поступлением информации и ответным моторным действием называется «временем реакции». Различают простую и сложную реакции. Простая реакция состоит в выполнении единственно возможного моторного действия при появлении сигнала. Например, когда зажигается лампочка, необходимо нажать кнопку. Так, в частности, определяется минимально возможное время простой реакции на свет в лабораторных условиях. Сложная реакция связана с выбором ответного действия: при зажигании красной лампы нажать одну кнопку, а при зажигании зеленой — другую. Понятно, что время сложной реакции больше, чем простой. В лабораторных условиях получено, что время простой и сложной реакций увеличивается с возрастом. При управлении автомобилем водителю практически всегда приходится решать задачу выбора. Поэтому время реакции водителя с возрастом может уменьшаться, поскольку растут его стаж и опыт. В табл. 1.1 и 1.2 приведены результаты натурного эксперимента, в котором водителю приходилось решать задачу: тормозить или объезжать появившееся препятствие в условиях, когда избежать наезда при торможении было невозможно. Приведенные в табл. 1.1 и 1.2 данные показывают, что влияние опыта компенсирует физиологическое увеличение времени реакции, что позволяет создать резерв времени реакции $res\tau$ и повысить профессиональную надежность водителя.

Таблица 1.1. ВРЕМЯ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ
ТОРМОЗИТЬ $\tau_{тр}$ ИЛИ ОБЪЕЗЖАТЬ ПРЕПЯТСТВИЕ $\tau_{об}$
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОДИТЕЛЬСКОГО СТАЖА

Стаж, лет	$\tau_{тр}, c$	$\tau_{об}, c$
0...5	1,07	1,45
5...10	0,94	1,24
10...15	0,85	1,13
15...20	0,79	1,06
20...25	0,75	1,02

Таблица 1.2. ВРЕМЯ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ
ТОРМОЗИТЬ $\tau_{тр}$ ИЛИ ОБЪЕЗЖАТЬ ПРЕПЯТСТВИЕ $\tau_{об}$
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА ВОДИТЕЛЯ

Возраст, лет	$\tau_{тр}, c$	$\tau_{об}, c$
18...20	1,13	1,57
20...30	1,01	1,34
30...40	0,88	1,18
40...50	0,76	1,01
50...60	0,70	1,03

Снижение времени реакции с увеличением стажа связано с повышением точности прогноза развития ДТС. Поэтому в случае неожиданного изменения ситуации опытный водитель может сократить время реакции за счет того, что предвидит ход ее развития. В табл. 1.3 приведены данные о времени реакции на ожидаемый и неожиданный сигналы торможения и величине возникшего резерва $res \tau$ (с).

Заметное влияние на время реакции водителя τ оказывает интенсивность дорожного движения. Такое влияние показано на рис. 1.6. При низкой интенсивности водитель работает в условиях недостат-

Таблица 1.3. ВРЕМЯ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ НА ОЖИДАЕМЫЙ
И НЕОЖИДАТЕЛЬНЫЙ СИГНАЛЫ ТОРМОЖЕНИЯ
АВТОМОБИЛЯ-ЛИДЕРА

Параметр	Время реакции τ , с, на сигнал	
	ожидаемый	неожиданный
Среднее значение	0,54	0,73
Диапазон изменения времени реакции 85 % водителей	0,4...0,8	0,5...1,1
Величина реакции 10 % водителей	—	Более 1,5
Максимальное время реакции водителя	—	2,0

ка информации, испытывая «сенсорный голод». Это вызывает увеличение времени реакции. При интенсивности движения от 100 до 200 авт./ч число объектов в поле обзора оптимальное, и время реакции минимальное. При дальнейшем увеличении интенсивности движения возрастает и число объектов, находящихся в поле обзора. При этом водитель не успевает переключать свое внимание с одного объекта на другой, поэтому время реакции увеличивается.

Время простой реакции водителя зависит от вида раздражителя. В табл. 1.4. приведены данные о времени реакции на поступление информации через разные анализаторы. Использование других анализаторов, кроме зрительного, повышает профессиональную надежность водителя в нештатных ДТС.

Так, кинестезический раздражитель вызывает реакцию быстрее зрительного. Кроме того, при действии на автомобиль, например, поперечной силы автомобиль начинает смещаться в сторону действия силы. Через зрительный анализатор водитель заметит это только после того, как смещение достигнет величины порога различения, на что потребуется время. Поэтому для зрительного анализатора время реагирования водителя на смещение автомобиля будет равно сумме времени достижения раздражителем пороговой величины и времени реакции на раздражитель.

Через кинестезический анализатор водитель сразу же ощущает действие поперечной силы в виде повышения усилия на рулевом колесе и спустя время, равное времени реакции, поворачивает рулевое колесо против действия поперечной силы.

Аналогичным образом развиваются события при заносе, если нет ощущения углового ускорения, что свойственно неопытным водителям. В этом случае водитель замечает занос только после

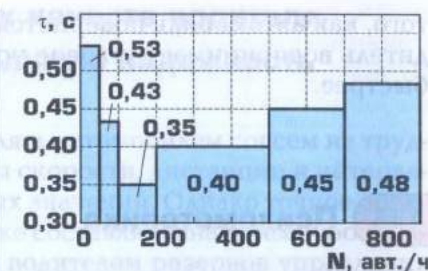


Рис. 1.6. Влияние интенсивности движения транспортного потока N на время реакции водителя τ

Таблица 1.4. ВРЕМЯ ПРОСТОЙ РЕАКЦИИ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ
ИНФОРМАЦИИ ЧЕРЕЗ РАЗЛИЧНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ

Анализатор	Время реакции τ , с
Зрительный	0,15...0,22
Слуховой	0,12...0,18
Тактильный, кинестезический	0,09...0,22
Вестибулярный	0,40...0,60

того, как автомобиль повернется на значительный угол. Если водитель воспринимает угловое ускорение, он реагирует на занос быстрее.

1.5. Психомоторика

Всякая психическая деятельность завершается мышечным движением — моторным действием. Психомоторика — это связь психических процессов (ощущение, восприятие, мышление и т. п.) с мышечным движением. В каждом рабочем движении существуют три составляющие: физиологическая — восприятие раздражителя и раздражение нервной системы, психологическая — возбуждение двигательных или психомоторных центров ЦНС, механическая — сокращение мышц и перемещение конечностей как конечный элемент проявления психики человека.

Пространство, в котором размещаются органы управления автомобилем, называется «моторным полем». Особенностью управления автомобилем является невозможность разделения сенсорного (связанного с ощущениями) и моторного (двигательного) моментов. Такой процесс называется сенсомоторным.

Различают три формы сенсомоторной реакции: простую, сложную, сенсомоторную координацию. Сенсомоторная координация характерна для процессов слежения за параметрами плана действий при регулировании скорости, замедления и траектории автомобиля. Скоординированные движения педалей управления, рулевым колесом характеризуют высокую степень навыка, при котором восприятие изменений в сенсорном поле и координация движений представляют непрерывный единый процесс автоматизированной деятельности. При этом правильность моторного действия корректируется (с помощью обратной связи) восприятием его результатов.

Высокий уровень сенсомоторной координации обеспечивает точное выполнение плана действий в штатных ДТС. Еще больше возрастает роль сенсомоторной координации при возникновении нештатных ДТС. Уровень сенсомоторной координации определяет надежность выхода из нештатных ДТС. С высоким уровнем сенсомоторной координации связано также возникновение у водителя «чувства автомобиля». Это чувство не обеспечивает высокой надежности водителя, но является одной из ее составляющих. Высокая профессиональная надежность водителя связана с его умением не попадать в нештатные ДТС. Это умение в значительной мере зависит от личностных качеств водителя.

1.6. Влияние личностных качеств водителя на его профессиональную надежность

Теоретически надежно управлять автомобилем совсем не трудно — необходимо, чтобы резервы скорости, дистанции и интервала всегда были больше безопасных значений. Однако точное определение этих значений на практике составляет значительную трудность. На точность определения водителем резервов управления влияет выбираемая им модель поведения. При выборе модели гонщика водитель допускает систематическую ошибку в сторону завышения реальных резервов управления и регулярно попадает в нештатные ситуации. Большое влияние на выбор модели поведения и характер ошибок при оценке величины резервов оказывают личностные характеристики (черты характера) водителя. На рис. 1.7 приведен набор парных черт характера, оказывающих противоположные влияния на надежность водителя. Чтобы стать надежным води-



Рис. 1.7. Влияние черт характера водителя на надежность его управления автомобилем

телем, полезно знать отрицательные стороны своего характера и принимать меры к их компенсации соответствующим поведением. Познавать себя можно с помощью разработанных тестов профессионального отбора.

1.7. Влияние на надежность водителя утомления, состояния здоровья, алкоголя

Надежность водителя определяется его умением выбирать безопасные режимы движения, точно реализовывать выбранный план действий, а в случае возникновения нештатных ДТС выходить из них с максимально возможной надежностью. Эти навыки и умения водителя формируются в процессе обучения и в течение последующего периода приобретения опыта. Однако они не остаются постоянными даже в течение дня. Нестабильность профессионального мастерства водителя связана с тем, что психофизиологическое состояние человека характеризуется наличием периодов пониженной и оптимальной работоспособности. Кривая работоспособности в течение рабочего дня K_p , приведенная на рис. 1.8, а, отражает наличие трех фаз: вработывания, устойчивой работоспособности и падения работоспособности в результате утомления. При этом ход кривой работоспособности до обеда повторяется и после обеденного перерыва. Для первой фазы характерна нарастающая работоспособность, причем длительность этого периода вработывания (вхождения в работу) может увеличиваться при недостаточном отдыхе, болезненном состоянии и др. Вторая фаза соответствует устойчивой (оптимальной) работоспособности, а третья фаза — снижающейся работоспособности — отражает состояние утомления, которое приостанавливается перерывом на обед. Уровень оптимальной работоспособности водителя во второй половине рабочего дня несколько ниже, чем в первой, но соотношение фаз повторяется. При этом фазы вработывания и устойчивой работоспособности сокращаются, а фаза снижения работоспособности наступает раньше. Периоды пониженной работоспособности являются периодами пониженной надежности водителя. На это указывает ход кривой коэффициента аварийности¹ $K_{ав}$ вероятности ДТП на рис. 1.8, а, являющейся зеркальным отражением кривой работоспособности. Аналогичная картина наблюдается и для кривой работоспособности в течение недели (рис. 1.8, б). Первые дни недели после отды-

¹ Коэффициент аварийности $K_{ав}$ — отношение числа ДТП в i -й час (день) работы к наименьшему числу ДТП в течение часа (дня) работы.

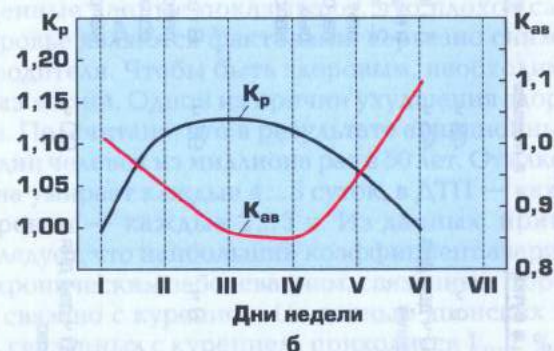
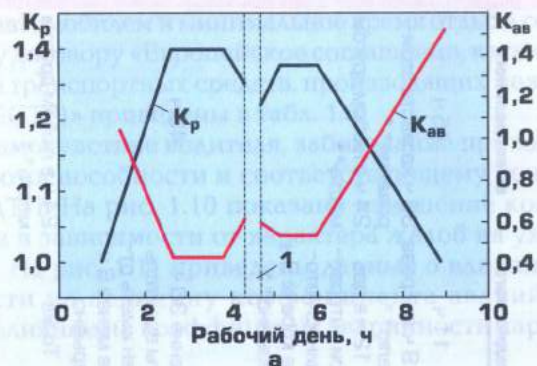


Рис. 1.8. Изменение относительного показателя работоспособности водителя K_p и коэффициента аварийности $K_{ав}$ от времени работы:

а — в течение рабочего дня; 1 — обеденный перерыв; б — в течение недели

ха идет период вработывания. В среду, четверг (III, IV) работоспособность достигает оптимума, далее отмечается ее снижение. Кривая коэффициента $K_{ав}$ вероятности ДТП является зеркальным отражением кривой работоспособности.

При увеличении времени управления автомобилем свыше 7 ч как следствие развития утомления начинает быстро прогрессировать процесс снижения надежности водителя (рис. 1.9). Несомненно важность соблюдения водителем режима труда и отдыха. Допустимая продолжительность

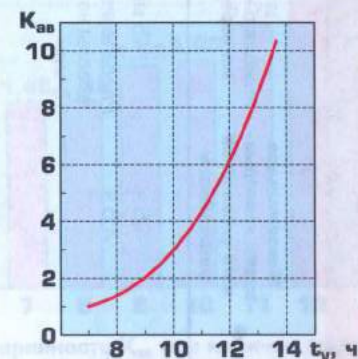


Рис. 1.9. Изменение коэффициента аварийности $K_{ав}$ в зависимости от продолжительности управления автомобилем t_y

Число водителей	Максимальное время непрерывного управления автомобилем	Минимальное время перерыва	Максимальное время управления автомобилем		Минимальное время отдыха*
			в сутки	в неделю	ежедневного
1 водитель: норма допускается	4,5 ч	45 мин	9 ч	45 ч	11 ч
	4,5 ч	Разделение на интервалы не короче 15 мин	По 10 ч два дня в неделю	45 ч	1. По 9 ч три раза в неделю** 2. По 12 ч в два или три интервала, один из которых не короче 8 ч непрерывно**
2 водителя и более: норма допускается	4,5 ч	45 мин	9 ч	90 ч	36 ч на месте базирования** 24 ч в любом другом месте**
	4,5 ч	Разделение на интервалы не короче 15 мин	По 10 ч два дня в неделю	90 ч	В течение 30 ч работы водитель должен иметь отдых не менее 8 ч непрерывно
					24 ч в любом другом месте**

* Использовать спальное место для отдыха в кабине автомобиля можно только на стоянке.

** Сокращение продолжительности отдыха по сравнению с нормой компенсируется его увеличением в конце недели.

управления автомобилем и минимальное время отдыха согласно международному договору «Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные перевозки (ЕСТР)» приведены в табл. 1.5.

Плохое самочувствие водителя, заболевание приводят к снижению его работоспособности и соответствующему повышению вероятности ДТП. На рис. 1.10 показано изменение коэффициента аварийности в зависимости от характера жалоб на ухудшение самочувствия. На рис. 1.11 приведены данные о влиянии уровня заболеваемости на величину коэффициента аварийности, а на рис. 1.12 — влияние на коэффициент аварийности характера заболевания.

Приведенные данные показывают, что плохое самочувствие, слабое здоровье являются факторами, серьезно снижающими надежность водителя. Чтобы быть здоровым, необходимо вести здоровый образ жизни. Одной из причин ухудшения здоровья является курение. Подсчитано, что в результате авиационных катастроф погибает один человек из миллиона раз в 50 лет. От алкоголя — один из миллиона умирает каждые 4...5 суток, в ДТП — каждые 2...3 суток, от курения — каждые 2...3 ч. Из данных, приведенных на рис. 1.12, следует, что наибольший коэффициент аварийности соответствует хроническим заболеваниям, связанным с бронхами, а это напрямую связано с курением. По данным японских экспертов на долю ДТП, связанных с курением, приходится 1...2 %, а по данным французских специалистов этот показатель достигает 5 %. Резуль-



Рис. 1.10. Изменение коэффициента аварийности $K_{ав}$ при наличии жалоб на самочувствие:

1 — отсутствие жалоб (величина $K_{ав}$ при отсутствии жалоб в течение трех лет, принятая за единицу); 2 — слабость; 3 — затруднено засыпание, раннее просыпание; 4 — головокружение; 5 — тревожные сновидения; 6 — «песок» в глазах; 7 — сухость во рту; 8 — головная боль; 9 — сонливость; 10 — снижение внимания; 11 — раздражительность; 12 — рассеянность



Рис. 1.11. Зависимость коэффициента аварийности $K_{ав}$ от длительности нетрудоспособности за год $t_{нтрс}$ (показатель нетрудоспособности от 1 до 3 суток в год принят за единицу)

таты лабораторных экспериментов с целью оценки надежности курящих и некурящих водителей приведена на рис. 1.13. Из приведенных данных следует, что надежность курящих водителей после 2 ч работы резко ухудшилась, что в свете изложенного выше можно объяснить более низким уровнем здоровья.

Алкоголь в сильной степени влияет на надежность водителя. Около 20 % ДТП совершают водители, находящиеся в состоянии алкогольного опьянения. Указанные ДТП характеризуются наиболее тяжелыми последствиями. Так, в США 70 % водителей, погибших в ДТП в последние годы, находились в нетрезвом состоянии. Опасность употребления алкоголя связана с тем, что после приема даже небольших доз алкоголя снижается устойчивость и интенсивность внимания, замедляется его переключение, сужается поле зрения, нарушаются процессы мышления и памяти, увеличивается время реакции. В результате снижается точность и скорость приема и пе-

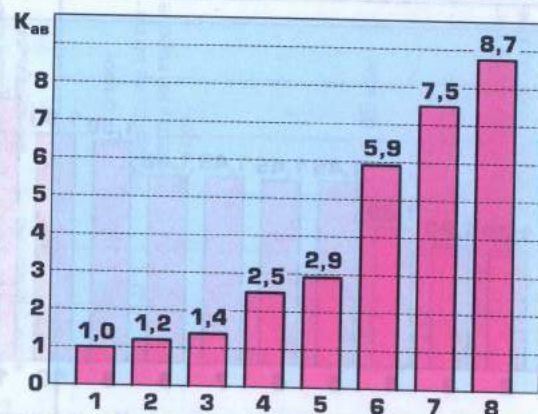


Рис. 1.12. Изменение коэффициента аварийности $K_{ав}$ при разных заболеваниях:

1 — отсутствие заболеваний (величина $K_{ав}$ при отсутствии заболевания принята за единицу); 2 — сердечно-сосудистые заболевания; 3 — хронические гастриты; 4 — перетонические болезни; 5 — радикулиты, люмбаго, люмбагия; 6 — язвенная болезнь; 7 — неврозы; 8 — хронические заболевания бронхов

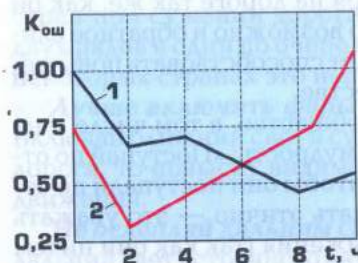


Рис. 1.13. Зависимость относительного показателя числа ошибок $K_{ош}$ от времени t при исследовании сложных сенсомоторных реакций:

1 — некурящие водители;
2 — курящие водители

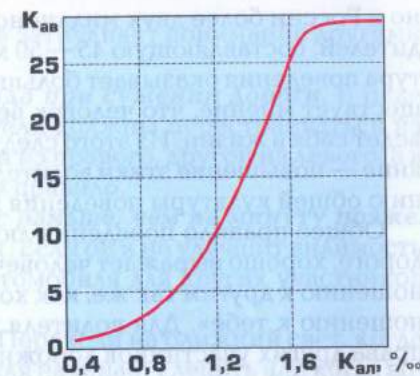


Рис. 1.14. Зависимость коэффициента аварийности $K_{ав}$ от концентрации алкоголя в крови $K_{ал}$

реработки информации. Нарушение координации движений ухудшает точность выполнения плана действий.

Однако самым опасным является не критическое отношение пьяного к своему состоянию, переоценка своих возможностей, желание продемонстрировать свое «мастерство». Пьяный за рулем намного опаснее, чем больной водитель или водитель в состоянии выраженного утомления, который в этих случаях понимает, что его возможности ограничены, и снижает скорость, начинает раньше тормозить, становится более внимательным и осторожным. У пьяного водителя, наоборот, появляется чувство самоуверенности, «пьяному море по колено». В результате пьяный водитель при анализе ДТС завышает резервы управления, принимая нештатную ситуацию за безопасную, и тем самым резко увеличивает опасность ДТП. Зависимость коэффициента аварийности $K_{ав}$ от концентрации алкоголя в крови $K_{ал}$ показана на рис. 1.14.

1.8. Этика водителя

Нормы поведения, мораль, совокупность нравственных правил среди членов какой-нибудь общественной группы, профессии называется «этикой». Профессия водителя самая массовая. Ежегод-

но в России более двух миллионов человек вливаются в армию водителей, составляющую 45—50 млн человек. Поэтому общая культура поведения оказывает большое влияние на этику водителя. Существует мнение, что человек ведет себя на дороге так же, как он ведет себя в жизни. Из этого следует, что возможно и обратное влияние — повышение этики водителей будет способствовать повышению общей культуры поведения в обществе.

Общее правило поведения людей в обществе, в том числе и на дороге, хорошо выражает человеческая мудрость: «Поступай по отношению к другим так же, как хочешь, чтобы они поступали по отношению к тебе». Для водителя поступать этично — это уважать права других участников дорожного движения (так как они ничем не хуже вас), доброжелательно относиться к их возможным ошибкам (вы тоже не застрахованы от ошибок) и помогать им исправлять допущенные ошибки. Этичное поведение естественным образом соответствует выполнению Правил дорожного движения. Основой этики водителя прежде всего является разумное поведение (представьте себе на мгновение, что каждый водитель решает сам, ездить ему по правой или по левой стороне). Этичность, доброжелательность поведения проявляется в ДТС. Рассматривая наиболее типичные из ДТС, отметим элементарные правила этики.

Паркуясь, помни о других. В этом правиле заложено уважительное отношение к тем, кто проезжает мимо и кому тоже может потребоваться остановиться. Старайся занять меньше места на дороге.

Соблюдай рядность. Выполнение данного правила способствует повышению эффективности использования площади дороги. Когда автомобиль при движении одной стороной находится в одном ряду, а другой стороной — в соседнем ряду, один занимает площадь, на которой могли бы разместиться два автомобиля, т.е. мешает более быстрым машинам опередить его, заставляет их перестраиваться.

Помогай выехать на дорогу из боковых проездов. На примыканиях к многополосной дороге стоят автомобили. Если движущийся автомобиль перестроится во второй ряд, стоящие автомобили смогут выехать на первую полосу.

Плотный поток медленно течет мимо автомобиля, стоящего в боковом проезде в ожидании разрыва в потоке. Если автомобиль в первом ряду притормозит на несколько секунд, этого будет достаточно, чтобы ожидающий автомобиль встроился в поток.

Помогай обгонять. Обгоняемый видит то, чего не видит обгоняющий. Если дорога свободна, покажи это включением сигнала правого поворота, если нет, то предупреди включением левого поворота. На дороге с укрепленной обочиной прими правее.

Будь понятен другим. Информировуй других участников движения о своих маневрах заранее. Не перестраивайся резко и не затя-

гивай перестроение. И то и другое затрудняет понимание другими водителями твоих действий.

Соблюдай очередность проезда при сужении дороги. В ряде стран при сужении дороги водители должны перестраиваться из двух рядов в один по очереди: один из правого, другой из левого, а в некоторых странах это неписаное правило.

Лучше включить фары на час раньше, чем на минуту позже. Включай ближний свет в сумерках. Если он и не улучшит видимость дороги, то повысит видимость автомобиля для других участников движения.

Не ослепляй дальним светом. Переходи на ближний свет, когда дальний свет встречного автомобиля начинает слепить или когда водитель встречного автомобиля перейдет на ближний свет.

При одновременном приближении к вершине подъема со встречным автомобилем переходи на ближний свет чуть раньше, чем станут видны его фары.

При следовании за автомобилем-лидером включай ближний свет, чтобы не слепить водителя через зеркало заднего обзора.

При обгоне включай дальний свет в тот момент, когда поравняешься с обгоняемым автомобилем. Если обгоняют тебя, выключай дальний свет как только обгоняющий включит его.

При остановке автомобиля перейди на габаритный свет. Это улучшит видимость дороги водителями встречных автомобилей и будет для них сигналом о том, что ваш автомобиль стоит.

Пропускай пешеходов на нерегулируемых перекрестках и при поворотах на них. Этого требуют Правила, не следует забывать, что все мы водители и пешеходы одновременно.

1.9. Автомобильная культура

При рассмотрении составляющих мастерства водителя уместна аналогия с мастерством футбольного вратаря. Надежный вратарь тот, кто, владея всем арсеналом приемов вратаря, умеет в нужный момент выбирать именно то место, куда летит мяч. И, наоборот, вратарь, который непрерывно демонстрирует акробатические прыжки, ненадежен.

Аналогичным образом мастер вождения заранее изменяет скорость и траекторию движения так, чтобы не возникла необходимость в экстренном торможении, тогда как его антипод непрерывно создает конфликтные ситуации, резко разгоняясь, тормозя и перестраиваясь из ряда в ряд. Такой стиль вождения ведет к ДТП. Его порождают две основные причины: низкое мастерство вождения, объективная потребность ощутить удовольствие от скорости.

Разрешить противоречие между этой потребностью и безопасностью можно только одним способом — заниматься скоростной ездой на закрытых трассах и площадках. По аналогии с понятием «физическая культура» тренировки в вождении автомобиля в критических ситуациях можно назвать «автомобильной культурой». К сожалению, сегодня существуют только первые ростки автомобильной культуры в виде немногочисленных школ повышения мастерства вождения в экстремальных условиях.

Контрольные вопросы

1. Что называется «деятельностью водителя»?
2. Какие задачи управления автомобилем вы знаете?
3. Что называется «ощущением»?
4. Что называется «анализатором»?
5. Назовите группы анализаторов.
6. Что такое «восприятие»?
7. Какие виды внимания вам известны?
8. Что называется «информационной моделью движения автомобиля»?
9. Что называется «планом действий водителя»?
10. Что называется «резервом управления»?
11. Что называется «штатным» и «нештатным» режимом движения?
12. Что называется «временем реакции водителя»?
13. Чем различаются простая и сложная реакции водителя?
14. Какие черты характера оказывают положительное, а какие отрицательное влияние на профессиональную надежность водителя?
15. Как изменяются кривые работоспособности и аварийности в течение рабочего дня, недели?
16. Как влияет уровень здоровья водителя на его профессиональную надежность?
17. Как влияют курение и алкоголь на профессиональную надежность водителя?
18. В чем заключается этичное поведение водителя в дорожном движении?
19. Что можно назвать «автомобильной культурой»?

Глава 2

Транспортное средство

2.1. Механика движения автомобиля

Автомобиль является сложным объектом управления. Его реакция на поворот рулевого колеса изменяется при изменении скорости, поперечного ускорения, тяговой и тормозной сил, коэффициента сцепления шин с дорогой, нагрузки автомобиля. 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 автомобиля.

Крутящий момент, создаваемый на валу двигателя, с помощью трансмиссии преобразуется в тяговую силу P_t на колесе, которая необходима для преодоления сопротивлений движению автомобиля. 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 автомобиля. Между величиной P_k , N , и весом автомобиля G_a существует зависимость

$$P_k = f G_a \cos \alpha, \quad (2.1)$$

где f — коэффициент сопротивления качению; G_a — вес автомобиля, N ; α — угол продольного уклона дороги, °.

Значения коэффициента сопротивления качению для разных типов дорожного покрытия приведены в табл. 2.1

Сила сопротивления подъему $P_{\text{п}}$, N , зависит от веса автомобиля G_a и величины продольного уклона дороги:

$$P_{\text{п}} = G_a \sin \alpha = G_a i, \quad (2.2)$$

где i — продольный уклон, %.

Таблица 2.1. СРЕДНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ f ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Тип покрытия и его состояние	f
Асфальтобетонное и цементобетонное покрытие 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
Булыжная дорога в хорошем состоянии	0,025...0,030
Грунтовая дорога сухая укатанная	0,025...0,030
То же, после дождя	0,050...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

При движении на подъеме величина P_{Π} положительная, на спуске — отрицательная (помогает движению автомобиля).

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

$$P_{\text{в}} = k_{\text{в}} F_{\text{в}} V_{\text{в}}^2 / 13, \quad (2.3)$$

где $k_{\text{в}}$ — коэффициент обтекаемости, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$; $F_{\text{в}}$ — лобовая площадь автомобиля, м^2 ; $V_{\text{в}}$ — «воздушная» скорость, км/ч .

Большегрузные автопоезда имеют закрытые тентом платформы, увеличивающие $F_{\text{в}}$, но уменьшающие $k_{\text{в}}$. Установки на крыше кабины спойлера позволяет уменьшить $k_{\text{в}}$ на 10...15%. В табл. 2.2 приве-

Таблица 2.2. СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОБТЕКАЕМОСТИ $k_{\text{в}}$, ЛОБОВОЙ ПЛОЩАДИ $F_{\text{в}}$ И ФАКТОРА ОБТЕКАЕМОСТИ ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Тип автомобиля	$k_{\text{в}}$, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$	$F_{\text{в}}$, м^2	$k_{\text{в}} F_{\text{в}}$, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$
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	1,80...3,30
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...0,65	3,5...7,0	1,90...4,50
Автопоезда	0,85...0,95	8,0...8,5	6,80...8,00

дены значения $k_{\text{в}}$, $F_{\text{в}}$ и их произведения, называемого «фактором обтекаемости», для разных типов автомобилей.

Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату воздушной скорости $V_{\text{в}}$. При отсутствии ветра она равна скорости автомобиля $V_{\text{а}}$. При наличии встречного ветра воздушная скорость $V_{\text{в}}$ равна сумме скоростей автомобиля $V_{\text{а}}$ и ветра $W_{\text{в}}$, при попутном ветре — их разности. Автомобили, имеющие большую величину фактора обтекаемости $k_{\text{в}} F_{\text{в}}$, очень чувствительны по расходу топлива к изменению воздушной скорости $V_{\text{в}}$. Это следует учитывать и выбирать скорость автомобиля на участках свободного движения с учетом скорости и направления ветра.

Сила инерции автомобиля $P_{\text{и}}$, Н, пропорциональна массе автомобиля $M_{\text{а}}$ и продольному ускорению j_{x} :

$$P_{\text{и}} = k_j M_{\text{а}} j_{\text{x}}, \quad (2.4)$$

где k_j — коэффициент, учитывающий влияние вращающихся деталей (масс) автомобиля; $M_{\text{а}}$ — масса автомобиля, кг; j_{x} — ускорение автомобиля, м/с^2 .

Величина k_j пропорциональна квадрату передаточного отношения трансмиссии i :

$$k_j = 1 + j_{\text{x}} \delta_{\text{а}} i^2, \quad (2.5)$$

где $\delta_{\text{а}} = 0,04...0,09$ — коэффициент пропорциональности моменту инерции вращающихся масс (маховик, шестерни колеса).

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

Прямолинейное движение. Рассмотренные выше силы сопротивления движению автомобиля действуют на него при прямолинейном движении. Для их преодоления к ведущим колесам подводится тяговая сила $P_{\text{т}}$, создаваемая двигателем, которая равна сумме сил сопротивления движению автомобиля:

$$P_{\text{т}} = P_{\text{к}} \pm P_{\text{п}} + P_{\text{в}} + P_{\text{и}}, \quad (2.6)$$

Если присоединить к автомобилю прицеп, он создаст дополнительное сопротивление $P_{\text{пр}}$, которое будет равно сумме сопротивлений $P_{\text{к}}$, $P_{\text{п}}$, $P_{\text{и}}$ прицепа. Уравнение (2.6) для автомобиля с прицепом примет вид:

$$P_{\text{т}} = P_{\text{к}} \pm P_{\text{п}} + P_{\text{в}} + P_{\text{и}} + P_{\text{пр}}, \quad (2.7)$$

Схема сил, действующих на автомобиль при движении, приведена на рис. 2.1. Чтобы преодолеть силы сопротивления движению, между колесом и дорогой должна возникнуть реакция $R_{\text{г}}$. Величина

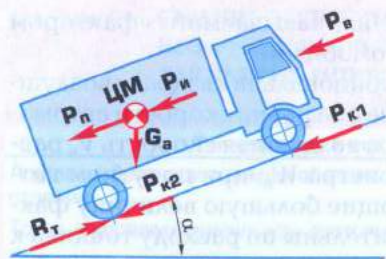


Рис. 2.1. Силы, действующие на автомобиль при движении:

R_T — тяговая реакция между ведущими колесами и дорогой; P_{k1}, P_{k2} — силы сопротивления качению передних и задних колес соответственно; P_a — сила сопротивления воздуха; $P_и$ — сила инерции; G_a — сила тяжести автомобиля

тяговой реакции R_T , H , не может быть больше силы сцепления ведущих колес с дорогой $P_{сц}$:

$$P_T = R_T \leq P_{сц} = \varphi G_B, \quad (2.8)$$

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

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 φ для разных дорожных условий приведены в табл. 2.3.

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 автомобиля возникает подъемная гидродинамическая сила, и колесо как бы «всплывает» над дорогой на «водяной подушке», теряя частично (рис. 2.2, б) или полностью (рис. 2.2, в) контакт с дорогой.

Таблица 2.3. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ СЦЕПЛЕНИЯ φ ШИН С ДОРОГОЙ ДЛЯ РАЗНЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ

Тип покрытия	Состояние покрытия	
	сухое	мокрое
Асфальтобетонное и цементобетонное покрытие	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	

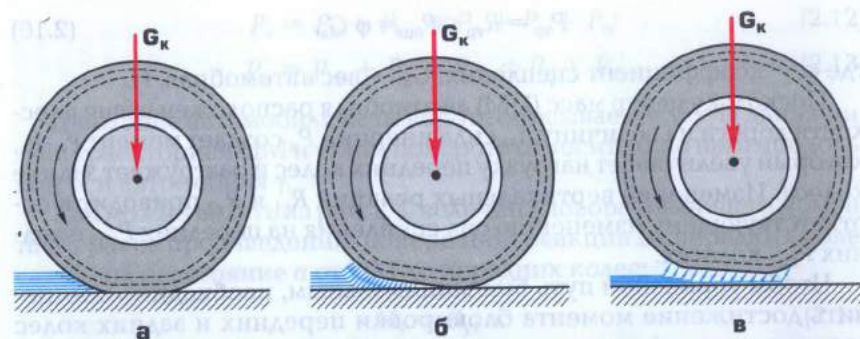


Рис. 2.2. Схема возникновения аквапланирования колеса:

а — вода из пятна контакта удалена через канавки на протекторе шины; б — вода полностью не успевает удалиться из пятна контакта, и передняя часть колеса «всплывает» на «водяной подушке»; в — шина, полностью потерявшая контакт с дорогой; G_K — сила тяжести, приходящаяся на одно колесо

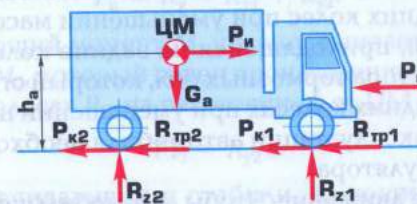


Рис. 2.3. Силы, действующие на автомобиль при торможении:

$R_{тр1}, R_{тр2}$ — тормозные реакции между колесами передней и задней осей и дорогой соответственно; P_{k1}, P_{k2} — силы сопротивления качению передних и задних колес соответственно; P_a — сила сопротивления воздуха; $P_и$ — сила инерции; G_a — сила тяжести автомобиля; R_{z1}, R_{z2} — вертикальные реакции на передних и задних колесах соответственно; $ЦМ$ — центр масс автомобиля; h_a — высота $ЦМ$

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. 2.3) на колеса действует тормозная сила $P_{тр}$, которая создает тормозную реакцию между колесами и дорогой $R_{тр}$. Реакция $R_{тр}$ складывается с $P_k, P_и, P_a$ и вызывает замедление автомобиля.

Силой, препятствующей замедлению автомобиля, является сила инерции автомобиля $P_и$, которая равна сумме сил сопротивления движению:

$$P_и = P_{тр} + P_k \pm P_и + P_a. \quad (2.9)$$

Величина реакции торможения $R_{тр}$, H , между колесами и дорогой не может превысить силы сцепления $P_{сц}$:

$$P_{\text{тр}} = R_{\text{тр}} \leq P_{\text{сц}} = \varphi G_a \quad (2.10)$$

где φ — коэффициент сцепления; G_a — вес автомобиля, Н.

Поскольку центр масс (ЦМ) автомобиля расположен выше плоскости дороги на величину h_a , сила инерции $P_{\text{и}}$ создает момент $P_{\text{и}} \cdot h_a$, 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 $P_{\text{сц1}}$ и задних $P_{\text{сц2}}$ колесах.

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. на с. 71 п. «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 автомобиля 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 автомобиля необходимо следить за исправностью регулятора.

Криволинейное движение. Чтобы автомобиль перешел от прямолинейного движения к криволинейному, к нему необходимо приложить поворачивающий момент. Момент создается поворотом управляемых колес на угол θ (рис. 2.4), при этом колеса становятся своего рода преградой на пути прямолинейного движения автомобиля. А так как движение автомобиля направлено по прямой, возникает сила инерции, которая «давит» на «преграду». Соппротивление «преграды» и является реакцией между повернутыми колесами и дорогой — $R_{\text{к.л}}$. Эта реакция может быть заменена двумя составляющими, одна из которых действует в плоскости вращения колеса и является дополнительной силой сопротивления качению при криволинейном движении $P_{\text{к.к}}$, 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 $P_{\text{к.к}}$ увеличивается с возрастанием поперечной реакции R_{y1} и угла поворота θ управляемых колес:

$$P_{\text{к.к}} = R_{y1} \operatorname{ctg} \theta. \quad (2.11)$$

С учетом изложенного уравнения баланса сил продольного движения (2.7) и (2.9) на повороте примут соответственно следующий вид:

$$P_{\text{т}} = P_{\text{к}} + P_{\text{к.к}} \pm P_{\text{п}} + P_{\text{в}} + P_{\text{и}}; \quad (2.12)$$

$$P_{\text{и}} = P_{\text{тр}} + P_{\text{к}} + P_{\text{к.к}} \pm P_{\text{п}} + P_{\text{в}}. \quad (2.13)$$

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

Как можно видеть из рис. 2.4, величина поворачивающего момента M_1 равна произведению поперечной реакции на передних колесах R_{y1} на расстояние a от ЦМ до передних колес:

$$M_1 = R_{y1} a. \quad (2.14)$$

При криволинейном движении в ЦМ возникает центробежная сила $P_{\text{ц}}$, которая уравнивается поперечной реакцией R_y . Эта реакция равна сумме поперечных реакций на передних R_{y1} и задних R_{y2} колесах (рис. 2.4, а):

$$P_{\text{ц}} = R_y = R_{y1} + R_{y2}. \quad (2.15)$$

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

$$M_2 = R_{y2} b. \quad (2.16)$$

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 автомобиля.

Величины центробежной силы $P_{\text{ц}}$ и уравнивающей ее поперечной центростремительной реакции R_y равны произведению массы автомобиля M_a на квадрат его скорости V_a^2 , деленному на радиус поворота $R_{\text{пв}}$:

$$P_{\text{ц}} = R_y = M_a V_a^2 / R_{\text{пв}}. \quad (2.17)$$

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 (2.17) получим:

$$R_{y1} = b R_y / L = b M_a V_a^2 / (R_{\text{пв}} L); \quad (2.18)$$

$$R_{y2} = a R_y / L = a M_a V_a^2 / (R_{\text{пв}} L), \quad (2.19)$$

где L — база автомобиля.

Угловая скорость поворота продольной оси автомобиля 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

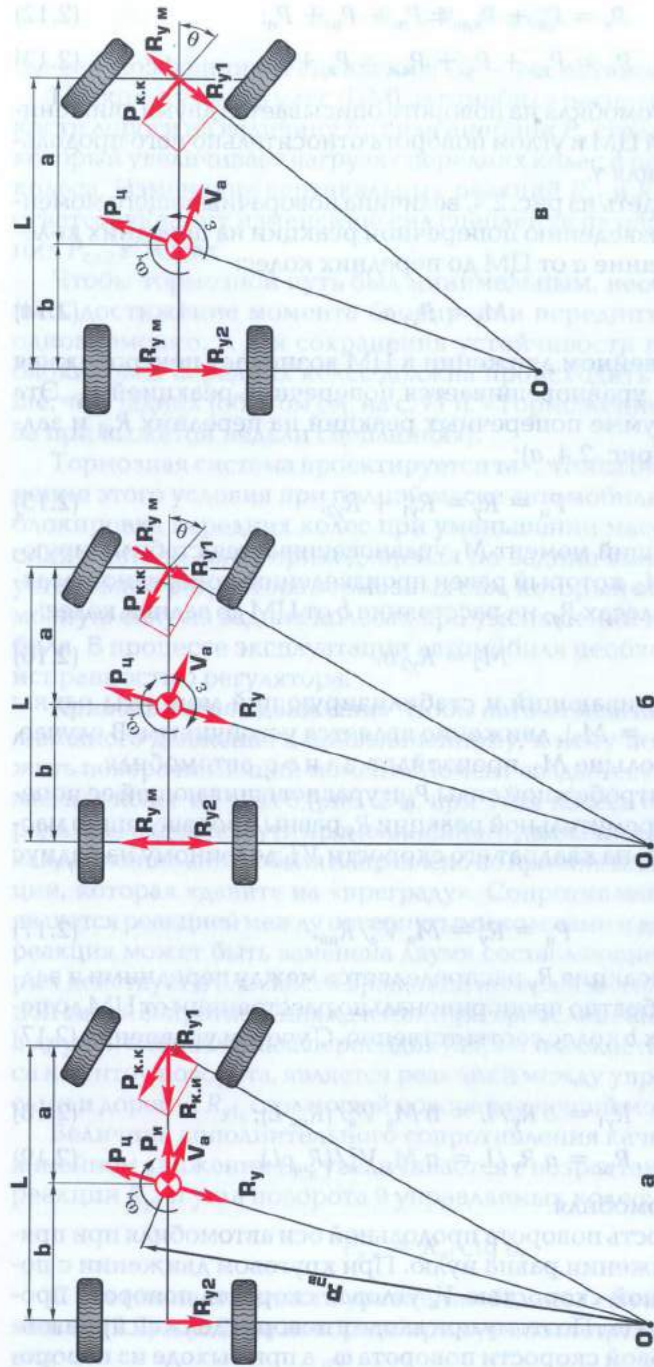


Рис. 2.4. Силы, действующие на автомобиль на повороте:

а — движение на повороте с постоянной угловой 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; $R_{k,\kappa}$ — реакция между повернутыми колесами и дорогой под действием силы инерции; $P_{k,\kappa}$ — составляющая $R_{k,\kappa}$, увеличивающая сопротивление качению на повороте; R_{y1} — как составляющая $R_{k,\kappa}$, поперечная реакция между передними управляемыми колесами и дорогой, создающая поворачивающий момент; R_{y2} — поперечная реакция между задними колесами и дорогой, создающая стабилизирующий момент; $P_{\kappa,\kappa}$ — центрбежная сила; R_{yM} — поперечная реакция на колесах, создающая пару сил; θ — угол поворота управляемых колес; V_a — скорость автомобиля; ϵ — угловое ускорение поворота автомобиля; L — база автомобиля; a — расстояние между ЦМ и передними колесами; b — расстояние между ЦМ и задними колесами; R_m — радиус поворота автомобиля

та — замедление угловой скорости ω_γ до нуля, т.е. возникает угловое ускорение ϵ . Можно считать, что автомобиль является своего рода маховиком, который сначала необходимо раскрутить относительно ЦМ, а затем остановить. Поэтому для входа и выхода из поворота к автомобилю необходимо приложить дополнительно поворачивающий и тормозной моменты. 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 автомобиля I_z на угловое ускорение ϵ :

$$M_{из} = I_z \epsilon. \quad (2.20)$$

Чтобы создать момент инерции вращения $M_{из}$, между колесами автомобиля и дорогой должны возникнуть дополнительные поперечные реакции в виде пары сил R_{yM} (рис. 2.4, б, в). Чтобы определить величину R_{yM} , необходимо разделить момент инерции вращения $M_{из}$ на плечо приложения сил — базу автомобиля L . С учетом уравнения (2.20) получим выражение для определения R_{yM} :

$$R_{yM} = M_{из} / L = \epsilon I_z / L. \quad (2.21)$$

Центростремительные реакции R_{y1} и R_{y2} всегда направлены в одну сторону — к центру поворота. Одна из реакций R_{yM} направлена к центру поворота, а другая — от центра, поэтому на одних колесах происходит сложение реакций R_y и R_{yM} , а на других — их вычитание.

При входе в поворот (см. рис. 2.4, б) реакции на передних колесах R_{y1} и R_{yM} складываются, а на задних колесах R_{y2} и R_{yM} вычитаются. При выходе из поворота (см. рис. 2.4, в) имеет место обратная картина. Реакции на передних колесах R_{y1} и R_{yM} вычитаются, а на задних колесах R_{y2} и R_{yM} складываются.

С учетом изложенного суммарные поперечные реакции на передних $R_{y\Sigma 1}$ и задних $R_{y\Sigma 2}$ колесах будут равны:

$$R_{y\Sigma 1} = R_{y1} \pm R_{yM} = b M_a V_a^2 \pm \epsilon I_z / L; \quad (2.22)$$

$$R_{y\Sigma 2} = R_{y2} \mp R_{yM} = a M_a V_a^2 \mp \epsilon I_z / L. \quad (2.23)$$

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:

$$R_{y\Sigma 1} \leq P_{сц} = \phi G_1; \quad (2.24)$$

$$R_{y\Sigma 2} \leq P_{сц} = \phi G_2, \quad (2.25)$$

где ϕ — коэффициент сцепления; G_1 — вес автомобиля, приходящийся на передние колеса, Н; G_2 — вес автомобиля, 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 — с н о с автомобиля. При выходе из поворота будет иметь место обратная картина. Поперечное скольжение начнется на задних колесах — произойдет з а н о с автомобиля.

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 автомобиля на повороте является центробежная сила. На рис. 2.5 представлена схема сил, от которых зависит поперечная устойчивость автомобиля. Поперечная сила P_y действует на плече h_a , равном высоте ЦМ, и стремится опрокинуть автомобиль. Удерживает автомобиль от опрокидывания его сила тяжести G_a , которая в случае равномерного распределения нагрузки в кузове действует на плече, равном половине ширины колеи автомобиля $K_a/2$. На основании изложенного условие движения без опрокидывания описывается уравнением

$$P_y h_a \leq G_a K_a / 2. \quad (2.26)$$

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

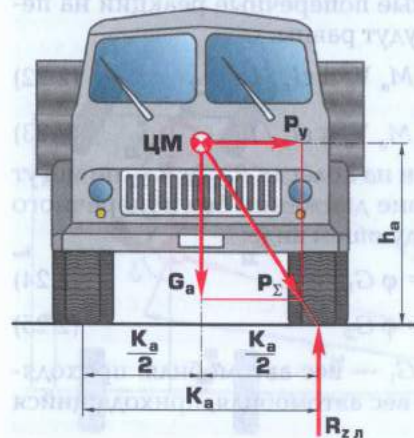


Рис. 2.5. Силы, действующие на автомобиль в момент опрокидывания:

P_y — поперечная (опрокидывающая) сила; G_a — сила тяжести, препятствующая опрокидыванию; P_{Σ} — равнодействующая сил P_y и G_a ; $R_{z,l}$ — вертикальная реакция на левых колесах; K_a — колея автомобиля; ЦМ — центр масс автомобиля; h_a — высота ЦМ

автомобиля против поперечного опрокидывания рассмотрена ниже (см. на с. 72 п. «Устойчивость против поперечного опрокидывания»).

2.2. 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 автомобиля, как устойчивость, управляемость, а также они 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 или буксования, 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. 2.6.

Свободно катящееся колесо деформируется только в вертикальном направлении (рис. 2.6, а). 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. 2.6, б и в. В результате этого при передаче через шину тягового M_t или тормозного $M_{тр}$ 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 , с⁻¹, связаны соотношением

$$V_a = \omega_k r_k, \quad (2.27)$$

где r_k — радиус качения колеса, м.

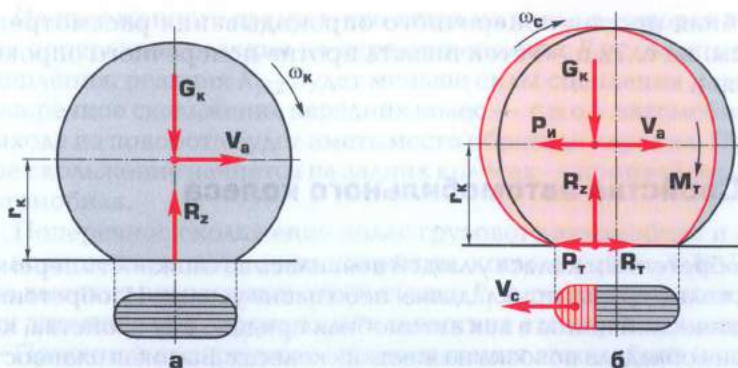


Рис. 2.6. Схема деформации колеса при разных видах его нагружения:

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 автомобиля; r_k — радиус колеса; ω_k — угловая скорость колеса в ведомом режиме; ω_c — угловая скорость колеса в ведущем и тормозном режимах; M_t — крутящий (тяговый) момент; $M_{тр}$ — тормозной момент; P_t — тяговая сила; $P_{тр}$ — тормозная сила; $P_{и}$ — сила инерции; R_t — тяговая реакция; $R_{тр}$ — тормозная реакция; V_c — скорость скольжения в пятне контакта

При проскальзывании соотношение (2.27) 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

$$s = (\omega_k - \omega_c) / \omega_k = 1 - \omega_c / \omega_k. \quad (2.28)$$

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 скользких элементов в пятне контакта увеличивается. Как отмечено выше, трение скольжения меньше трения покоя. Продольная реакция R_x равна сумме элементарных реакций скользких и нескользящих элементов пятна контакта. Число скользких 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 неус-

тойчивым — 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. 2.7), 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 автомобиля деформируется в направлении ее действия, как показано на рис. 2.8. При этом каждый новый элемент протектора шины (точки 1, 2, 3 на

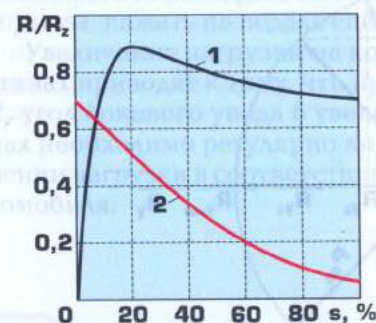


Рис. 2.7. Изменение относительной продольной R_x/R_z (1) и поперечной R_y/R_z (2) реакций в зависимости от коэффициента скольжения s

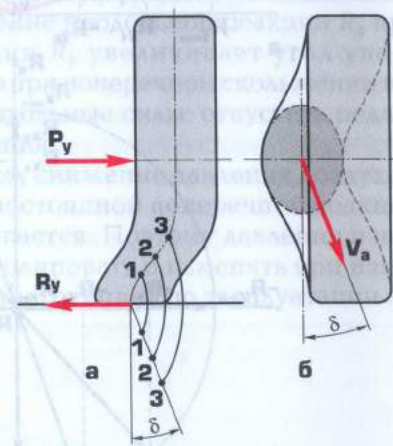


Рис. 2.8. Схема бокового увода колеса:

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

рис. 2.8, а) будет входить в контакт с дорогой с некоторым поперечным смещением относительно 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. 2.8, б), на котором смонтирована шина. Именно это свойство шины и формирует такие свойства автомобиля, как устойчивость и управляемость. 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 кон-

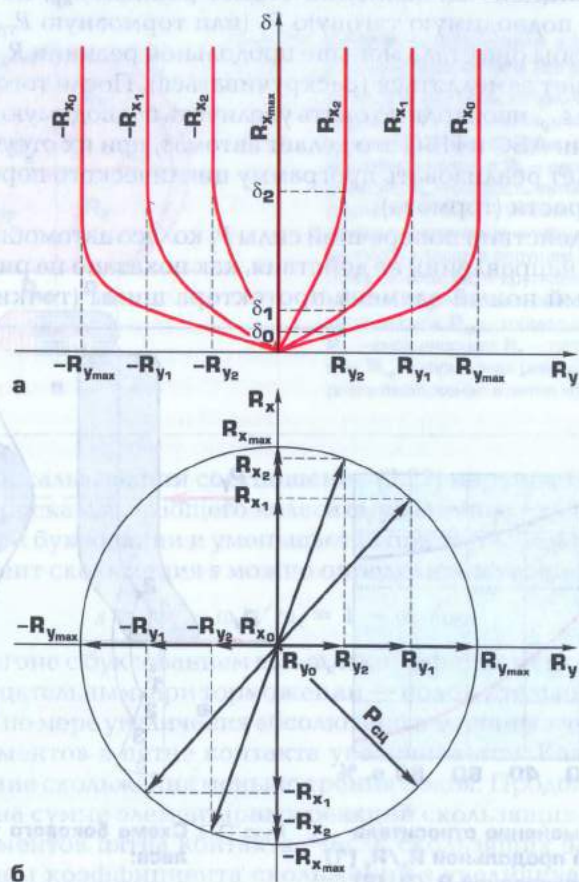


Рис. 2.9. Характеристики увода и скольжения колеса:

R_y — поперечная реакция; δ — угол бокового увода; R_x — продольная реакция; δ_1 — угол бокового увода, соответствующий продольной реакции R_{x1} при постоянной поперечной реакции R_{y1} ; $P_{сц}$ — сила сцепления

такта. Максимальной поперечной силе $P_{y_{max}}$ 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. 2.9, а). Это мы наблюдаем при заносе автомобиля.

Сложение продольных и поперечных реакций. В процессе управления автомобилем к колесу одновременно подводятся продольная и поперечная силы. Возникающие при этом реакции между колесом и дорогой складываются одна с другой. Знание правила их сложения имеет большое значение для освоения оптимальных приемов управления автомобилем в 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. 2.9, б. Максимальная поперечная реакция $R_{y_{max}}$ равна силе сцепления $P_{сц}$ при свободно катящемся колесе, когда R_{x0} равна нулю. При увеличении продольной реакции (R_{x1} , R_{x2}) поперечная реакция уменьшается (R_{y1} , R_{y2}). Когда продольная реакция $R_{x_{max}}$ равна силе сцепления $P_{сц}$, поперечная реакция R_{y0} равна нулю. Это происходит при буксовании и блокировке колеса. На рис. 2.7 показано изменение поперечной реакции R_y при увеличении коэффициента скольжения s . Из рис. 2.9, а следует, что увеличение продольной реакции R_x при постоянной поперечной реакции R_y увеличивает угол увода (δ_0 , δ_1 , δ_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 автомобиля.

2.3. Эксплуатационные свойства автомобиля

Эффективность использования автомобиля определяется рядом его свойств, которые называются «эксплуатационными». Рассмотрим их влияние на надежность, эффективность и экологичность управления автомобилем. Эксплуатационные свойства можно подразделить на функциональные и эргономические. Первые определяют предель-

ные возможности по массе и габаритам перевозимого груза, скорости его доставки. Вторые характеризуют удобство управления автомобилем, размещения на рабочем месте водителя (РМВ) и влияют на возможность реализации водителем функциональных свойств.

2.3.1. Функциональные свойства

Скоростные свойства. Возможности автомобиля в достижении высокой скорости сообщения характеризуются скоростными свойствами. Показателем скоростных свойств является максимальная скорость. В соответствии с уравнением (2.6) 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 (2.6). Графический способ его решения показан на рис. 2.10. 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 определяют соответственно по уравнениям (2.1) и (2.3). Точка пересечения кривой изменения тяговой силы P_T на 4-й передаче с суммарной кривой сил сопротивления $P_K + P_B$ определяет максимальную скорость автомобиля 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 (2.2). 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 $res P_T$ может быть использован на преодоление силы инерции $P_{\text{и}}$ при разгоне:

$$res P_T = P_{\text{и}} = P_T - P_K - P_B. \quad (2.29)$$

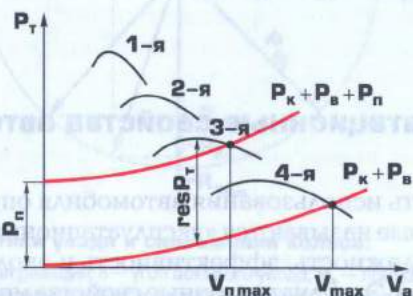


Рис. 2.10. График тягового баланса автомобиля

Величина ускорения j_x , м/с^2 , пропорциональна $res P_T$ и обратно пропорциональна массе автомобиля M_a , умноженной на коэффициент k_f учета вращающихся масс:

$$j_x = res P_T / M_a k_f. \quad (2.30)$$

Изменение скорости автомобиля при разгоне показано на рис. 2.11. Продолжительность разгона характеризует инерционность автомобиля, которая пропорциональна постоянной времени разгона T_p . Величина T_p связана с максимальной скоростью V_{max} . За время $t = T_p$ автомобиль разгоняется до скорости V_T , равной $0,63 V_{max}$.

Оказалось, что средняя скорость движения автомобилей 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 $res V_{без} = V_{max} - V_T$ 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 автомобиля. Безопасная скорость V_T может служить ориентиром при выборе скорости автомобиля в условиях свободного движения. Значения V_{max} , V_T и T_p для разных моделей автомобилей приведены в табл. 2.4. Постоянная времени разгона T_p изменяется пропорционально изменению массы автомобиля. 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. 2.5.

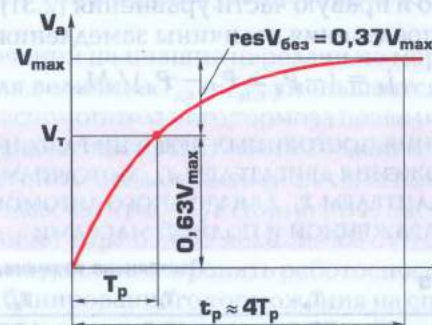


Рис. 2.11. График разгона автомобиля

Таблица 2.4. ПОКАЗАТЕЛИ СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ (ТС) РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ С ПОЛНОЙ МАССОЙ

Категория ТС	Модель ТС	$V_{\max}$, км/ч	$V_{\text{т}}$, км/ч	T_p , с	Среднее T_p для 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	
«Д»	ПАЗ-3205	80	50,5	25,2	22,4
«Д»	ЛиАЗ-677м	70	44,0	24,0	
«Д»	ЛиАЗ-5256	70	44,0	18,0	
«С ₂ »*	Учебный 1	90	56,5	33,7	32,0
«С ₂ »*	ЗИП-433100	95	60,0	33,0	
«С ₃ »**	Учебный 2	85	53,5	28,8	
«С ₃ »**	КамАЗ-5315	100	63,0	32,7	
«С ₃ » + «Е»	Учебный 3	100	63,0	66,5	58,0
«С ₃ » + «Е»	Учебный 4	85	53,5	50,0	
«С ₃ » + «Е»	КамАЗ-5410	80	50,5	50,5	
«С ₃ » + «Е»	КамАЗ-5315	90	56,5	56,4	
«С ₃ » + «Е»	МАЗ-54322	100	63,0	65,5	
«С ₃ » + «Е»	МАЗ-64226	100	63,0	58,8	

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

** Разрешенная максимальная масса более 12 т.

Выбег автомобиля происходит при переводе рычага переключения передач в нейтральное положение. Такое движение называют **накатом**. В этом случае сила инерции $P_{\text{и}}$ является движущей силой и уравнение (2.6) принимает вид:

$$P_{\text{и}} = M_a j_x = -P_{\text{к}} \pm P_{\text{п}} - P_{\text{в}}. \quad (2.31)$$

Разделив левую и правую части уравнения (2.31) на M_a , получим выражение для определения величины замедления при накате $j_{\text{н}}$:

$$j_{\text{н}} = (-P_{\text{к}} \pm P_{\text{п}} - P_{\text{в}}) / M_a. \quad (2.32)$$

Таблица 2.5. ЗНАЧЕНИЯ ПОСТОЯННЫХ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА T_p , НАКАТА $T_{\text{н}}$, ТОРМОЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ $T_{\text{дв}}$, МОТОРНЫМ ЗАМЕДЛИТЕЛЕМ $T_{\text{м.з}}$ ДЛЯ УЧЕБНОГО АВТОМОБИЛЯ 3 СО СНАРЯЖЕННОЙ И ПОЛНОЙ МАССАМИ

Масса автомобиля 3	Постоянные времени, с			
	T_p	$T_{\text{н}}$	$T_{\text{дв}}$	$T_{\text{м.з}}$
Снаряженная	33,4	45,0	18,0	15,5
Полная	66,5	130	57,5	49,0

Из выражения (2.32) 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. 2.12. Как можно видеть из графика на рис. 2.12, инерционность автомобиля при накате характеризуется постоянной времени наката $T_{\text{н}}$. Постоянные времени разгона T_p и наката $T_{\text{н}}$ связаны между собой, так как зависят от массы автомобиля M_a . Постоянная времени наката $T_{\text{н}}$ примерно в 1,5—2 раза превышает постоянную времени разгона T_p (см. табл. 2.5). Чем больше $T_{\text{н}}$, тем большую часть пути можно проезжать накатом, что имеет большое значение для снижения расхода топлива.

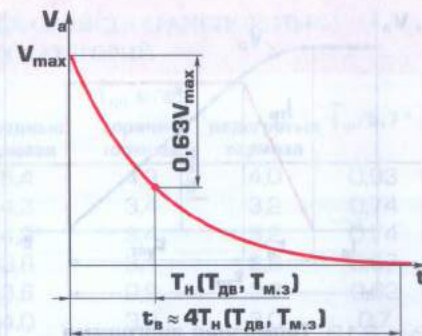


Рис. 2.12. График выбега (движения накатом) автомобиля

Постоянная времени наката $T_{\text{н}}$ примерно в 1,5—2 раза превышает постоянную времени разгона T_p (см. табл. 2.5). Чем больше $T_{\text{н}}$, 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 $T_{\text{н}}$, торможения двигателем $T_{\text{дв}}$ и моторным замедлителем $T_{\text{м.з}}$ для учебного автомобиля 3 приведены в табл. 2.5.

При переключении на низшие передачи по мере снижения скорости автомобиля величина $T_{\text{дв}}$ и $T_{\text{м.з}}$ 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 позволя-

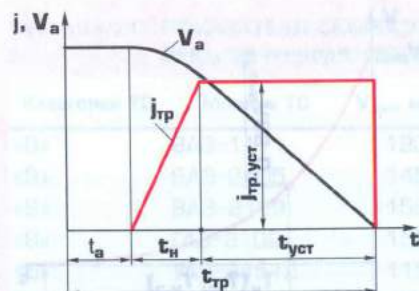


Рис. 2.13. Тормозная диаграмма автомобиля

ет 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. 2.13. 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_n возрастает до установившегося значения $j_{тр.уст.}$. Эта величина замедления сохраняется до остановки автомобиля. Полное время торможения $t_{тр}$ равно

$$t_{тр} = t_a + t_n + t_{уст.} \quad (2.33)$$

Значения t_a и t_n зависят от конструкции тормозного привода. Их сумма определяет время срабатывания тормозов $t_{ср}$. На рис. 2.13 показано изменение скорости автомобиля в процессе торможения. Тормозной путь $S_{тр}$ складывается из отрезка S_t , проходимого при постоянной скорости, отрезка S_n при нарастании замедления и отрезка $S_{уст.}$ при установившемся замедлении:

$$S_{тр} = S_t + S_n + S_{уст.} \quad (2.34)$$

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

$$\tilde{j}_{тр} = V_a^2 / 26 S_{тр}, \text{ м/с}^2, \quad (2.35)$$

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

Показатели тормозных свойств для транспортных средств различных категорий приведены в табл. 2.6. Из приведенных данных вид-

ТАБЛИЦА 2.6. ПОКАЗАТЕЛИ ТОРМОЗНЫХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ (ТС) РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ

Категория ТС	Скорость торможения $V_{тр}$, км/ч	$\tilde{j}_{тр \max}$, м/с ²	холодные тормоза	$\tilde{j}_{тр}$, м/с ² горячие тормоза	перегретые тормоза	$\tilde{j}_{тр}/5,7^*$
«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—12 т;

«C₃» — грузовые автомобили с разрешенной максимальной массой более 12 т;

«C»+«E» — автопоезд в составе тягача категории «C» и прицепа категории «E», разрешенная максимальная масса которого определяется массой тягача.

* 5,7 м/с² — среднее замедление ТС категории «B».

но, что среднее замедление автобусов, грузовых автомобилей и особенно автопоездов существенно ниже, чем у легковых автомобилей.

Для надежного торможения так же, как и при выборе крейсерской скорости, необходим резерв замедления $res \tilde{j}_{тр}$. Необходимость в резерве замедления связана с тем, что из-за ошибок водителя полное время торможения $t_{тр}$ может увеличиваться в 2—4 раза. Компенсировать это можно только повышением установившегося замедления $j_{тр.уст.}$. Чем ближе его величина к максимальной $j_{\max}$, тем меньше возможности водителя устранять свои ошибки. Резерв замедления, равный $0,63 j_{\max}$, 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. 2.7 приведены значения максимальных замедлений $j_{\max}$ при испытаниях и реализуемых в условиях эксплуатации, а также значения установившегося замедления $j_{уст.}$ соответствующего границе штатных торможений на дороге с сухим покрытием. Как можно видеть из приведенных данных, границы штатных замедлений грузовых автомобилей и автобусов суще-

ТАБЛИЦА 2.7. ЗНАЧЕНИЯ 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

* См. примечание к табл. 2.6.

ственно 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 (2.6) 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 (2.12) появляется дополнительная сила сопротивления качению $P_{K.к}$. Поэтому для сохранения скорости автомобиля на повороте необходимо увеличить тяговую силу P_T .

В соответствии с уравнением (2.15) центробежная сила P_{Π} уравновешивается реакциями между колесами и дорогой R_y . Создаваемый в соответствии с уравнением (2.14) поворачивающий момент M_1 уравновешивается стабилизирующим моментом M_2 , величина которого определяется уравнением (2.16).

Равновесному состоянию соответствует определенное положение органов управления: педали скорости и рулевого колеса. Если изменить их положение, равновесие нарушается в результате из-

менения 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 водителю 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. 2.14, а. Представим, что автомобиль движется по горизонтальному участку с максимальной скоростью $V_{\max}$. При этом суммарное сопротивление равно $P_{\Sigma 1}$. Если автомобиль въедет на подъем, сопротивление движению увеличится до $P_{\Sigma 2}$. 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. Само-

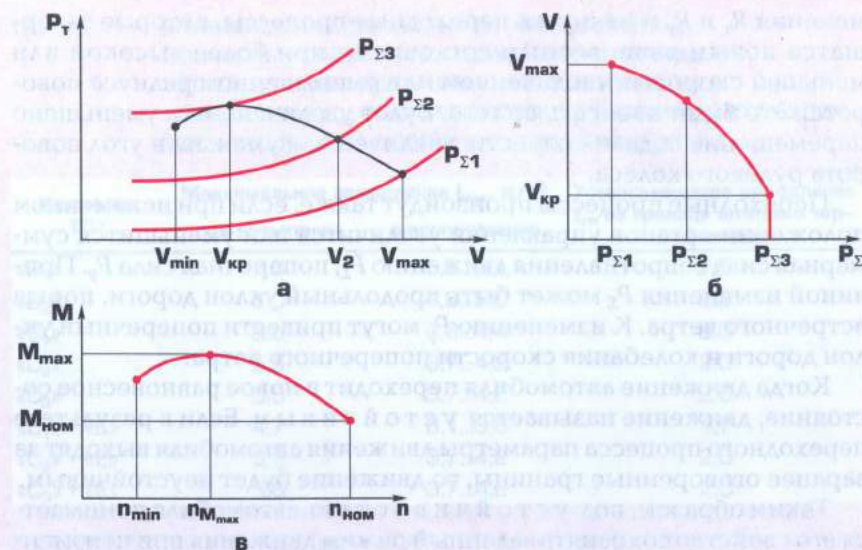


Рис. 2.14. Определение условий устойчивости автомобиля относительно скорости:

а — определение критической $V_{кр}$ и минимально устойчивой $V_{мин}$ скоростей; б — график зависимости скорости V от силы суммарного сопротивления P_{Σ} на высшей передаче; в — определение показателей приспособляемости и эластичности двигателя

регулирование 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_{Σ} в диапазоне от V_{max} до $V_{кр}$ показано на рис. 2.14, б.

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 $V_{мин}$ (см. рис. 2.14, а). Чем меньше ее величина, тем удобнее управлять автомобилем и тем больше возможности применения экономичного алгоритма управления.

Наличие большого резерва тяговой силы $res P_T$ позволяет преодолевать подъемы на высшей передаче, что повышает среднюю

скорость, снижает расход топлива. Уменьшение числа переключений делает управление автомобилем более удобным.

Величина $res P_T$ зависит от характеристики крутящего момента M двигателя, показанной на рис. 2.14, в. 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 $k_{пр} = 1,35 \dots 1,4$. Это позволяет преодолевать на высшей передаче подъемы крутизной до 1,5 % на скорости 50 ... 60 км/ч.

Чем меньше частота вращения коленчатого вала n_{Mmax} , соответствующая M_{max} , тем больше диапазон $n_{Mmax} - n_{ном}$ и тем шире диапазон $V_{кр} - V_{max}$, в котором можно не переходить на низшие передачи при увеличении сопротивления движению. Это свойство, называемое «эластичностью двигателя», характеризуется коэффициентом эластичности k_3 :

$$k_3 = (n_{ном} - n_{Mmax}) / n_{ном}. \quad (2.37)$$

У современных двигателей грузовых автомобилей и автобусов $k_3 = 0,4 \dots 0,58$.

Под нагрузкой двигатель начинает устойчиво работать при частоте вращения коленчатого вала, называемой минимально устойчивой $n_{мин}$. 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 :

$$k_n = (n_{ном} - n_{мин}) / n_{ном}. \quad (2.38)$$

Чем больше k_n , тем шире диапазон $V_{мин} \dots V_{max}$, 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 опреде-

ляются максимальным значением $P_{т.маx}$ на низшей передаче, если $P_{т.маx} \leq P_{сц}$.

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 $P_{т.маx}$. 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:

$$P_{сц} \geq P_{т} = P_{\Sigma}. \quad (2.39)$$

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 $P_{т.маx}$ 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 (2.9) это можно представить в следующем виде:

$$P_{сц} = P_{тр} > P_{п}. \quad (2.40)$$

Продольная устойчивость автомобиля против опрокидывания вперед. Так же, как и при движении на подъеме, 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. 2.15. 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. 2.15), принято говорить о курсовой устойчивости автомобиля.

Устойчивое курсовое движение показано на рис. 2.15, а, неустойчивое — на рис. 2.15, б. 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. 2.16 показана схема поворота с боковым уведом колес автомобиля. Для удобства анализа углы увода четырех колес заменены углами увода в середине каждой оси δ_1 и δ_2 . При этом четыре колеса заменены двумя колесами, показанными на рис. 2.16 штриховыми красными линиями. Как можно видеть из рис. 2.16, 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.

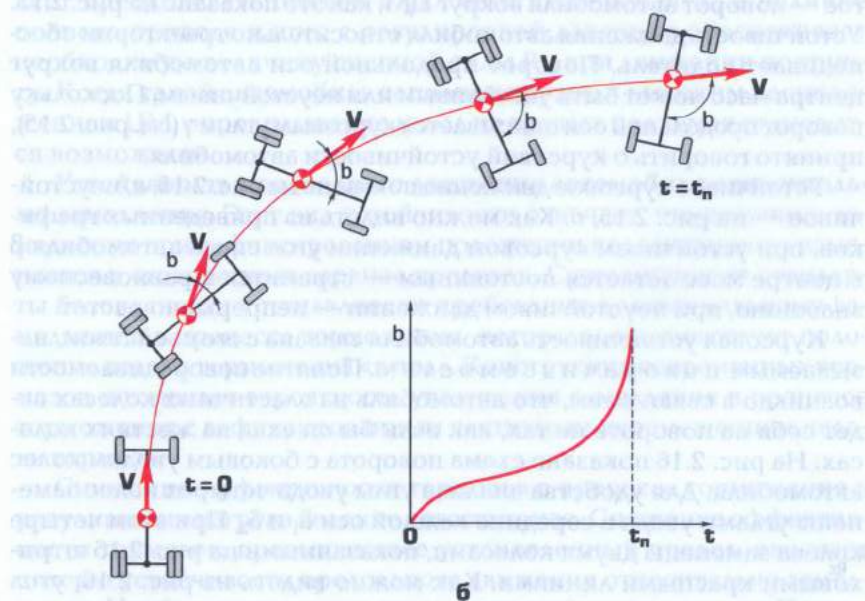
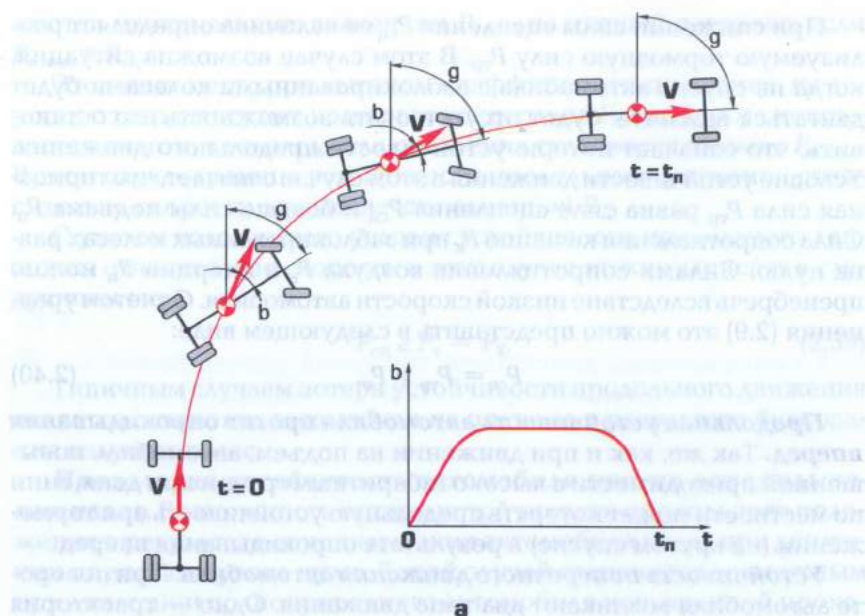


Рис. 2.15. Определение условий сохранения курсовой устойчивости автомобиля:

а — устойчивое курсовое движение; б — неустойчивое курсовое движение

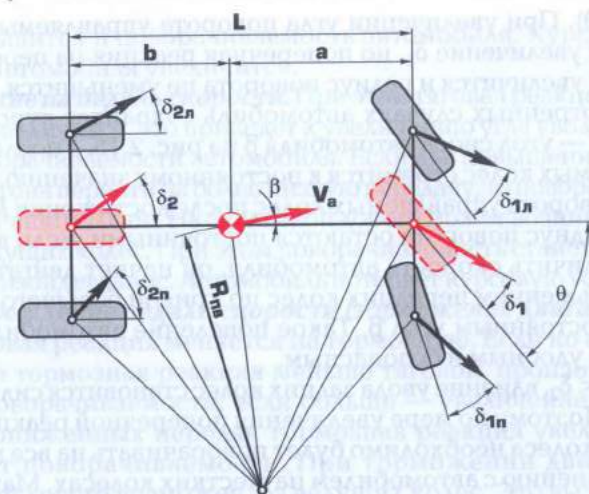


Рис. 2.16. Схема поворота автомобиля с боковым уводом колес

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

$$R_{пв} = L / (\theta - \delta_1 + \delta_2), \quad (2.41)$$

где 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 уравниваются 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. 2.9). 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_{y1} останется прежней и радиус поворота не уменьшится.

Когда $\delta_1 > \delta_2$, влияние увода передних колес, препятствующих 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. 2.9). При увеличении угла поворота управляемых колес θ произойдет увеличение δ_1 , но поперечная реакция на передних колесах R_{y1} не увеличится и радиус поворота не уменьшится.

В рассмотренных случаях автомобиль сохраняет курсовую устойчивость — угол сноса автомобиля β на рис. 2.15, а 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 безопасным.

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. 2.15, б).

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.

Поскольку продольная реакция между колесом и дорогой увеличивает угол увода δ и уменьшает максимальную поперечную реакцию $R_{y\max}$, действия водителя с педалями управления влияют на поворачиваемость и устойчивость против сноса и заноса.

Рассмотрим движение 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,

но, 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 $R_{тр1}$, а на задних — $R_{тр2}$.

Если $R_{тр1} / R_{тр1\max}$ больше, чем $R_{тр2} / R_{тр2\max}$, поворачиваемость будет недостаточной. При опережающей блокировке передних колес поворачиваемость будет минимальной. Возможен снос. Автомобиль сохраняет курсовую устойчивость.

Если $R_{тр2} / R_{тр2\max}$ больше, чем $R_{тр1} / R_{тр1\max}$, 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 $R_{тр2} / R_{тр2\max}$, 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 переднюю ось увеличивается в 1,3—1,4 раза, на заднюю — 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.

Устойчивость против поперечного опрокидывания. Поперечное скольжение колес автомобиля возможно, если выполняется условие (2.26). 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 (2.26). 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. 2.5. Поэтому реальный коэффициент поперечной силы меньше. Опрокидывание грузовых автомобилей и автобусов начинается при величине коэффициента $q_y \approx (0,6 \dots 0,75) q_{y0}$. 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 $ges\lambda$. 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

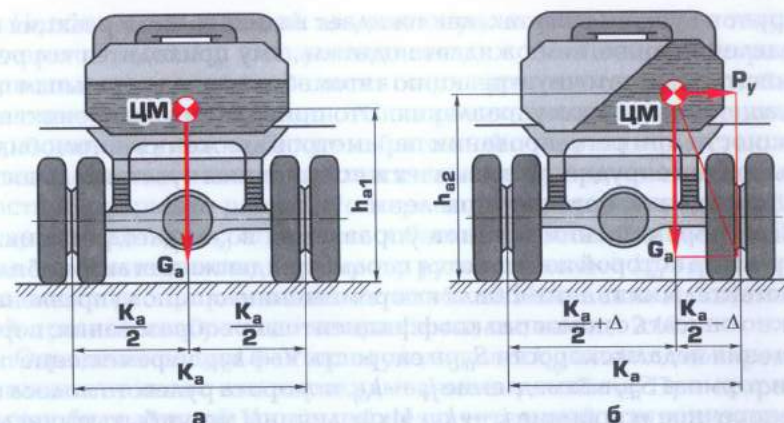


Рис. 2.17. Положение жидкого груза при прямолинейном движении и на повороте

рис. 2.17, а показано положение жидкости при прямолинейном движении, а на рис. 2.17, б — 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 (2.4) равна произведению массы груза на величину замедления движения при его остановке. Эта сила инерции груза складывается с центробежной силой P_y .

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.

2.3.2. Эргономические свойства

Управляемость автомобиля. Свойство автомобиля реагировать на перемещение органов управления называется «управляемостью автомобиля». Хорошая управляемость означает, что автомобиль ре-

агирует 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 $j_T — k_{SJ}$, поворота рулевого колеса α_p в поперечное ускорение $j_y — k_{aj}$. Их величины могут быть вычислены с помощью уравнений:

$$k_{SV} = V / S_{п.с}, \text{ км/(ч} \cdot \text{мм)};$$

$$k_{SJ} = j_T / S_{п.т}, \text{ м/(с}^2 \cdot \text{мм)};$$

$$k_{aj} = j_y / \alpha_p, \text{ м/(с}^2 \cdot ^\circ).$$

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. 2.11. 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 $t \approx 4 T_p$. Аналогичные значения T описывают процесс увеличения замедления T_{Tp} 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 k_{SJ} 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 k_{aj} . Она увеличивается с повышением скорости. При этом ее увеличение зависит от поворачиваемости автомобиля. У автомобиля с недостаточной поворачиваемостью увеличение k_{aj} ограничено, у автомобиля с избыточной поворачиваемостью чувствительность к повороту рулевого колеса k_{aj} при повышении скорости непрерывно растет. По мере того как скорость автомобиля возрастет до $V_{кр}$, k_{aj} стремится к бесконечности. Однако увеличение чувствительности к повороту рулевого колеса k_{aj} ограничивают занос или опрокидывание автомобиля. Изменение k_{aj} автомобилей с разной поворачиваемостью показано на рис. 2.18.

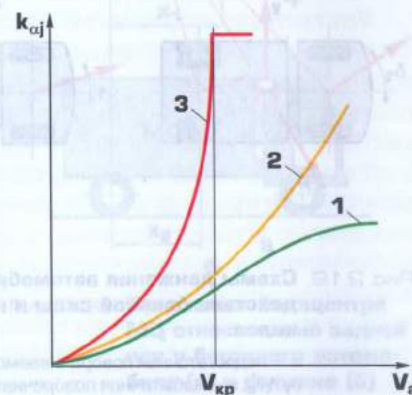
Ограничивающим фактором увеличения k_{aj} является поперечное скольжение колес или опрокидывание автомобиля. При скорости автомобиля, равной $V_{кр}$, самый незначительный поворот рулевого колеса приводит к потере курсовой устойчивости, что уже было рассмотрено выше. Положительным моментом можно считать 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 уп-

Рис. 2.18. Изменение чувствительности к повороту рулевого колеса автомобилей с разной поворачиваемостью в зависимости от скорости:

1 — недостаточная поворачиваемость, $\delta_1 > \delta_2$; 2 — нейтральная поворачиваемость, $\delta_1 = \delta_2$; 3 — избыточная поворачиваемость, $\delta_1 < \delta_2$



равления 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. 2.19, а). Поэтому такое движение является устойчивым. Когда автомобиль имеет избыточную поворачиваемость (рис. 2.19, в), 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} :

$$k_{ij} = j_y / i.$$

Чем меньше k_{ij} , м/(с²·%), тем удобнее в управлении автомобиль. Из изложенного следует, что автомобиль с избыточной поворачиваемостью имеет большее значение k_{ij} .

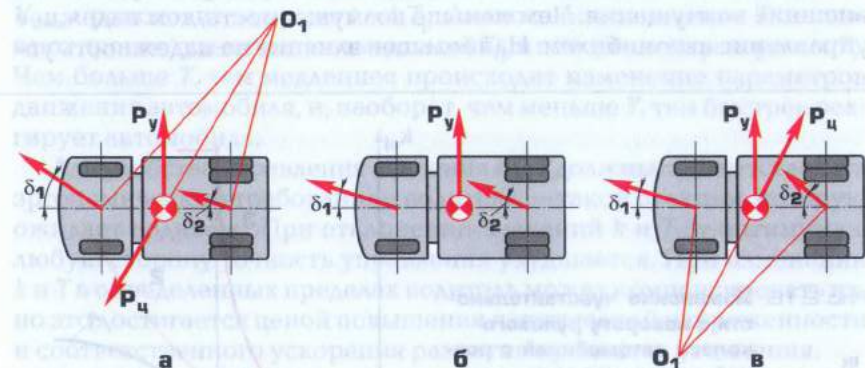


Рис. 2.19. Схемы движения автомобилей с разной поворачиваемостью при действии боковой силы и нейтральном положении управляемых колес:

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

Сила поперечного давления воздушного потока может быть представлена в виде равнодействующей, приложенной в геометрическом центре боковой проекции автомобиля, — в метacentре. Изменение положения метacentра для бортового автомобиля и автомобиля-фургона показано на рис. 2.20. Видно, что метacentр 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 — k_{wj} , с⁻¹:

$$k_{wj} = j_y / W_b.$$

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 во-

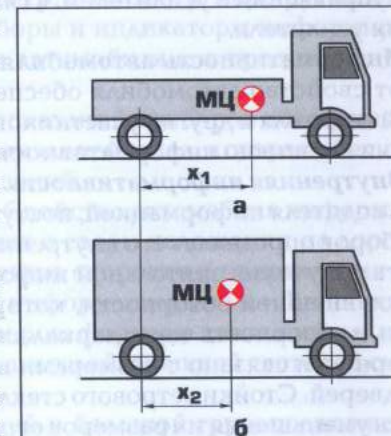


Рис. 2.20. Положения метacentра МЦ относительно задней оси у бортового автомобиля (а) и фургона (б)

дитель 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 «нетормаживанию».

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 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 разъезда 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. **П и л о т а ж н ы е** 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. **К о н т р о л ь н ы е** 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 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, принятым в ряде стран (Латвия, Финляндия, Норвегия), на движущемся автомобиле должен быть включен ближний свет в светлое время суток. Российские ПДД требуют этого, к сожалению, только в отношении мотоциклов и автопоездов.

Контрольные вопросы

1. Какие силы действуют на автомобиль во время прямолинейного движения?
2. Какие силы действуют на автомобиль дополнительно на повороте?
3. Как изменяется продольная реакция R_x в зависимости от коэффициента скольжения s ?
4. Что называется «боковым уводом» колеса?
5. Как изменяется поперечная реакция R_y при увеличении продольной реакции R_x ?
6. Когда поперечная реакция R_y имеет максимальное значение?
7. Как решается графически уравнение силового баланса?
8. Какие показатели характеризуют скоростные свойства автомобиля?
9. Как определяется резерв скорости $resV$?
10. Как соотносятся между собой постоянные времени разгона T_p и наката T_n ?
11. Как нужно тормозить на длинных спусках?
12. Какие показатели характеризуют тормозные свойства автомобиля?
13. Как сильно различаются скоростные свойства ТС различных категорий?
14. Во сколько раз снижается эффективность тормозной системы в эксплуатации ТС разных категорий?
15. Какой уровень установившегося замедления является штатным?
16. Что мы понимаем под устойчивостью движения автомобиля?
17. Что мы понимаем под управляемостью и возмущаемостью автомобиля?
18. Что называется «критической скоростью продольного движения» $V_{кр}$?
19. Что называется «минимально устойчивой скоростью автомобиля» V_{min} ?
20. Что называется «коэффициентом приспособляемости» $k_{пр}$, «коэффициентом эластичности» k_z и «коэффициентом рабочего диапазона оборотов» k_n ?
21. В каких случаях происходит потеря устойчивости продольного движения автомобиля относительно замедления?
22. Что называется «курсовой устойчивостью»?
23. Что мы понимаем под недостаточной нейтральной и избыточной поворачиваемостью автомобиля?
24. Почему при критической скорости $V_{кр}$ происходит потеря курсовой устойчивости движения автомобиля?

25. Что называется «углом сноса» автомобиля β ?
26. Как изменение нагрузки влияет на поворачиваемость грузового автомобиля и автобуса?
27. Почему коэффициент поперечной силы, при котором происходит опрокидывание, меньше теоретически возможного?
28. Является ли автомобиль без крена кузова более безопасным?
29. Как изменяется чувствительность к повороту рулевого колеса у автомобилей с недостаточной, нейтральной и избыточной поворачиваемостью при изменении скорости?
30. Что называется «реактивностью органов управления»?
31. Что называется «информативностью автомобиля»?

Техника управления автомобилем в штатных дорожно-транспортных ситуациях

3.1. Рабочее место водителя

Часть пространства в салоне автомобиля, предназначенная для размещения водителя и оборудованная для исполнения его водительских функций, называется рабочим местом — это сиденье водителя; органы управления автомобилем (замок зажигания с ключом, рукоятка выключения дизельного двигателя, рулевое колесо, педали, рычаг переключения передач, рычаг стояночного тормоза); приборы и индикаторы; органы управления системами, с помощью которых поддерживаются благоприятные условия деятельности водителя и передается информация другим участникам движения.

Сиденье водителя. Автомобилями управляют люди, имеющие индивидуальные рост и телосложение. Чтобы каждый водитель имел возможность удобно разместиться на своем рабочем месте, сиденье водителя снабжается регулировками статического прогиба системы поддрессоривания, высоты и наклона подушки сиденья, положения сиденья в продольном направлении, наклона спинки сиденья, кривизны спинки сиденья в поясничной области, высоты подголовника.

На рис. 3.1 показано сиденье современного грузового автомобиля и автобуса. Такое сиденье имеет «полный набор» регулировок. При уменьшении их числа водители, антропометрические характеристики которых отклоняются от «среднего» показателя, не смогут разместиться на рабочем месте с максимальным комфортом.

На современных грузовых автомобилях и автобусах сиденье водителя для уменьшения передаваемых ему вибраций поддрессорируют. Если система поддрессоривания механическая (пружинная или торсионная), предварительное сжатие упругого элемента регулируется с помощью рукоятки (показана на рис. 3.1) под вес водителя. Для удобства регулировки обычно применяется шкала веса водителя со стрелкой. Перемещением рукоятки необходимо совместить стрелку с величиной собственного веса на шкале. При отсутствии шкалы натяжения



Рис. 3.1. Сиденье водителя грузового автомобиля и автобуса:

1 — ручка регулировки наклона подушки сиденья; 2 — ручка регулировки изгиба спинки сиденья по высоте (ручка не видна, стрелкой указан уровень ее размещения сбоку сиденья); 3 — ручка регулировки кривизны спинки сиденья; 4 — ручка регулировки наклона спинки сиденья; 5 — ручка регулировки высоты подушки сиденья; 6 — ручка регулировки положения в продольном направлении; 7 — ручка регулировки системы поддрессоривания сиденья

упругого элемента регулировка выполняется так, чтобы под действием веса водителя сиденье переместилось на одну треть своего полного хода. Если статическое перемещение сиденья будет меньше, вибронагруженность водителя возрастет. При увеличении статического прогиба сиденье будет сильно раскачиваться, что также создаст серьезные неудобства при управлении автомобилем. При пневматическом поддрессоривании сиденья статический прогиб устанавливается автоматически на заданную величину независимо от веса водителя.

Органы управления автомобилем. Органы управления автомобилем располагаются относительно сиденья таким образом, чтобы водитель за счет регулирования положения сиденья мог занять оптимальную рабочую позу. Однако регулировок положения только

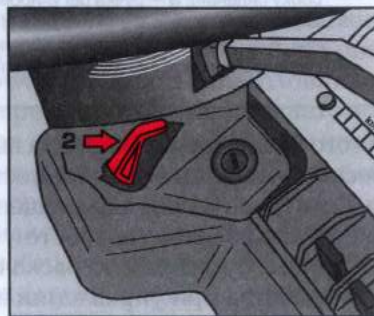
сиденья может оказаться недостаточно, так как при одинаковом росте люди различаются длиной туловища, рук и ног. Поэтому на современных автомобилях предусмотрены еще регулировки положения и рулевого колеса. На грузовых автомобилях и автобусах, как правило, имеются две регулировки: наклона рулевого колеса и его



а



б



в

Рис. 3.2. Регулируемое рулевое колесо:

а — возможные положения рулевого колеса; б — расположение педали регулировки положения рулевого колеса по высоте; в — расположение рычага регулировки наклона рулевого колеса; 1 — педаль регулировки положения рулевого колеса по высоте; 2 — рычаг регулировки наклона рулевого колеса

перемещения вдоль оси вращения. Для изменения наклона рулевого колеса необходимо повернуть рычаг 2, показанный на рис. 3.2, в. Чтобы переместить рулевое колесо вверх или вниз вдоль оси вращения, необходимо нажать на педаль 1, показанную на рис. 3.2, б. Типичное расположение органов управления грузовым автомобилем и автобусом показано на рис. 3.3.

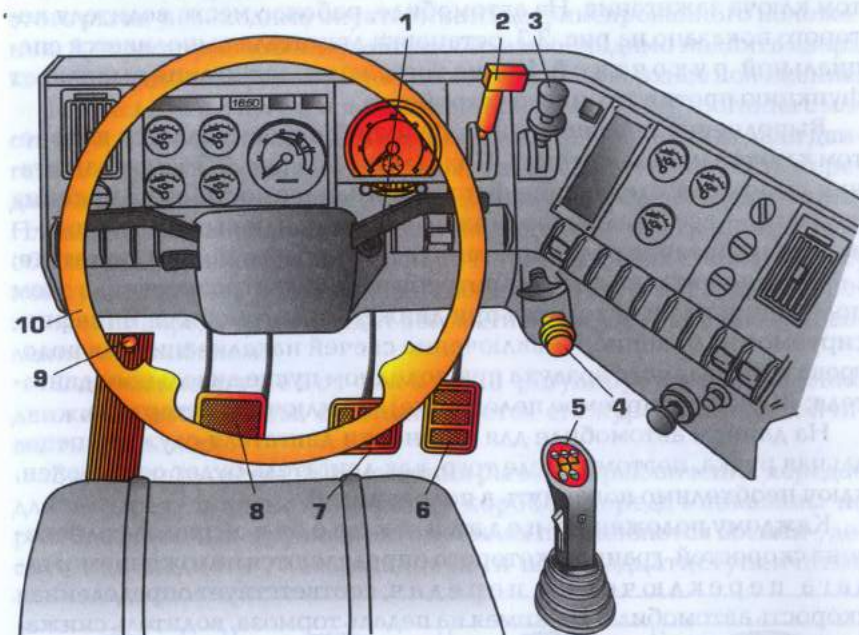


Рис. 3.3. Органы управления грузовым автомобилем и автобусом:

1 — замок зажигания; 2 — рычаг тормоза прицепа; 3 — рычаг стояночного тормоза; 4 — рукоятка выключения двигателя; 5 — рычаг переключения передач; 6 — педаль скорости; 7 — педаль тормоза; 8 — педаль сцепления; 9 — включатель моторного замедлителя; 10 — рулевое колесо

Рассмотрим назначение органов управления автомобилем. Замок зажигания предназначен для включения и выключения системы зажигания двигателя с искровым воспламенением смеси в цилиндрах (откуда и возникло само название). Кроме того, он используется при обоих типах двигателей для подачи питания к потребителям электроэнергии и включения стартера. На некоторых дизельных автомобилях остановка двигателя производится также поворотом ключа зажигания. На автомобиле, рабочее место водителя которого показано на рис. 3.3, остановка двигателя выполняется специальной рукояткой. Кроме того, замок зажигания выполняет функцию противоугонного устройства.

Выполнение перечисленных функций осуществляется поворотом ключа замка зажигания. Показанный на рис. 3.3 замок зажигания выполняет следующие функции в зависимости от положения ключа: 0 — все выключено, можно вставить или вынуть ключ; R — включено питание радиоприемника при неработающем двигателе; I — подано питание ко всем потребителям электроэнергии, в этом положении ключ находится при движении автомобиля; II (нефиксируемое положение) — включение свечей накаливания для подогрева всасываемого воздуха при холодном пуске дизельного двигателя; III (нефиксируемое положение) — включение стартера.

На данном автомобиле для остановки двигателя служит специальная ручка, поэтому после того, как двигатель будет остановлен, ключ необходимо повернуть в положение 0.

Каждому положению педали скорости в пределах диапазона скоростей, границы которого определяются положением рычага переключения передач, соответствует определенная скорость автомобиля. Нажимая на педаль тормоза, водитель снижает скорость автомобиля. Каждому положению педали соответствует определенное замедление. Нажимая на педаль, мы увеличиваем замедление, а отпуская педаль — уменьшаем его.

Одним из способов замедления является торможение двигателем. Когда во время движения автомобиля мы освобождаем педаль скорости, колеса начинают вращать коленчатый вал и двигатель становится тормозом. На двигателях с искровым зажиганием прикрытая дроссельная заслонка вызывает значительный тормозной эффект, который заметно возрастает при отключении подачи топлива экономайзером принудительного холостого хода. На дизельных двигателях подача топлива на принудительном холостом ходу отключается, но при отсутствии дросселя тормозной момент оказывается маленьким. Поэтому на дизелях устанавливают заслонку в выпускной трубе. Это устройство называется **моторным замедлителем**. При нажатии на кнопку включения моторного замедлителя заслонка перекрывает выпускную трубу, увеличивая тормозной момент, создаваемый двигателем.

На большегрузных автопоездах имеется отдельная система торможения прицепа, которая позволяет «растягивать» автопоезд при «набегании» прицепа на автомобиль. Система торможения управляется рычагом (см. рис. 3.3), который не имеет фиксированного положения. Это сделано для того, чтобы можно было быстро прекратить торможение прицепа, если его начнет заносить. Стояночный тормоз приводится в действие своим рычагом. Для этого рычаг необходимо опустить вниз до фиксированного положения. Для растормаживания автомобиля необходимо поднять вверх кольцо и, разблокировав рычаг, перевести его в верхнее положение.

Педа́ль сцепле́ния позволяет решить задачу трогания с места и переключения передач в движении. При нажатой педали двигатель и трансмиссия разъединены, что позволяет включить передачу на стоящем автомобиле, переключить передачи в движении. Плавно отпуская педаль, мы соединяем двигатель с трансмиссией, обеспечивая движение автомобиля. На автомобилях с автоматической трансмиссией педаль сцепления отсутствует, поскольку переключение передач происходит автоматически. Это упрощает управление автомобилем.

С помощью рулевого колеса регулируется направление движения автомобиля, стабилизируется его курсовая неустойчивость при заносе.

Возможные схемы перемещения рычага переключения передач для четырех- и пятиступенчатых коробок передач показаны на рис. 3.4. На большегрузных автомобилях применяются восьми-, десяти-, двенадцати-, четырнадцати- и шестнадцатиступенчатые

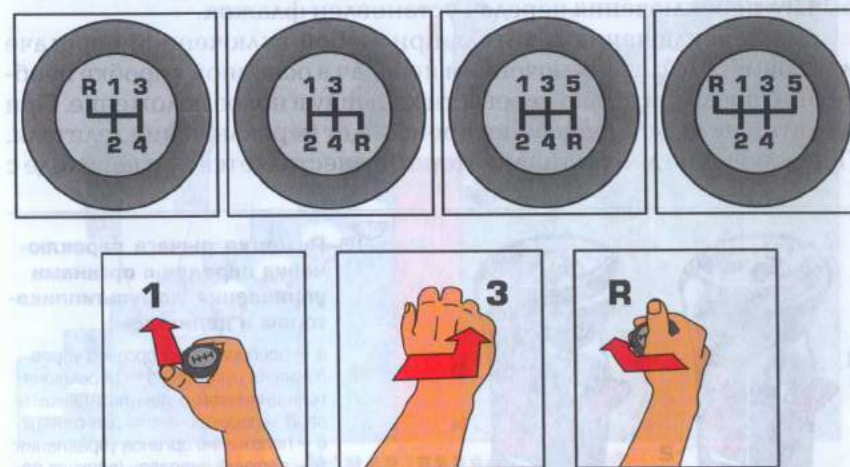


Рис. 3.4. Схемы переключения четырех- и пятиступенчатых коробок передач

трансмиссии. Создание таких трансмиссий возможно путем объединения в один агрегат обычной четырех- или пятиступенчатой коробки передач с расположенными за ней демультипликатором, а перед ней делителем. Демультипликатор и делитель являются двухступенчатыми коробками передач. При включении прямой передачи в демультипликаторе и делителе мы имеем обычную коробку передач, или «верхний диапазон передач». При включении пониженной передачи в демультипликаторе общее передаточное отношение увеличивается. Теперь, переключая передачи в «основной» коробке, мы имеем новый ряд передач, более низких, чем основные, или «нижний диапазон передач». При включении пониженной передачи делителя каждая из восьми передач разделяется пополам, т. е. добавляются еще восемь передач. Для управления демультипликатором и делителем на рукоятку рычага переключения передач устанавливают переключатель диапазонов (флажок) и переключатель делителя (клавиша), показанные на рис. 3.5.

Положение флажка **В** соответствует включению верхнего ряда передач, а положение **Н** — включению нижнего ряда передач. Каждое положение рычага основной коробки соответствует двум передачам: одной в нижнем и одной в верхнем диапазонах. Изложенное поясняет рис. 3.6. Нажимая на верхнюю часть клавиши, мы включаем прямую высшую (**В**) передачу в делителе. При нажатии на нижнюю часть клавиши включается низшая (**Н**) передача (рис. 3.7).

Учебные автомобили 2 и 4 имеют трансмиссию с делителем. У них на рычаге переключения передач установлена клавиша. Учебный автомобиль 3 имеет трансмиссию с демультипликатором. У него на рычаге переключения передач установлен флажок.

Для переключения делителя при любой включенной передаче или совместно с переключением передач в основной коробке необходимо предварительно перевести клавишу в новое положение. При нажатии на педаль сцепления произойдет переключение делителя. Переключение демультипликатора осуществляется при переходе с

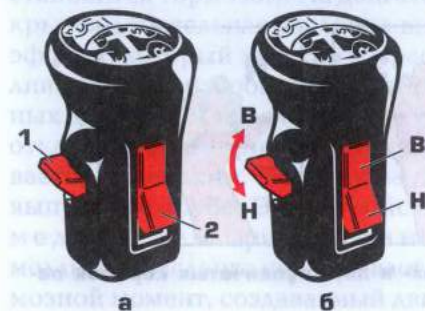


Рис. 3.5. Рукоятка рычага переключения передач с органами управления демультипликатором и делителем:

а — расположение органов управления на рукоятке: 1 — переключатель диапазонов демультипликатора; 2 — переключатель делителя; б — положение органов управления: **В** — верхний диапазон (верхняя передача делителя); **Н** — нижний диапазон (нижняя передача делителя)

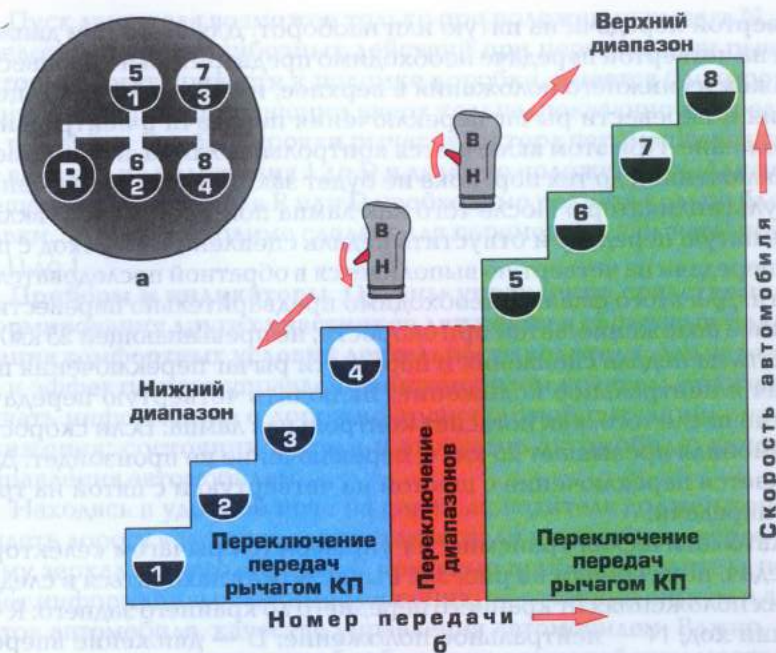


Рис. 3.6. Управление восьмиступенчатой трансмиссией с демультипликатором:

а — положение рычага переключения передач; б — схема управления



Рис. 3.7. Управление шестнадцатиступенчатой трансмиссией с демультипликатором и делителем

четвертой передачи на пятую или наоборот. Для этого при движении на четвертой передаче необходимо предварительно перевести флажок из нижнего положения в верхнее, нажать на педаль сцепления и перевести рычаг переключения передачи в нейтральное положение. При этом включается контрольная лампа, и она остается включенной до тех пор, пока не будет закончено переключение демультипликатора. После того как лампа погаснет, можно включить пятую передачу и отпустить педаль сцепления. Переход с пятой передачи на четвертую выполняется в обратной последовательности. Для этого флажок необходимо предварительно перевести в нижнее положение, затем при скорости, не превышающей 25 км/ч, нажать на педаль сцепления и перевести рычаг переключения передач в нейтральное положение. Включить четвертую передачу можно после того, как погаснет контрольная лампа. Если скорость автомобиля превышает 25 км/ч, переключение не произойдет. Допускается переключение с шестой на четвертую и с пятой на третью передачи.

Автоматическая трансмиссия управляется рычагом селектора передач, показанным на рис. 3.8. Рычаг может находиться в следующих положениях от крайнего переднего до крайнего заднего: R — задний ход; N — нейтральное положение; D — движение вперед (при этом происходит автоматическое переключение от первой до четвертой передачи); 3, 2 — наивысшие передачи, до которых будет происходить автоматическое переключение; 1 — движение только на первой передаче.

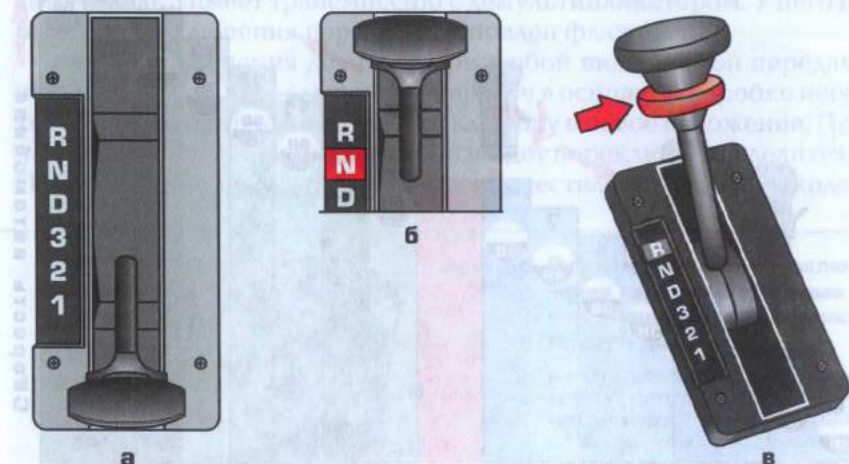


Рис. 3.8. Рычаг селектора передач автоматической трансмиссии:

а — движение только на первой передаче; б — нейтральное положение рычага; в — устройство для разблокирования рычага

Пуск двигателя возможен только при положении рычага N. Для предотвращения ошибочных действий при перемещении рычага, которые могут привести к поломке коробки, имеется блокировка, снимаемая при перемещении вверх кольца, показанного стрелкой на рис. 3.8, в. Без блокировки рычаг селектора перемещается только вверх — из положения 1 до D и далее до положения N. Для перемещения рычага из N в R или D необходимо поднять кольцо блокировки. То же необходимо сделать для перемещения рычага вниз — от D до 1.

Приборы и индикаторы. Органы управления средствами информирования других участников движения и системами поддержания комфортных условий деятельности водителя. Для надежного и эффективного управления автомобилем водитель должен получать информацию о дорожно-транспортной ситуации; режиме движения; состоянии систем и агрегатов автомобиля, качестве управления автомобилем.

Находясь в удобной позе на сиденье, водитель должен хорошо видеть дорогу как перед собой, так и сзади автомобиля (через систему зеркал заднего обзора). С помощью приборов водитель получает информацию о режиме движения, о состоянии систем и агрегатов автомобиля, качестве управления автомобилем. Важно, чтобы водитель, находясь в удобной позе на своем рабочем месте, мог хорошо видеть все эти приборы.

Современный грузовой автомобиль оборудуется системой наружных зеркал заднего обзора показанной на рис. 3.9. Помимо двух основных зеркал (левого 1 и правого 3), устанавливаются дополнительные зеркала 2, 4, 5. Чтобы обеспечить требуемую зону обзора, зеркала грузовых автомобилей и автобусов выполняются сферическими. Хотя минимальный радиус сферы ограничен, водитель видит дорогу с искажением, что затрудняет оценку ситуации сзади автомобиля при обгоне. Поэтому с левой стороны размещено дополнительное плоское зеркало 2.

С правой стороны даже сферическое зеркало не обеспечивает обзора пространства вдоль борта автомобиля и прежде все-



Рис. 3.9. Система зеркал заднего обзора:

1 — основное левое сферическое зеркало; 2 — дополнительное левое плоское зеркало; 3 — основное правое сферическое зеркало; 4 — дополнительное правое сферическое зеркало широкого обзора; 5 — правое дополнительное зеркало для обзора пространства возле правой двери

го в районе кабины автомобиля. Поэтому с правой стороны устанавливается дополнительное зеркало 5, позволяющее водителю наблюдать за пространством возле правой двери кабины. На автопоездах в основное зеркало не видно прицепа на крутом повороте. Эту проблему помогает решить зеркало широкого обзора 4, позволяющее видеть движение прицепа на крутом повороте и судить о наличии других участников движения в «слепой зоне» основного зеркала. Чтобы водитель мог отрегулировать положение основного правого зеркала без посторонней помощи, применяется дистанционный привод поворота зеркала с места водителя. На автобусах дополнительные зеркала устанавливают для того, чтобы водитель мог видеть пространство возле обеих дверей автобуса и в салоне.

Приборы, установленные на автомобиле, можно разделить на пилотажные, контрольные и индикаторы. П и л о т а ж н ы е приборы необходимы для реализации оптимальных алгоритмов регулирования скорости автомобиля: скоростного и экономичного. Для этой цели требуются тахометр и спидометр. На двигателях с искровым зажиганием нужен эконометр на всех типах двигателей с турбонаддувом — манометр давления наддува.

Показателями качества управления автомобилем являются средняя скорость и средний расход топлива. Для их определения на автомобиль устанавливается бортовой компьютер. Указатель уровня топлива в баке позволяет планировать заправку автомобиля топливом.

К о н т р о л ь н ы е приборы соответственно температуры охлаждающей жидкости, давления масла в смазочной системе двигателя, давления воздуха в контурах тормозной системы, напряжения бортовой сети позволяют контролировать состояние систем и агрегатов автомобиля.

Стрелочные приборы удобны для наблюдения за медленно изменяющимися параметрами, например, в случае постепенного повышения температуры охлаждающей жидкости. При быстром изменении контролируемых параметров вероятность обнаружения этого по стрелочному прибору невелика, и для этих случаев для привлечения внимания водителя служат световые индикаторы. Поскольку таких индикаторов много, быстро заметить засветившийся среди них также сложно. Для ускорения обнаружения сигнала служат дополнительно установленные центральный индикатор и звуковой зуммер, которые срабатывают одновременно с любым из индикаторов. Кроме аварийных имеются информационные индикаторы, которые подтверждают включение определенной системы (сигнала поворота, габаритных огней, дальнего света), верхнего ряда передач, стояночного тормоза и т. д.

Яркий солнечный свет, неблагоприятные погодные условия (дождь, снегопад), темное время суток — факторы, затрудняющие

или делающие невозможным получение информации из среды движения автомобиля, чтение показаний приборов. Поэтому автомобиль снабжается дополнительным оборудованием, системами повышения надежности получения водителем необходимой ему информации. Не менее важным для безопасности движения является информирование водителем других участников движения о своих предполагаемых маневрах. Надежность управления зависит от микроклимата в салоне автомобиля. Для создания комфортных условий в салоне автомобиль оснащен системами отопления, вентиляции и кондиционирования.

Водитель управляет перечисленными системами, оборудованием посредством соответствующих органов управления. Расположение приборов и индикаторов органов управления дополнительными системами, помогающих водителю сохранять надежность своих действий при изменении условий движения, информировать других участников движения о своих маневрах, показано на рис. 3.10.

Положение противосолнечных шторок регулируется по высоте, с тем чтобы предотвратить прямое попадание солнечных лучей в глаза водителя. Система очистки ветрового стекла от влаги и снега и омывания стекла от грязи управляется правым подрулевым рычагом. При перемещении вверх он имеет три фиксированных положения: первое — прерывистая работа стеклоочистителей, второе — низкая скорость, третье — высокая скорость. Для подачи омывающей жидкости необходимо переместить рычаг в сторону рулевого колеса.

Переключатель наружного освещения и подсветки приборов расположен слева на приборной панели. Он имеет следующие положения: 0 — все выключено; поворот на один шаг — включено стояночное освещение; поворот на второй шаг — включены фары (если ключ замка зажигания находится в положении «движение»). Переключение «ближний—дальний» свет осуществляется левым подрулевым рычагом, который имеет два фиксированных положения относительно рулевого колеса: ближе (включен «ближний» свет) и дальше (включен «дальний» свет). Из ближнего к рулевому колесу фиксированного положения рычаг можно «подтянуть» в сторону рулевого колеса. При этом он не фиксируется, но до тех пор, пока водитель удерживает его, будет гореть дальний свет вне зависимости от положения переключателя света и ключа зажигания. Левый подрулевой рычаг включает также и указатели поворота: при перемещении вверх включается правый указатель, а вниз — левый. Слева от руля расположен еще один, небольшой подрулевой переключатель. Его перемещением вниз и назад водитель включает аварийную сигнализацию. Сигнал о торможении включается автоматически при перемещении педали тормоза.

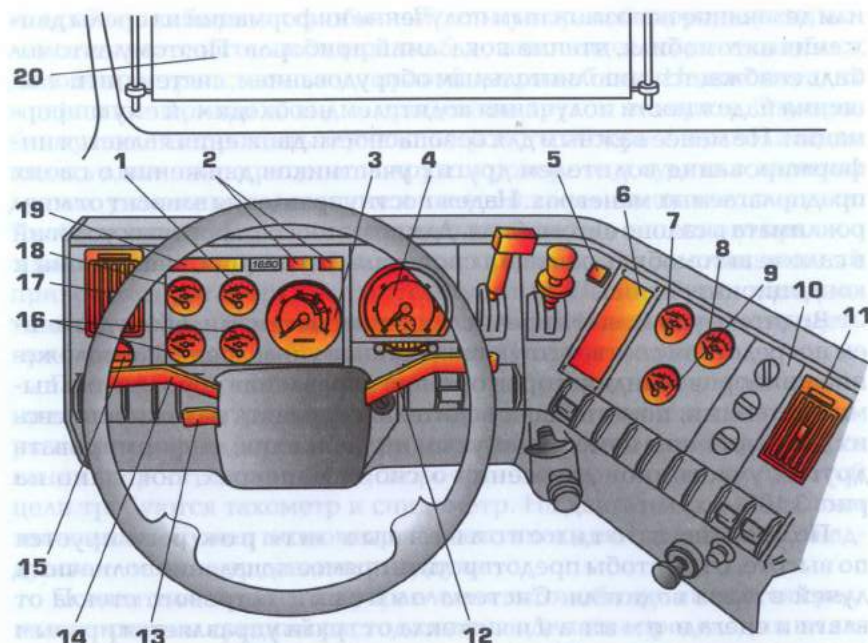
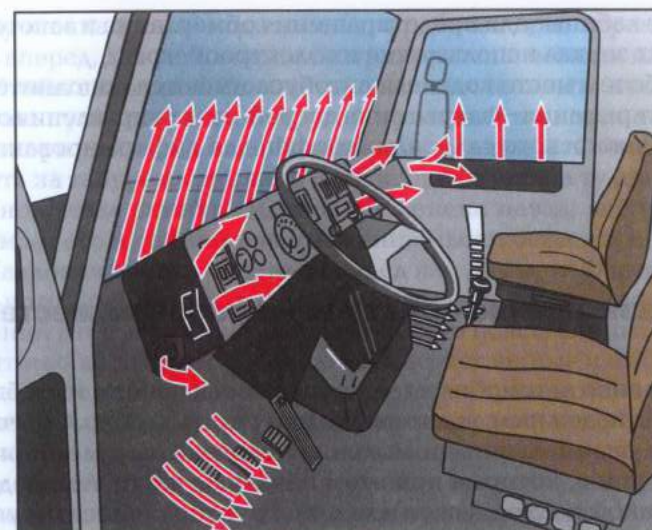


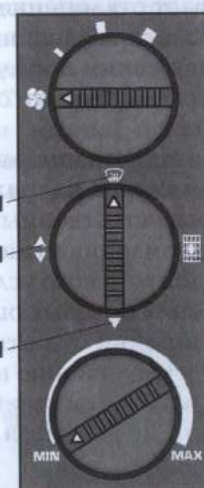
Рис. 3.10. Расположение приборов, индикаторов и органов управления дополнительными системами:

1 — манометр давления турбонаддува; 2 — центральные индикаторы; 3 — тахометр; 4 — спидометр; 5 — клавиша проверки индикаторов; 6 — панель индикаторов; 7 — указатель уровня топлива; 8 — указатель давления масла; 9 — вольтметр; 10 — пульт управления отоплением и вентиляцией; 11 — вентиляционное сопло; 12 — рычаг включения стеклоочистителя и омывателя ветрового стекла; 13 — рычаг включения аварийной световой сигнализации; 14 — рычаг включения указателей поворота и кратковременного включения дальнего света; 15 — переключатель стояночного освещения, ближнего и дальнего света фар; 16 — манометры давления воздуха в переднем и заднем контурах тормозной системы; 17 — вентиляционное сопло; 18 — указатель температуры охлаждающей жидкости; 19 — блок индикаторов; 20 — противосолнечная шторка

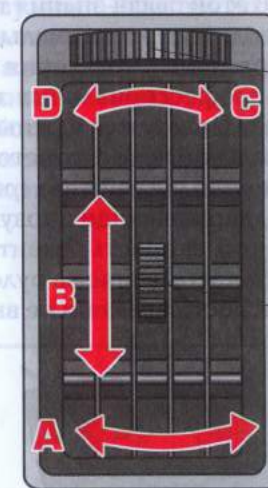
Система отопления и вентиляции салона и обогрева стекол управляется с отдельного пульта. Схема распределения потоков воздуха в кабине и пульт управления показаны на рис. 3.11. Верхний переключатель 1 регулирует скорость вентилятора, средний 2 — распределяет потоки воздуха, нижний 3 — регулирует температуру подаваемого воздуха. В положении ручки **max** воздух поступает максимально подогретым. При отсутствии кондиционера в положении рукоятки **min** в кабину поступает воздух с температурой окружающей среды. При наличии кондиционера это положение соответствует максимальному охлаждению поступающего воздуха. Для вентиляции салона в летнее время при отсутствии кондиционера используются опускающиеся боковые стекла дверей и люк



а



б



в

Рис. 3.11. Действие систем отопления и вентиляции:

а — схема распределения потоков воздуха в кабине; б — пульт управления системой вентиляции и отопления: 1 — переключатель скорости вентилятора; 2 — переключатель распределения воздуха: I — поток воздуха направлен в ноги; II — поток воздуха распределяется между ногами и ветровым стеклом; III — поток воздуха направлен на ветровое стекло; IV — рециркуляция воздуха внутри кабины; 3 — переключатель регулирования температуры подаваемого воздуха; в — управление подачей воздуха через сопло; 4 — ручка открывания и закрывания сопла; 5 — ручка регулирования направления потока воздуха

на крыше кабины. Для предотвращения обмерзания и запотевания наружных зеркал используется их электрообогрев.

На рабочем месте водителя автобуса имеются дополнительные органы открывания — закрывания дверей, пульт управления отоплением пассажирского салона, микрофон для информирования пассажиров.

3.2. Размещение водителя на рабочем месте

Управление автомобилем — непрерывная работа, и чтобы вождение было надежным, водитель должен сидеть удобно. Обычно при описании оптимального положения человека за рулем приводят значения углов, которые при этом образуют части тела водителя. Однако такой подход важен для конструктора, проектирующего размещение водителя на рабочем месте в автомобиле. Водителю угол мер не требуется, для него главное — ощущение «удобно — неудобно». В этой связи знания того, что вызывает отклонение рабочей позы водителя от оптимальной, как это мешает выполнению операций с органами управления автомобилем и к каким последствиям в виде профессиональных заболеваний может привести со временем, представляются важными.

Оптимальной позе соответствует наиболее естественное взаимное положение частей тела (рис. 3.12). В этом случае напряжение мышц, поддерживающих позу, является также естественным. Соответственно, скорость развития процессов утомления мышц наименьшая, и пребывание за рулем в пределах допустимого условия безопасности времени не вызывает появления болевых ощущений.

Отклонение от оптимума приводит к увеличению напряжения мышц, и чем оно выше, тем раньше появляются болевые ощущения.

Почему необходимо сидеть, отклонив туловище назад? При ходьбе человек выносит «точку зрения» на расстояние, необходимое для своевременного реагирования на возможные препятствия. Этому расстоянию соответствует естественный наклон головы. Автомобиль перемещается быстрее человека,



Рис. 3.12. Оптимальная поза водителя грузового автомобиля и автобуса

поэтому «точка зрения» водителя в его рабочей позе перемещается далеко вперед, для чего водителю приходится изменять наклон головы. Чтобы сохранить наклон головы естественным, необходимо отклонить туловище назад. Другой причиной является необходимость опоры для туловища. Чтобы понять важность этого, нужно посидеть на табурете, вытянув ноги вперед и держа туловище вертикально. Когда спинка сиденья наклонена назад, вес туловища прижимает его к спинке и напряжение мышц остается естественным. Наклоняя спинку сиденья вперед или назад относительно оптимального положения, мы можем ожидать появления болевых ощущений в области шеи, мышц плечевого пояса, спины.

В оптимальной позе сохраняются и естественные изгибы позвоночника, который является «пружиной», амортизирующей вертикальные толчки. Роль упругих элементов играют межпозвоночные диски, которые в естественном положении нагружаются равномерно. Типичная ошибка человека за рулем — наклон туловища вперед. В этом случае спина принимает округлую форму (рис. 3.13, а), передняя часть межпозвоночного диска сдавливается, воспринимая дополнительную нагрузку, которая при оптимальном положении тела распределяется равномерно. Результат — потеря возможности позвоночника амортизировать толчки и, что самое главное, повреждение межпозвоночных дисков и риск заболевания позвоночника. Снизить риск таких заболеваний помогают современные спинки сидений, оснащенные устройством, позволяющим регулировать кривизну спинки в области поясницы, чтобы ее можно было подогнать к естественным изгибам конкретных водителей.

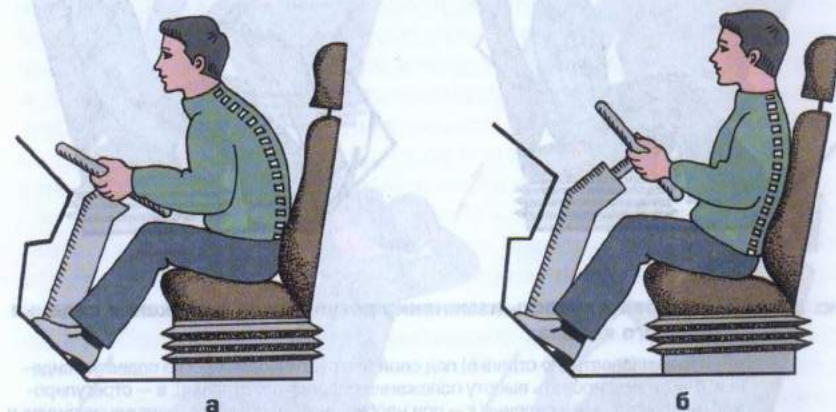


Рис. 3.13. Типичные ошибки при выборе водителем рабочей позы:

а — наклон туловища вперед («круглая спина»); б — вертикальное положение туловища, большой наклон подушки сиденья (сжатые внутренние органы), согнутые руки (близкое положение рулевого колеса)

Угол между бедром и туловищем влияет на естественное положение внутренних органов. Когда он меньше требуемого, происходит сжатие внутренних органов, вызывающее болевые ощущения. Причины этого — наклон туловища вперед, большой наклон подушки сиденья назад (рис. 3.13, б).

Удобство положения ног зависит от угла их изгиба в колене — чем угол больше, тем лучше. В то же время величина угла изгиба в колене ограничивается возможностью нажать на педаль сцепления



Рис. 3.14. Последовательность изменения регулировок положения сиденья и рулевого колеса:

а — отрегулировать (по стрелке) под свой вес статический прогиб подвески сиденья; б — отрегулировать высоту положения сиденья (по стрелке); в — отрегулировать наклон подушки сиденья; г — при необходимости изменить положение сиденья в продольном направлении (показано стрелкой); д — уточнить наклон спинки сиденья; е — проверить досягаемость рычага переключения передач; ж — отрегулировать положение рулевого колеса (показано стрелкой); з — уточнить кривизну спинки сиденья; и — отрегулировать положение подголовника (показано стрелкой); к — застегнуть ремень безопасности

«до пола», для чего колено должно оставаться чуть-чуть согнутым, а угол в голеностопе должен быть близок к прямому.

Положение рук, позволяющее реализовать оптимальную технику руления, к сожалению, не является естественным. Руки стоящего человека опущены вдоль туловища, а оптимальное положение рук водителя близко к горизонтальному. В локте руки должны быть согнуты так, чтобы при повороте рулевого колеса рука, держащая его в верхней



точке, была чуть-чуть согнутой, а туловище оставалось неподвижным. Отклонение от естественного положения рук является ценой, которую человек за рулем должен заплатить за возможность реализации оптимальной техники руления, которая будет изложена ниже.

Используя образ часового циферблата, отметим, что оптимальным является положение рук на рулевом колесе между «девятым и десятым часом» для левой и между «вторым и третьим часом» для правой. Для того чтобы удобно было держать рулевое колесо, поперечная спица в нейтральном положении колеса должна располагаться горизонтально. При этом создаются наилучшие условия для считывания показаний приборов. Наклон туловища водителя не должен изменяться при выполнении им перемещения и других (кроме рулевого колеса) органов управления, прежде всего рычага коробки передач. Конструкторы позаботились также о том, чтобы водитель, находящийся в оптимальной позе, имел наилучшие условия для наблюдения за дорогой.

Распространенная ошибка при вождении заключается в том, что в случае опасности многие водители изменяют свою оптимальную позу, принимая напряженную позу. Связано это с естественной реакцией человека на опасность, которая проявляется в напряжении мышц и стремлении «сжаться в комок». При этом водитель «ложится грудью на руль», лишая себя возможности исправить положение. Нужно заставить себя «упереться руками в руль», прижимая туловище к спинке сиденья, и сохранить тем самым оптимальную позу.

Для нахождения оптимальной индивидуальной позы необходимо учиться анализировать свои ощущения. Все проявления неудобства следует компенсировать, используя имеющиеся в автомобиле регулировки, подбирая оптимальное положение сиденья относительно органов управления. Когда рабочее место водителя имеет только две регулировки (продольное перемещение сиденья и наклон его спинки), будьте готовы к тому, что полного оптимума достичь не удастся. В этом случае придется довольствоваться разумным компромиссом.

Для обеспечения оптимальной позы при вождении рекомендуется определенная последовательность изменения регулировок сиденья (показана на рис. 3.14). Прежде всего необходимо отрегулировать под свой вес статический прогиб подвески сиденья (рис. 3.14, а), затем выбрать высоту положения сиденья, с тем чтобы угол в колене стоящей на полу ноги был чуть-чуть больше прямого, а нижняя граница проема ветрового стекла и панель приборов не ограничивали поле обзора перед автомобилем (рис. 3.14, б). Подушка сиденья должна быть наклонена назад ровно на столько, чтобы не было ощущения, что вы сползаете с сиденья (рис. 3.14, в). После этого необходимо нажать на педаль сцепления «до пола» и отрегулировать продольное перемещение сиденья таким образом, чтобы левая нога оставалась чуть-чуть согнутой в колене (рис. 3.14, г). Может оказаться, что высоту сиденья и наклон

подушки придется несколько изменить. Затем следует установить наклон спинки (рис. 3.14, г) и проверить досягаемость рычага переключения передач в крайнем правом положении, рычагов тормоза прицепа и стояночного тормоза (рис. 3.14, е). В случае необходимости найти компромиссное положение сиденья. После этого необходимо проверить удобство перемещения педали скорости.

Найдя оптимальное положение сиденья относительно педалей и рычагов управления, необходимо отрегулировать положение рулевого колеса (рис. 3.14, ж). Наклон рулевого колеса следует установить максимально возможным, так как при этом улучшается его досягаемость и повышается скорость вращения в критических ситуациях. Затем, перемещая рулевое колесо вдоль оси вращения, нужно найти такое его положение, при котором рука, чуть-чуть согнутая в локте, может держать рулевое колесо в верхней точке. После этого необходимо проверить: не мешает ли обзору среды движения и приборов обод рулевого колеса, достаточны ли зазоры между животом и ободом, между бедрами и ободом в верхнем положении поддрессоренного сиденья. В случае необходимости найти разумный компромисс. Наконец, следует отрегулировать форму спинки сиденья.

При уменьшении числа регулировок процесс отладки упрощается, но возможности удобного сиденья за рулем также уменьшаются.

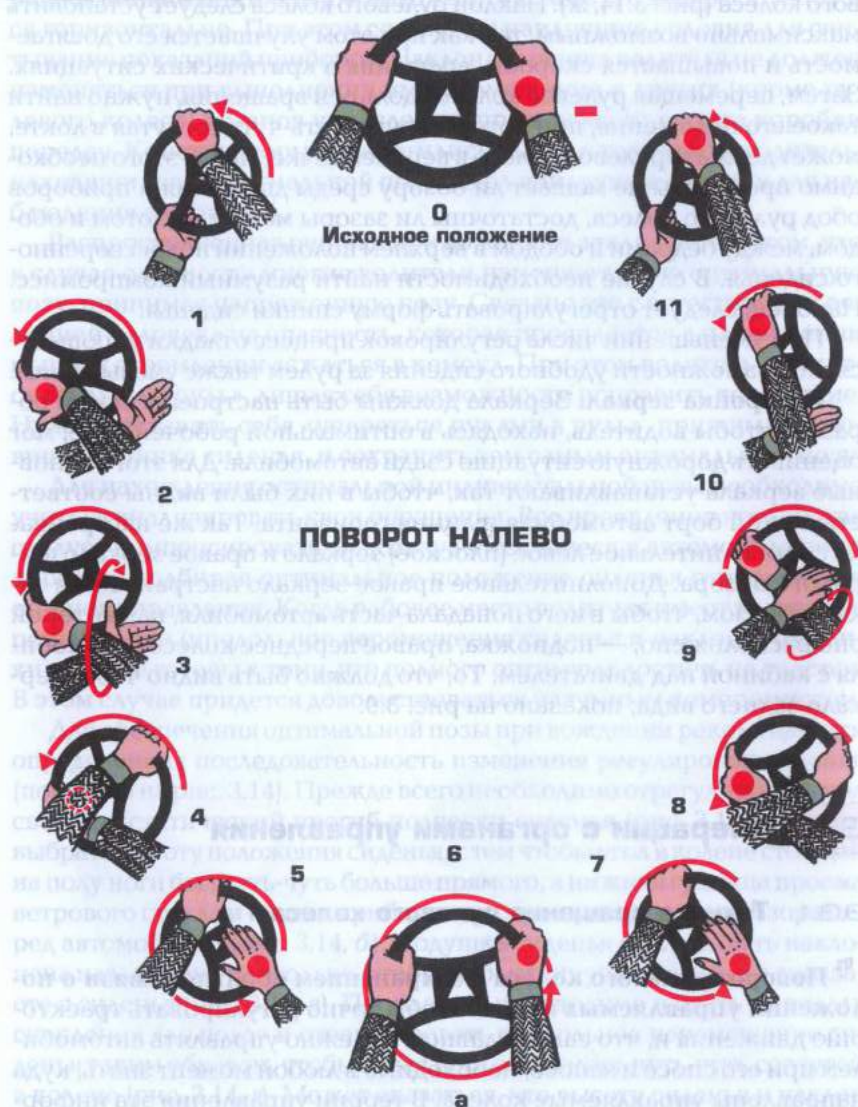
Настройка зеркал. Зеркала должны быть настроены таким образом, чтобы водитель, находясь в оптимальной рабочей позе, мог оценивать дорожную ситуацию сзади автомобиля. Для этого основные зеркала устанавливаются так, чтобы в них были видны соответствующий борт автомобиля и линия горизонта. Так же настраиваются дополнительное левое (плоское) зеркало и правое зеркало широкого обзора. Дополнительное правое зеркало настраивается таким образом, чтобы в него попадала часть автомобиля, над которой оно расположено, — подножка, правое переднее колесо автомобиля с кабиной над двигателем. То, что должно быть видно через зеркало заднего вида, показано на рис. 3.9.

3.3. Операции с органами управления

3.3.1. Техника вращения рулевого колеса

Поворот рулевого колеса с сохранением обратной связи о положении управляемых колес. Чтобы точно регулировать траекторию движения и, что самое главное, надежно управлять автомобилем при его сносе и заносе, необходимо в любой момент знать, куда направлены управляемые колеса. В теории управления эта инфор-

мация называется «обратной связью». Чтобы сохранить эту связь при повороте рулевого колеса на большие углы, когда необходимо перехватывать его руками, применяется определенная техника руления. Кинограмма поворота рулевого колеса из нейтрального положения на 360° влево и вправо и возврат его обратно дает представление о такой технике. Суть ее заключается в том, что одна рука, контролирующая положение рулевого колеса, постоянно контактирует с ободом в одном и том же месте. При повороте налево



контролирующей является правая рука, а при повороте направо — левая (контролирующая рука указана красной меткой). Перехватывает руль при повороте налево левая рука, а при повороте направо — соответственно правая. Контролирующая рука

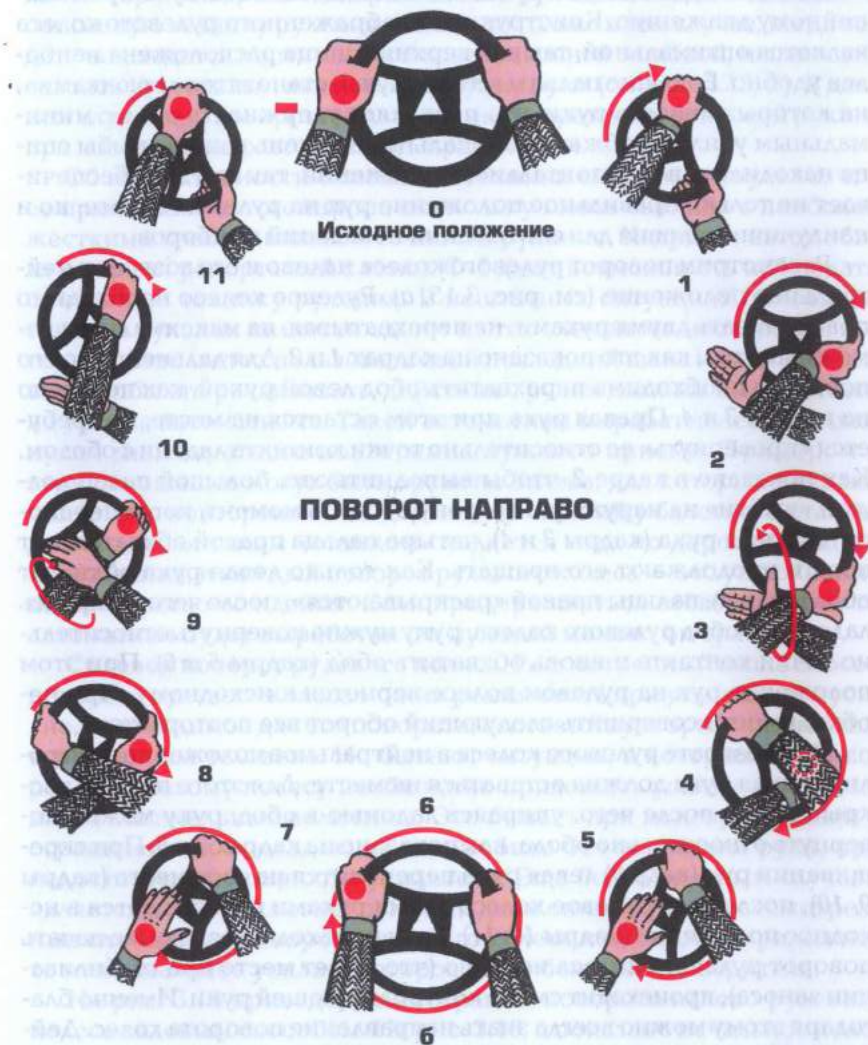


Рис. 3.15. Кинограмма поворота рулевого колеса:

а — положение рук (1—11) на рулевом колесе при повороте налево и возврате в нейтральное положение; б — положение рук (1—11) на рулевом колесе при повороте направо и возврате в нейтральное положение; 0 — нейтральное положение; 1—5 — положение рулевого колеса в процессе поворота; 6 — рулевое колесо повернуто на 360° ; 7—11 — положения рулевого колеса при его возврате в нейтральное положение

остается на своем месте и при возврате руля. Смена контролирующей руки происходит при прохождении рулевого колеса через нейтральное положение. Кинограмма поворота рулевого колеса налево показана на рис. 3.15, а, направо — на рис. 3.15, б.

Исходное положение рулевого колеса соответствует прямолинейному движению. Конструкция изображенного рулевого колеса является оптимальной, так как верхняя спица расположена наиболее удобно. Большие пальцы в этом случае становятся «крючками», на которых «висят» руки, что позволяет удерживать обод с минимальным усилием обжатия его пальцами. Очень важно, чтобы спица находилась в горизонтальном положении, так как это обеспечивает не только правильное положение рук на рулевом колесе, но и наилучшие условия для считывания показаний приборов.

Рассмотрим поворот рулевого колеса налево и его возврат в нейтральное положение (см. рис. 3.15, а). Рулевое колесо необходимо поворачивать двумя руками, не перехватывая, на максимально возможный угол, как это показано на кадрах 1 и 2. Для дальнейшего его поворота необходимо перехватить обод левой рукой, как показано на кадрах 3 и 4. Правая рука при этом остается на месте, но требуется «провернуть» ее относительно точки контакта ладони с ободом. Как показано в кадре 2, чтобы выполнить это, большой палец должен «выйти» на наружную сторону обода. В момент, когда переносится левая рука (кадры 3 и 4), четыре пальца правой обхватывают обод и продолжают его вращать. Как только левая рука обхватит обод (кадр 4), пальцы правой «раскрываются», после чего, упираясь ладонью в обод рулевого колеса, руку нужно повернуть относительно точки контакта и вновь обхватить обод (кадры 5 и 6). При этом положение рук на рулевом колесе вернется к исходному. При необходимости совершить следующий оборот все повторяется.

При возврате рулевого колеса в нейтральное положение контролирующая рука должна оставаться на месте. Для этого пальцы раскрываются, после чего, упираясь ладонью в обод, руку можно повернуть относительно обода, как показано на кадрах 7 и 8. При скрещивании рук (кадр 8) левая рука переносится на свое место (кадры 9, 10), после чего рулевое колесо двумя руками возвращается в исходное положение (кадры 10, 11). Если необходимо сразу же начать поворот рулевого колеса направо (что имеет место при стабилизации заноса), происходит смена контролирующей руки. Именно благодаря этому можно всегда знать направление поворота колес. Действия руками при этом будут симметричны по отношению к повороту рулевого колеса налево, как показано на рис. 3.15, б.

Вращение рулевого колеса двумя руками позволяет точно дозировать его поворот при небольших его углах, благодаря тому, что руки могут работать в противофазе: левая рука тянет налево, правая — направо. Вращение происходит в сторону руки, создающей большее уси-

лие. Дозируя разность усилий, можно поворачивать рулевое колесо на очень маленькие углы. Необходимость в этом возникает, прежде всего, на скользкой дороге. Вращение двумя руками позволяет наиболее быстро увеличивать или уменьшать углы поворота рулевого колеса, так как не теряется время на перемещение рук вдоль обода. Реализовать описанную технику руления возможно только в том случае, когда водитель находится в оптимальной позе. Основной ошибкой, мешающей освоить эту технику, являются согнутые руки (см. рис. 3.13, б). В данном случае при повороте налево в живот упрется локоть левой руки, а при повороте направо — локоть правой руки.

Об эффективности описанной техники свидетельствует то, что ее применяют автогонщики, поскольку гонки связаны с наиболее жесткими требованиями к точности руления. Кадры из автомобиля во время репортажей с гонок Ф-1 дают возможность наблюдать описанную технику руления. В нештатных ситуациях описанная техника руления является одним из тех элементов мастерства, который позволяет использовать свой последний шанс на сто процентов. Чтобы его реализовать, действия с рулем должны выполняться на уровне автоматизма. Такой автоматизм вырабатывается только путем многократного повторения нужного приема. Примером в этом отношении могут быть артисты балета, для которых день начинается с повторения стандартных движений у балетного станка. Для водителя таким «станком» является езда по дорогам общего пользования, и каждый поворот рулевого колеса — это упражнение на мастерство вождения. Если придерживаться этого правила, то автоматизм будет выработан и в нужный момент он сработает.

Силовой поворот рулевого колеса. Рассмотренный выше способ поворота рулевого колеса можно реализовать при условии, что усилие, необходимое для его поворота, соответствует эргономическим требованиям человека. Но бывают ситуации, в которых для поворота к рулевому колесу необходимо приложить усилие, превышающее оптимальные величины. Это бывает при маневрировании в ограниченных проездах: на автомобиле без усилителя руля, при недостаточной мощности усилителя. Еще более опасным случаем является отказ усилителя руля при движении. Во всех рассмотренных случаях для поворота рулевого колеса необходимо приложить то максимальное усилие, которое способен развить водитель.

На рис. 3.16 приведена кинограмма поворота налево рулевого колеса силовым способом. На рис. 3.16, а показано начальное положение рук. Чтобы приложить к ободу рулевого колеса максимальное усилие руки, необходимо переместить левую руку в положение «пол-одиннадцатого», а правую — в положение «полпятого» (рис. 3.16, б). Левая рука начинает тянуть рулевое колесо на себя, а правая — толкать его от себя, поворачивая рулевое колесо до положения левой руки на «полвосьмого», а правой — до «полвторого»

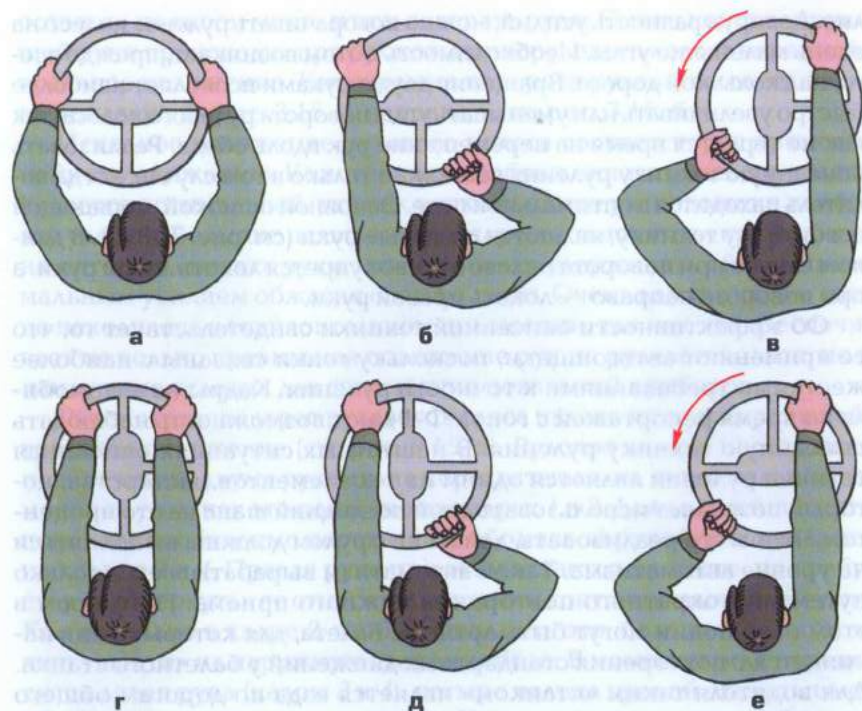


Рис. 3.16. Силовой способ поворота рулевого колеса:

а — исходное положение рук; б — положение рук, обеспечивающее максимальное усилие; в — положение рук после первого поворота рулевого колеса; г — правая рука удерживает рулевое колесо, левая перемещается в исходное положение; д — левая рука удерживает рулевое колесо, правая перемещается в исходное положение; е — положение рук после второго поворота рулевого колеса

(рис. 3.16, в). Если попытаться поворачивать рулевое колесо дальше, не переставляя рук, усилие, прилагаемое к нему, снизится. Поэтому необходимо, удерживая рулевое колесо правой рукой, переместить левую в положение «пол-одиннадцатого» (рис. 3.16, г) и, удерживая рулевое колесо левой рукой, вернуть в положение «полпятого» правую руку (рис. 3.16, г). Далее все повторяется до тех пор, пока рулевое колесо не будет повернуто на необходимый угол (рис. 3.16, е).

3.3.2. Операции с педалями и рычагами управления

Техника выполнения операций с педалями управления влияет на точность и плавность изменения скорости движения в штатных ситуациях, возможность реализации скоростных и тормозных

свойств в нештатных режимах движения. Чтобы оптимизировать свои действия с педалями, необходимо находиться в оптимальной позе. При управлении педалью скорости важно, чтобы оптимальное положение водителя оставалось без изменения в процессе перемещения педали из одного крайнего положения (холостого хода) в другое крайнее положение (полной подачи топлива). Для этого необходимо найти такое положение пятки, при котором она остается на месте. Поскольку стопа правой ноги большую часть времени движения давит на педаль скорости, точка ее контакта с педалью должна находиться у основания пальцев (если нажимать пальцами, то будут задействованы мышцы, которые не предназначены для восприятия статических нагрузок, и быстро возникнут болевые ощущения). На рис. 3.17, а показаны положение стопы и изменение угла в голеностопном суставе для описанного случая.

Если ход педали скорости превышает 50...55 мм, то выполнение операции ее перемещения только за счет изменения угла в голеностопе станет неудобным. Для сохранения изменения угла в оптимальных пределах приходится перемещать пятку. Это создает меньшее неудобство, чем изменение угла в голеностопе на очень большую величину.

Возможность удобного регулирования положения педали скорости позволяет плавно изменять и точно стабилизировать скорость автомобиля, надежнее устранять буксование ведущих колес на скользкой дороге.

Чтобы затормозить, необходимо перенести правую ногу с педали скорости на педаль тормоза. Время, необходимое для этого, входит как составляющая в величину времени реакции водителя. Поэтому, когда водитель находится в оптимальной позе, время переноса ноги на педаль тормоза минимальное. На рис. 3.17, б показано, что в этом случае углы между бедром и туловищем и в коленном суставе изменяются незначительно, что и обеспечивает удобство выполнения операций. Значительное изменение угла между бедром и туловищем происходит тогда, когда водитель находится за рулем в неоптимальной позе, показанной на рис. 3.17, в.

Тормозить, не отрывая пятку от пола, неудобно не только потому, что у педали тормоза ход больше, чем у педали скорости. Для их перемещения необходимо прикладывать различные усилия. Так, максимальное усилие на педаль скорости составляет 50...80 Н, а для педали тормоза этот уровень является пороговым, при преодолении которого начинается ее рабочий ход. Максимальное усилие на педаль «хороших тормозов» составляет 200...400 Н. Поворотом стопы создать такое усилие невозможно. Поэтому нажимать на педаль тормоза необходимо перемещением бедра при фиксированном угле в голеностопе, как это показано на рис. 3.17, г. Очень важно, что такой способ позволяет перемещать педаль тормоза с максималь-



ной частотой, регулируя достаточно точно амплитуду перемещения. При торможении с предельным замедлением это является условием возможности движения без заноса или сноса.

Очевидно, что замечания по поводу выполнения операций с педалью тормоза в равной мере применимы и к действиям с педалью сцепления. Тем не менее, встречаются автомобили, у которых педаль тормоза и педаль сцепления расположены низко. Поэтому пят-

ка упирается в пол раньше, чем педаль дойдет «до упора». В этом случае ее приходится «дожимать» поворотом ступни, как показано на рис. 3.17, г. Это ухудшает возможность реализации тормозных свойств. Выбирая скорость и дистанцию, не следует забывать об этом.

Современные грузовые автомобили и автобусы имеют либо гидравлическую тормозную систему с усилителем, либо пневматическую тормозную систему, конструктивным недостатком которых может быть слабая реактивность педали тормоза — «мягкая» педаль тормоза. В этом случае сопротивление перемещению педали не уравнивает вес ноги и плавное ее перемещение всей ногой становится затруднительным. Поэтому при штатных торможениях на такую педаль удобнее нажимать поворотом голенистопа, опираясь пяткой о пол, а при экстренном торможении — перемещением бедра, как описано выше. Неприятности, которые связаны с «мягкой педалью», будут рассмотрены ниже при описании торможения.

Типичной ошибкой, допускаемой при переключении передач, является попытка переместить рычаг в поперечном направлении раньше, чем он дойдет до нейтрального положения. При спокойном переключении передач эта ошибка проявляется в наложении мелких поперечных движений (в пределах люфта) на перемещение рычага в продольном направлении. Для устранения этого необходимо заставлять себя сначала двигать рычаг только в продольном направлении, а после выхода в нейтральное положение — только в поперечном направлении.

Автоматизм выполнения операций с органами управления является фундаментом мастерства водителя. Чтобы достичь этого, необходимо научиться контролировать правильность их выполнения и анализировать допущенные ошибки.

3.4. Техника регулирования движения автомобиля

Подведем первые итоги. Вы находитесь за рулем в удобной позе. Чистые ветровое и боковые стекла обеспечивают требуемый обзор в направлении движения. Зеркала позволяют контролировать ситуацию сзади автомобиля. Системы освещения, очистки стекол и фар, очистки от обмерзания и запотевания ветрового, боковых стекол, наружных зеркал заднего вида находятся в состоянии готовности и в любой момент могут быть приведены в действие, чтобы обеспечить необходимую обзорность. Автомобиль готов к поездке, ос-

талось пристегнуться ремнем безопасности и можно трогаться в путь. Однако, прежде чем начать освоение приемов пуска и остановки двигателя, трогания автомобиля с места, следует затратить время на изучение техники руления, описанной выше. Для этого можно воспользоваться тренажером либо поднять управляемые колеса автомобиля, превратив его в тренажер. Изучение техники руления на неподвижном автомобиле позволит спокойно разобраться в том, какая рука является контролирующей и должна оставаться на рулевом колесе, а какой рукой его необходимо перехватывать. Другой важный момент — научиться определять прохождение рулевого колеса через нейтральное положение, соответствующее прямолинейному движению, меняя при этом контролирующую руку. Для этого начинать и заканчивать упражнение необходимо при нейтральном положении управляемых колес.

Переходить к изучению приемов регулирования скорости автомобиля следует после того, как будет достигнут определенный автоматизм при выполнении операций с рулевым колесом на неподвижном автомобиле. Когда автомобиль поедет, умение вращать рулевое колесо, не перехватывая его, будет полезным по следующей причине. Когда обучаемый не знает, куда «смотрят» колеса, автомобиль едет зигзагами, потому что в момент возвращения автомобиля на заданную траекторию управляемые колеса «смотрят в сторону», но водитель узнает об этом с запозданием, после того как автомобиль начнет отклоняться в сторону их поворота. Описанная выше техника руления позволяет всегда знать направление управляемых колес. Поэтому по мере приближения к заданной траектории можно уменьшать угол поворота рулевого колеса и всегда поставить колеса прямо, как только автомобиль вернется на заданную траекторию.

3.4.1. Подготовка автомобиля к работе

Перед пуском двигателя необходимо проверить: 1) уровень масла в картере двигателя; 2) уровень охлаждающей жидкости; 3) наличие топлива в баке (по указателю уровня топлива); 4) наличие жидкости в бачке омывателя ветрового стекла и, в случае наличия, омывателя фар; 5) работу систем наружного освещения, стеклоочистителя, указателя поворота, аварийной сигнализации.

После пуска двигателя проверить с помощью приборов: 1) давление масла в двигателе; 2) давление воздуха в воздушной системе (у автомобилей с пневматическим приводом тормозов); 3) напряжение (силу тока) в бортовой электросети.

Еженедельно перед пуском двигателя необходимо проверять: 1) уровень масла в гидросистеме руля (при его наличии); 2) уровень

электролита в аккумуляторе; 3) давление воздуха в шинах и их состояние; 4) отсутствие утечки жидкостей.

Начав движение, необходимо проверить работу тормозов и рулевого управления.

Пуск и остановка двигателя выполняется с соблюдением следующих правил. Перед пуском двигателя необходимо убедиться, что: 1) включен стояночный тормоз; 2) рычаг переключения передач находится в нейтральном положении.

Последовательность операций при пуске двигателя зависит от его теплового состояния. Прогретый карбюраторный двигатель пускается с открытой воздушной заслонкой. Перед включением стартера следует нажать на педаль сцепления и слегка нажать на педаль скорости. Выключение сцепления является страховкой на тот случай, если рычаг переключения передач находится не в нейтральном положении. Стартер нужно включать не более трех раз на 8...10 с с интервалом 15...20 с. Если двигатель не запускается, необходимо найти причину и устранить ее. После пуска двигателя следует дать ему поработать несколько секунд на низких оборотах, после чего можно начинать движение.

Действия при пуске прогретого дизельного двигателя не отличаются от действий при пуске карбюраторного двигателя, за исключением того, что необходимо утопить рукоятку выключения подачи топлива.

Современные двигатели надежно пускаются при температуре окружающего воздуха до $-15 \dots -25^\circ\text{C}$. Если температура воздуха ниже, необходим предварительный прогрев двигателя. Для этого автомобиль может быть оборудован системой обогрева, с помощью которой двигатель прогревается до рабочей температуры.

Пуск холодного карбюраторного двигателя даже при плюсовой температуре проводится с закрытой воздушной заслонкой. После пуска двигателя необходимо утопить рукоятку воздушной заслонки на максимальную величину, при которой двигатель устойчиво работает на низких оборотах.

Начинать движение следует сразу же, как только двигатель будет способен устойчиво работать под нагрузкой. Это уменьшает объем вредных выбросов. По мере прогрева двигателя рукоятку воздушной заслонки необходимо постепенно утапливать до полного открытия воздушной заслонки. У двигателей с искровым зажиганием, имеющих инжекторную систему питания, обогащение смеси при холодном пуске происходит автоматически. Поэтому их пуск упрощается.

Пуск холодного дизеля при температуре выше -5°C осуществляется в той же последовательности, что и карбюраторного, при увеличенном перемещении педали скорости. При температуре окружающего воздуха ниже -5°C для пуска применяют элект-

рофакельный подогреватель воздуха во впускном коллекторе. На рассматриваемом учебном автомобиле включение подогрева выполняется поворотом ключа в положение II (см. рис. 3.3), после чего ключ необходимо отпустить. При этом загорается индикаторная лампа. Автоматический прогрев продолжается до 50 с в зависимости от температуры охлаждающей жидкости, после чего лампочка гаснет. В тот момент, когда лампа погасла, необходимо нажать на педаль сцепления и педаль скорости и, повернув ключ в положение III, включить стартер. На холодном двигателе работа подогревателя воздуха продолжается до 50 с после пуска, при этом индикаторная лампа загорается снова.

После пуска двигателя сразу же необходимо уменьшить перемещение педали скорости на столько, чтобы частота вращения коленчатого вала не превышала $500 \dots 700 \text{ мин}^{-1}$. Увеличивать частоту вращения коленчатого вала можно только после того, как погаснет индикаторная лампа. Далее можно увеличить частоту вращения коленчатого вала до $1000 \dots 1100 \text{ мин}^{-1}$ и прогреть двигатель до $40 \dots 50^\circ \text{C}$.

При отрицательных температурах наружного воздуха масло в коробке передач густеет. Поэтому, выключая сцепление, мы облегчаем работу стартера. Отпускать педаль сцепления следует плавно после того, как двигатель заработал устойчиво.

Движение на автомобилях с пневматической системой тормозов можно начинать после того, как погаснет индикаторная лампа, сигнализирующая о недостаточном давлении воздуха в тормозной системе. Перед началом движения необходимо отпустить стояночный тормоз.

Остановка двигателя с искровым зажиганием выполняется поворотом ключа замка зажигания, а в случае дизельного двигателя — вытягиванием рукоятки выключения подачи топлива. В этом положении она должна оставаться до следующего пуска двигателя. Если двигатель работал с большой нагрузкой, то перед остановкой необходимо дать ему поработать около минуты на холостых оборотах.

3.4.2. Регулирование движения автомобиля

Первый оборот колеса. Обучение приемам регулирования скорости автомобиля удобно проводить на замкнутом участке дороги, который позволяет двигаться с углами поворота руля, не превышающими $120 \dots 150^\circ$. В этом случае обучаемый может сосредоточиться на операциях с педалями управления и рычагом переключения передач, получая в то же время практику руления при постоянном контакте рук с рулем. Примером такого участка может быть дорожка стадиона.

Плавно тронуть автомобиль с места — первая серьезная проблема для начинающего водителя. На него давит страх заглушить двигатель. Чтобы избежать этого, он повышает частоту вращения коленчатого вала, что вызывает длительное буксование сцепления. При попытке уменьшить буксование сцепления путем быстрого отпускания педали происходит «рывок» автомобиля. Обучаемый инстинктивно отпускает педаль скорости и либо двигатель глохнет, либо автомобиль начинает двигаться «рывками».

Чтобы ускорить процесс освоения навыка действий с педалью скорости и педалью сцепления, его следует разбить на несколько более простых этапов. Прежде всего необходимо потренироваться в регулировании оборотов двигателя на холостом ходу и научиться делать «перегазовку», быстро нажимая и отпуская педаль скорости, чтобы (как говорят инструкторы) «нога не прилипла к педали». Когда эта операция будет освоена, можно перейти к троганию автомобиля с места. Чтобы не бояться заглушить двигатель, необходимо освоить простой прием — быстрое нажатие на педаль сцепления при падении оборотов. Для этого придется совершить 50—100 троганий подряд, быстро нажимая на педаль сцепления как только автомобиль начинает двигаться. Сначала следует останавливаться, а продолжать разгонять автомобиль короткими толчками, отпуская и нажимая педаль сцепления. Большое число повторений в течение короткого времени позволяет быстро сформировать навык уверенного трогания автомобиля с места при низких оборотах двигателя, так как практически всегда можно избежать его глушения, быстро нажав на педаль сцепления и сделав перегазовку.

Далее можно перейти к разгону и замедлению с переключением передач. Чтобы освоить в дальнейшем оптимальные алгоритмы разгона (экономичный и скоростной), необходимо приучить себя не бояться перемещать педаль скорости более чем на 50 % ее хода и переходить на высшие передачи при определенной частоте вращения коленчатого вала двигателя (скорости автомобиля). Разгоняться необходимо до выбранной заранее скорости и стабилизировать ее после разгона.

Без использования информации, которую несут пилотажные приборы (спидометр, тахометр), невозможно точно выполнить оптимальный алгоритм разгона. Поэтому необходимо учиться считывать информацию с приборов.

Освоение приемов управления при разгоне и снижении скорости торможением двигателем наиболее эффективно в процессе многократного повторения цикла разгон — стабилизация скорости — торможение двигателем — остановка. Для увеличения числа повторений продолжительность движения с постоянной скоростью должна быть не более 5 ... 10 с.

Разгон. Рассмотрим действия с педалью скорости и режимы движения, к реализации которых должен приближаться обучаемый в процессе тренировки. Первое, на что следует обращать внимание, — конечная скорость разгона. Она должна соответствовать той реальной скорости, с которой начинающему водителю придется ездить в транспортном потоке, т. е. быть равной 50...60 км/ч. Рассматривая второй момент: «Как нажимать на педаль скорости?» и не касаясь пока вопроса: «Почему?», отметим, что как экономичный, так и скоростной разгоны выполняются при почти одинаковом нажатии на педаль скорости, а скорость разгона регулируется моментом переключения на высшие передачи — чем меньше обороты, тем соответственно ниже интенсивность разгона.

Рассмотрим управление учебным автомобилем 2 с дизельным двигателем, развивающим максимальную мощность при частоте вращения коленчатого вала 2600 мин⁻¹. Автомобиль имеет десяти-скоростную трансмиссию, которая состоит из пятискоростной коробки передач и делителя. Трогание с места и порожнего, и груженого автомобиля необходимо выполнять на второй верхней передаче. После того как автомобиль тронулся с места, плавно (в течение 1,5...2,0 с) нажать на педаль скорости на 50...60 % ее хода. При отработке разгона на учебном автомобиле 2 (без нагрузки) следует использовать следующие передачи: 2В — 4Н — 5Н — 5В. После каждого переключения передач педаль скорости необходимо перемещать на 70...80 % ее хода. Переход на высшие передачи необходимо начинать, как только частота вращения коленчатого вала возрастет до 1500...1600 мин⁻¹. Если на автомобиле нет тахометра, то момент переключения можно определять по спидометру, что, конечно, менее удобно.

Умение анализировать показания приборов вырабатывается постепенно (это называется «видеть приборы»). В начале обучения все внимание сосредоточено на руках и ногах. Но по мере приобретения способности переключать свое внимание необходимо выработать привычку за время разгона 2 — 3 раза переводить взгляд на тахометр и соотносить его показания с продолжительностью разгона и шумом двигателя: «последний взгляд» должен совпасть с достижением стрелкой заданного значения числа оборотов.

Обобщая изложенное, сформулируем алгоритм действий при разгоне на учебном автомобиле 2. Включаем 2В передачу, слегка нажимаем на педаль скорости и при невысоких оборотах плавно отпускаем педаль сцепления и задерживаем ее, как только автомобиль начинает движение, а обороты начинают снижаться. При этом нужно быть готовым максимально быстро нажать на педаль сцепления и сделать перегазовку, если двигатель начинает глохнуть. При частично выжатой педали сцепления увеличиваем перемещение педали скорости, затем полностью отпускаем педаль сцепления и

продолжаем перемещать педаль скорости до 50...60 % ее хода, ориентируясь на интенсивность разгона. Переводим клавишу управления делителем в положение, соответствующее включению нижней передачи. Как только стрелка тахометра дойдет до 1500...1600 мин⁻¹, нажимаем на педаль сцепления, одновременно отпускаем педаль скорости и переводим рычаг переключения передач в положение четвертой передачи. Плавно отпускаем педаль сцепления и одновременно нажимаем на педаль скорости на 70...80 % ее хода. Сохраняем положение педали скорости до переключения на следующую передачу. Действуя аналогичным образом, включаем 5Н и 5В передачи и разгоняемся до скорости 50...60 км/ч.

Движение с постоянной скоростью. Задача разгона — выйти на новый режим движения с постоянной скоростью, которую необходимо выбрать заранее. Движение с постоянной скоростью выполняется на самой высокой передаче, при которой двигатель работает устойчиво (равномерно без рывков). Педаль скорости должна находиться в фиксированном положении до тех пор, пока изменение скорости не потребует соответствующего перемещения педали для возвращения скорости к заданному значению. Одной из типичных ошибок является беспричинное циклическое перемещение педали скорости. Более подробная информация о выборе ее положения приведена ниже при рассмотрении оптимального алгоритма управления автомобилем (см. подразд. 3.5).

Снижение скорости. Автомобиль является средством повышенной опасности до тех пор, пока находится в движении. Поэтому своевременное снижение скорости является наиболее надежным способом предотвращения опасных ситуаций. Снижение скорости возможно несколькими способами: накатом, торможением двигателем и моторным замедлителем, использованием рабочей тормозной системы.

Торможение двигателем. Для перехода в режим торможения двигателем необходимо отпустить педаль скорости. При нажатии на кнопку моторного замедлителя тормозная сила, создаваемая двигателем, увеличивается. По мере снижения скорости автомобиля и уменьшения частоты вращения коленчатого вала двигателя тормозная сила, создаваемая двигателем, уменьшается. Для ее поддержания необходимо переходить на более низкие передачи. При этом следует использовать все передачи без пропуска: 5В — 5Н — 4В — 4Н — 3В — 3Н — 2В — 2Н.

Алгоритм действий при торможении моторным замедлителем на учебном автомобиле 2 будет следующий. При движении с постоянной скоростью на передаче 5В отпускаем педаль скорости и левой ногой нажимаем на включатель моторного замедлителя. В процессе снижения скорости переводим клавишу переключения делителя в положение Н и наблюдаем за стрелкой тахометра. Как только

частота вращения коленчатого вала уменьшится до 1400 мин^{-1} , отпускаем включатель моторного замедлителя и нажимаем и отпускаем педаль сцепления. При этом включается передача 5Н. Нажимаем на включатель моторного замедлителя и переводим клавишу переключения делителя в положение В. Как только частота вращения коленчатого вала снизится до 1400 мин^{-1} , отпускаем включатель моторного замедлителя, нажимаем педаль сцепления и переводим рычаг переключения передач в положение четвертой передачи. Отпускаем педаль сцепления. При этом включится передача 4В. Повторяя далее эти действия, будем включать последовательно передачи 4Н—3В—3Н—2В—2Н. При включении передачи 2Н скорость автомобиля уменьшится до 15 км/ч . После этого необходимо нажать на педали сцепления и тормоза до полной остановки автомобиля. Затем, не отпуская педаль сцепления, перевести рычаг переключения передач в нейтральное положение.

Торможение рабочей тормозной системой. Для интенсификации учебного процесса следует использовать рассмотренный ранее режим разгон—замедление. При торможении водитель видит участок торможения, оценивает скорость автомобиля, состояние дорожного покрытия. В соответствии с этой информацией в его уме формируется план действий, который реализуется в величине перемещения педали тормоза. Поэтому обучение торможению целесообразно выполнять на участках заданной длины. Целесообразно выделить три участка торможения, различающихся средним замедлением: $1, 1,8$ и $2,5 \text{ м/с}^2$. Необходимая длина каждого участка вычисляется по формуле (2.35). Длина участков разгона должна быть такой, чтобы скорость начала торможения равнялась $45...60 \text{ км/ч}$. Задача обучаемого состоит в том, чтобы, подъехав к границе участка, научиться перемещать педаль на величину, соответствующую заданному среднему замедлению, которое позволит остановиться на другой границе участка.

Типичные ошибки заключаются в том, что в начальный момент перемещение педали оказывается меньше или больше требуемого,

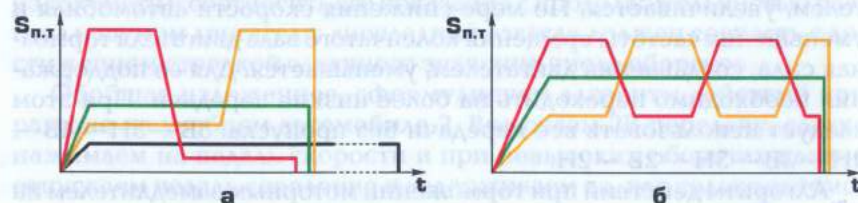


Рис. 3.18. Графики перемещения педали тормоза $S_{п.т}$ в зависимости от времени t штатного торможения:

а — водители низкой квалификации; б — квалифицированные водители; зеленый цвет — план действий; красный цвет — «перетормаживание»; желтый цвет — «недотормаживание»; черный цвет — результат боязни нажать на педаль тормоза

и обнаруживается это с опозданием. График на рис. 3.18 показывает оптимальное перемещение педали (зеленая кривая) наряду с ошибками в большую (красная) и меньшую (желтая) стороны. При «перетормаживании» (красная кривая) в начальный период тормозной путь сокращается, при «недотормаживании» (желтая кривая) — он увеличивается. Неравномерное изменение замедления чревато опасностью попутных столкновений в транспортном потоке и потерей курсовой устойчивости автомобиля в процессе торможения на скользкой дороге.

В начальный период обучения встречается еще одна ошибка — боязнь нажать на педаль тормоза. На рис. 3.18, а результат такого состояния отражает черная кривая — тормозной путь в этом случае значительно увеличивается.

Многочисленное торможение на заданном отрезке ускоряет формирование навыков, обеспечивающих перемещение педали в соответствии с требуемым замедлением и корректировку своих ошибок. По мере приобретения навыка торможения ошибки начального перемещения педали тормоза и время распознавания ошибок уменьшаются. Графики перемещения педали тормоза в этом случае показаны на рис. 3.18, б. Чем меньше отклонение перемещения педали от оптимального, тем выше мастерство водителя.

Водитель должен уметь тормозить как нажимая на педаль сцепления, так и не выключая сцепление. В последнем случае перед остановкой необходимо не забыть нажать на педаль сцепления. Поэтому на начальном этапе проще учиться тормозить, нажав на педаль сцепления. Далее, освоив этот прием, начать тормозить, не выключая сцепление.

На точность перемещения педали тормоза большое влияние оказывает ее реактивность — зависимость усилия для перемещения педали от создаваемого замедления. В зависимости от реактивности изменяется и жесткость педали тормоза (рис. 3.19).

«Мягкая» педаль способствует появлению ошибок, показанных на рис. 3.18, а красным, а «жесткая» — желтым цветами. «Жесткая» педаль ограничивает максимальное замедление, которое может реализовать водитель, но делает процесс торможения более плавным.

«Мягкая» педаль более коварна. С одной стороны, водите-

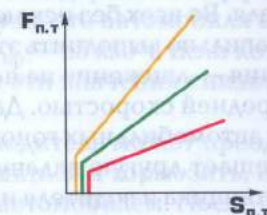


Рис. 3.19. Характеристики «жесткости педали тормоза», т. е. зависимости усилия перемещения педали $F_{п.т}$ от величины ее перемещения $S_{п.т}$:

зеленый цвет — нормальная педаль; красный цвет — «мягкая» педаль; желтый цвет — «жесткая» педаль

лю легче реализовать максимальное замедление, но с другой, ухудшается плавность штатных торможений. Это подтверждают результаты испытаний. При торможении на заданном отрезке пути на автомобиле с «мягкой» педалью (максимальное усилие на педаль тормоза 80 Н) наибольшее отклонение замедления от средней величины составило 30 %, а при торможении с «нормальной» педалью (максимальное усилие на педали тормоза 300 Н) — 15 %. Поэтому необходимо учиться «нежному» (осторожному) обращению с «мягкой» педалью.

Единственный способ достичь необходимого мастерства при торможении — многократное его повторение. Умение тормозить у получившего удостоверение водителя находится на самом низком уровне и только по мере увеличения наката километров приобретает устойчивый навык. Анализ статистики ДТП свидетельствует о том, что для формирования устойчивых навыков регулирования движения автомобиля необходим накат не менее 35...40 тыс. км. За этот период водитель выполняет от 100 до 160 тыс. торможений. Сократить величину необходимого наката можно путем интенсификации обучения на начальной стадии и достижения такого уровня понимания, который позволит анализировать свои ошибки и успехи и тем самым ускорит накопление опыта при самостоятельной езде.

В завершение следует выполнить торможения, в которых водитель сам выбирает момент его начала, чтобы остановиться в заданном месте. Такая подготовка позволит чувствовать себя увереннее при выезде на дороги общего пользования и будет способствовать повышению уровня мастерства с накоплением опыта управления автомобилем.

Поворот. Умение оптимальным образом проходить повороты, без сомнения, является одним из важных слагаемых мастерства водителя. Во всех без исключения публикациях при описании того, как правильно выполнить этот маневр, рассматривается только одна ситуация — движение на повороте с максимальной (или близкой к ней) средней скоростью. Данная задача обычно стоит перед участником автомобильных гонок. На дорогах общего пользования водитель решает другую задачу. Чтобы лучше понять, в чем различие задач гонщика и водителя и в чем их задачи совпадают, рассмотрим изменение средней скорости прохождения поворота $V_{ср}$ при постепенном увеличении скорости автомобиля $V_{вх}$ на входе в него. График такой зависимости показан на рис. 3.20, а. На рис. 3.20, б приведен график изменения надежности R прохождения поворота при увеличении скорости автомобиля на входе. С помощью этих графиков можно выделить три режима движения автомобиля на повороте (показаны цветом).

Штатный режим имеет место тогда, когда скорость на входе в поворот не превышает безопасной величины $V_{без}$. Этот режим яв-

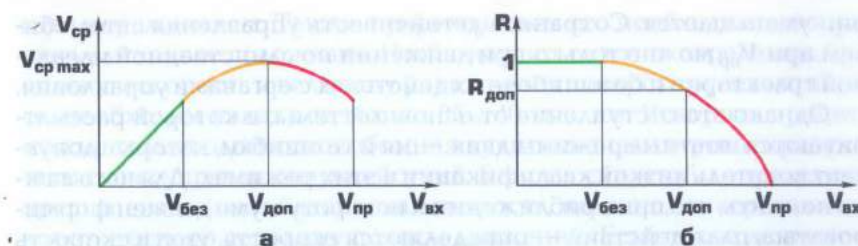


Рис. 3.20. Зависимости средней скорости на повороте $V_{ср}$ и надежности R выполнения маневра от скорости на входе в поворот $V_{вх}$:

а — зависимость $V_{ср}$ от $V_{вх}$; б — зависимость R от $V_{вх}$; зеленый цвет — надежное управление; желтый цвет — допустимое снижение надежности управления; красный цвет — опасное управление

ляется типичным для основной части участников дорожного движения. Как можно видеть из представленных графиков, средняя скорость прохождения поворота равна скорости входа в него. Надежность управления R в штатном режиме равна единице.

При увеличении скорости входа в поворот от $V_{без}$ до $V_{доп}$ возникает второй режим, который реализуется спортсменами. Их задачей является достижение максимума средней скорости $V_{ср max}$. При этом надежность прохождения поворота начинает снижаться, что можно наблюдать во время гонок. Людям свойственно ошибаться, и возникает третий режим. Находясь за рулем, спортсмены чаще, а участники дорожного движения реже, превышают $V_{доп}$, т. е. у тех и у других возникает одинаковая задача — необходимо удержаться на дороге.

Значения безопасной $V_{без}$, допустимой $V_{доп}$ и предельной $V_{пр}$ скоростей входа в поворот радиусом 50 м на дороге с коэффициентом сцепления 0,7 для современного грузового автомобиля и автобуса составляют: $V_{без}$ — 45, $V_{доп}$ — 50 и $V_{пр}$ — 65 км/ч. Если коэффициент сцепления уменьшится до 0,3, то эти значения снизятся до: $V_{без}$ — 30, $V_{доп}$ — 35 и $V_{пр}$ — 50 км/ч.

Когда скорость не превышает $V_{без}$, водитель может преодолеть поворот по разным траекториям, разогнаться и тормозить, не опасаясь потери устойчивости управления автомобилем. После превышения $V_{без}$ число траекторий, по которым можно преодолеть поворот, сокращается. Допустимой скорости $V_{доп}$ соответствуют одна-единственная оптимальная траектория и оптимальные действия с органами управления. При превышении $V_{доп}$ средняя скорость $V_{ср}$ начинает уменьшаться, потому что надежность выполнения маневра сохраняется тем дольше, чем быстрее падает скорость автомобиля после входа в поворот. В связи с этим появляется возможность отклоняться от оптимальной траектории движения. Но по мере приближения к $V_{пр}$ возможность отклоняться от оптимальной траекто-

рии уменьшается. Сохранить устойчивость управления автомобилем при $V_{пр}$ можно только при движении по единственной идеальной траектории и безошибочных действиях с органами управления.

Однако это отступление от основной темы, в которой рассматриваются штатные режимы движения и те ошибки, которые допускает водитель низкой квалификации в этих режимах. Для него важно помнить, что при приближении к повороту в уме должен формироваться план действий — определяются скорость, угол и скорость поворота рулевого колеса, которая позволяет надежно выполнять маневр. При прохождении поворота водитель воспринимает движение автомобиля относительно дороги, сопоставляя его с планом действий. При наличии отклонений от плана он должен поворотами рулевого колеса и изменением положения педали скорости устранить возникшие отклонения. Зависимость угла поворота рулевого колеса от пути, проходимого автомобилем на повороте, в соответствии с планом действий для водителей различной квалификации показаны на рис. 3.21. Чем меньше отклонение угла поворота рулевого колеса от заданного, тем выше мастерство водителя.

На точность действий рулевым колесом большое влияние оказывает его реактивность — нарастание усилия поворота рулевого колеса по мере увеличения центростремительного ускорения. «Легкий» руль способствует перерегулированию, «тяжелый» — уменьшению угла поворота руля против идеального. Как уже отмечалось, единственный способ приближения к идеалу — постоянный «накат километров». Следует еще раз напомнить о необходимости применять технику руления, описанную выше.

Выполняя повороты, следует изучать «характер» своего автомобиля, который по мере увеличения скорости реагирует на поворот рулевого колеса с возрастающим запаздыванием. При постоянной скорости запаздывание растет с увеличением груза перевозимого автомобилем, т. е. по мере увеличения нагрузки автомобиля. Это необходимо учитывать и поворачивать рулевое колесо с необходи-

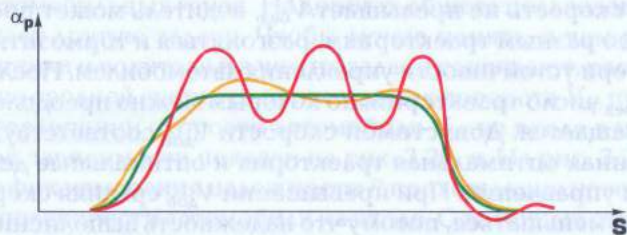


Рис. 3.21. Зависимости угла поворота рулевого колеса α_p от пути S , проходимого автомобилем на повороте:

зеленый цвет — план действий; красный цвет — водители низкой квалификации; желтый цвет — высококвалифицированные водители

мым упреждением. Также с упреждением его необходимо возвращать в исходное положение. Чтобы научиться точно определять безопасную скорость и величину упреждения поворота рулевого колеса, необходим накат все тех же 35...40 тыс. км. Ускорить процесс можно только одним способом — научиться анализировать результаты своих управляющих действий. В частности, чтобы определить, превышена или нет безопасная скорость, полезно, не «срезая» поворот, ехать по середине полосы движения. Если такое движение затруднено и автомобиль стремится отклониться за пределы полосы, то это сигнал того, что безопасная скорость превышена.

3.5. Экономичный алгоритм регулирования скорости автомобиля

Выше, при рассмотрении действий водителя по регулированию скорости и траектории движения автомобиля, отмечалось, что если педаль скорости при разгоне находится в определенном положении и переключение на высшие передачи выполняется при определенной частоте вращения коленчатого вала, то при этом будут использоваться не все передачи, а только часть из них и расход топлива может заметно снизиться. При движении с постоянной скоростью расход топлива зависит от выбранной передачи и равномерности движения. Интенсивность замедления также влияет на расход топлива — чем интенсивнее замедление, тем больше расход топлива. Описание действий водителя, обеспечивающих при разгоне, установившемся движении и замедлении снижение расхода топлива, называется «экономичным алгоритмом регулирования скорости автомобиля».

Чтобы определить оптимальную величину перемещения педали скорости при разгоне, рассмотрим на рис. 3.22, как изменяется КПД двигателя при увеличении его нагрузки (перемещения педали скорости). На холостых оборотах он равен нулю, так как двигатель не производит полезной работы. По мере увеличения нагрузки КПД растет и достигает максимума при 80...90 % нагрузки. После

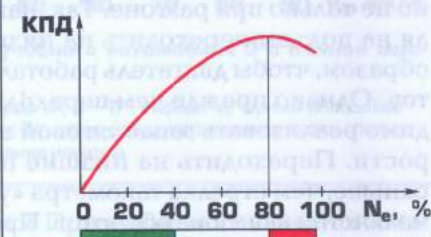


Рис. 3.22. Зависимость КПД двигателя от нагрузки, связь с нагрузкой шкал эконометра:

зеленый цвет — низкая нагрузка; белый цвет — средняя нагрузка; красный цвет — большая нагрузка

этого происходит обогащение горючей смеси, что необходимо для получения максимальной мощности. При этом КПД несколько снижается.

Следует отметить, что количество энергии, которое необходимо затратить на разгон от скорости V_1 до V_2 , пропорционально разности их квадратов $V_2^2 - V_1^2$ и не зависит от интенсивности разгона. Это означает, что разгоняться необходимо при положении педали скорости, соответствующей максимальному КПД двигателя.

Когда автомобиль оборудован двигателем с искровым зажиганием, определить оптимальное положение педали скорости помогает эконометр. На рис. 3.22 нанесена градуировка его шкалы, из которой видно, что максимуму КПД соответствует граница между белой и красной зонами.

Чтобы определить, при какой частоте вращения коленчатого вала двигателя необходимо переходить на высшие передачи, рассмотрим приведенную на рис. 3.23 топливную характеристику учебного автомобиля 3 с восьмиступенчатой (2—8) трансмиссией. Из приведенного графика видно, что каждое переключение на высшую передачу снижает расход топлива, хотя одновременно уменьшается и средняя скорость разгона, которая ограничивает возможности уменьшения расхода топлива. Для каждого автомобиля существуют оптимальные частоты вращения коленчатого вала для перехода на высшие передачи, обеспечивающие снижение расхода топлива при необходимой интенсивности разгона. При уменьшении груза, перевозимого автомобилем, оптимальная частота вращения коленчатого вала снижается, при увеличении — повышается.

Каждый раз при переходе на высшую передачу частота вращения коленчатого вала двигателя уменьшается. При реализации экономичного алгоритма двигатель работает в оптимальном диапазоне оборотов. Выходить за границы этого диапазона нецелесообразно не только при разгоне. Так, например, при движении автомобиля на подъем переходить на низшие передачи необходимо таким образом, чтобы двигатель работал в оптимальном диапазоне оборотов. Однако прежде чем переходить на низшие передачи, необходимо реализовать запас тяговой силы, «нажав до пола» педаль скорости. Переходить на низшие передачи необходимо несколько раньше, чем стрелка тахометра «упадет» до нижней границы оптимального диапазона оборотов. Причина в том, что при движении на подъем скорость в момент переключения передач падает быстрее, и это необходимо учитывать, переключая передачи с упреждением.

Еще один важный вопрос касается конкретных передач, которые следует использовать в процессе разгона. Когда трансмиссия имеет четыре-пять передач, такой вопрос не возникает, но с увеличением их числа он становится важным. Оказалось, что если при разгоне использовать более семи передач, то интенсивность разгона снижа-

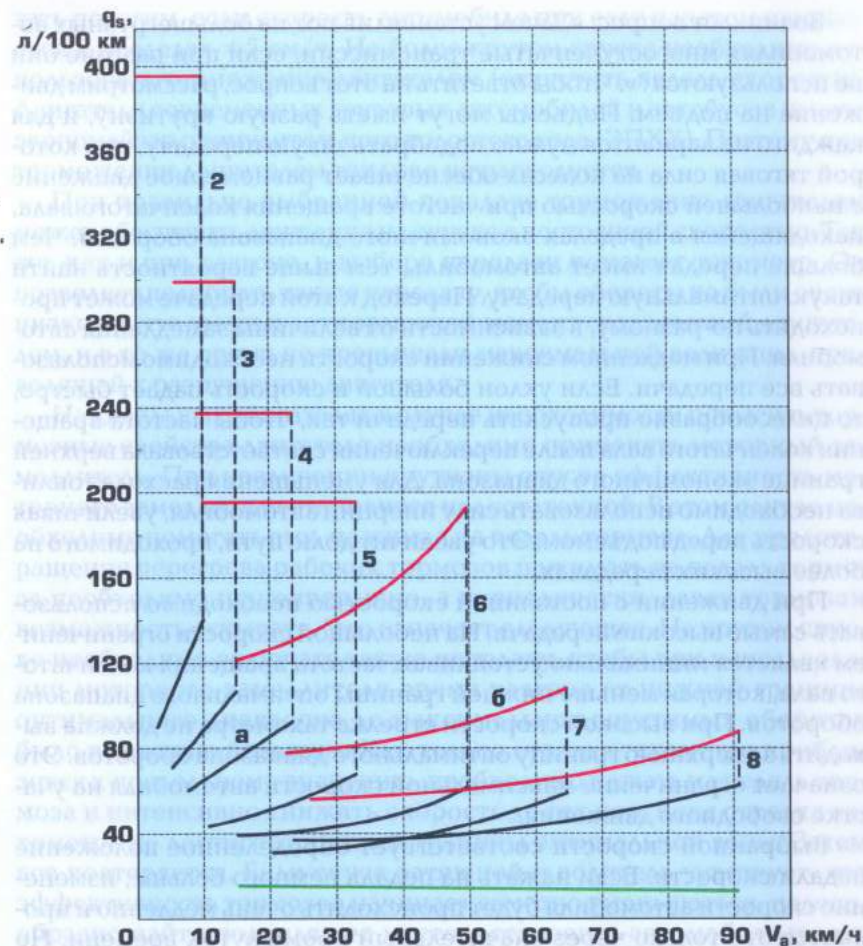


Рис. 3.23. Топливная характеристика учебного автомобиля 3 с полной массой:

а — установившееся движение; 6 — разгон; 2—8 — передачи; черным сплошным показано установившееся движение; штрихом — соединительные участки кривых; красным — разгон; зеленым — движение накатом

ется, а расход топлива увеличивается. Причиной этого является большое время переключения передач на автомобилях с большой полной массой. Так, на автомобиле с десятиступенчатой трансмиссией оптимальным оказалось использование следующих передач:

автопоезд с полной массой	1В—2В—3В—4В—5Н—5В;
автомобиль с полной массой	2В—3В—4В—5Н—5В;
автопоезд без нагрузки	2В—3В—4В—5В;
автомобиль без нагрузки	2В—4Н—5В.

Возникает вопрос: «Зачем устанавливают на большегрузных автомобилях многоступенчатые трансмиссии, если при разгоне они не используются?». Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим движение на подъем. Подъемы могут иметь разную крутизну, и для каждого из вариантов нужно подобрать такую передачу, при которой тяговая сила на колесах обеспечивает равномерное движение с наибольшей скоростью при частоте вращения коленчатого вала, находящейся в пределах экономичного диапазона оборотов. Чем больше передач имеет автомобиль, тем выше вероятность найти такую оптимальную передачу. Переход к этой передаче может происходить по-разному, в зависимости от величины замедления автомобиля. При медленном снижении скорости необходимо использовать все передачи. Если уклон большой и скорость падает быстро, то целесообразно пропускать передачи так, чтобы частота вращения коленчатого вала после переключения соответствовала верхней границе экономичного диапазона. Для уменьшения расхода топлива необходимо использовать силу инерции автомобиля, увеличивая скорость перед подъемом. Это увеличит долю пути, проходимого на более высоких передачах.

При движении с постоянной скоростью необходимо использовать самые высокие передачи. На небольшой скорости ограничением является минимально устойчивая частота вращения коленчатого вала, которая меньше нижней границы оптимального диапазона оборотов. При высокой скорости стрелка тахометра не должна выходить за верхнюю границу оптимального диапазона оборотов. Это означает ограничение максимальной скорости автомобиля на участке свободного движения.

Выбранной скорости соответствует определенное положение педали скорости. Если нажать на педаль немного больше, изменение скорости автомобиля будет происходить очень медленно и проявится это только через значительный промежуток времени. Но расход топлива увеличивается. Таким образом, разогнавшись, необходимо, отпуская педаль, найти ее положение, соответствующее выбранной скорости. Наличие эконометра и манометра для измерения давления турбонаддува помогает решить эту задачу: необходимо заметить положение стрелок на этих приборах, при котором начинается снижение скорости, и в дальнейшем отпускать педаль так, чтобы стрелки чуть-чуть не доходили до этого положения. Изменять положение педали скорости необходимо только в случае отклонения скорости от выбранной. Наличие эконометра и манометра для измерения давления турбонаддува помогает и в этом случае — стрелки при движении с постоянной скоростью должны быть неподвижными.

Когда на дороге встречаются пологие спуски, необходимо использовать движение по инерции — **н а к а т о м**. Спуск можно счи-

тать положим, если скорость автомобиля при езде накатом изменяется в пределах ± 5 км/ч. На более крутом спуске необходимо использовать торможение двигателем (отпустить педаль скорости). Двигатели современных грузовых автомобилей и автобусов имеют экономайзер принудительного холостого хода (ЭПХХ). Поэтому при торможении двигателем топливо не расходуется.

При правильно выбранной передаче торможение двигателем может обеспечить движение на спуске с постоянной скоростью. Так же, как и при разгоне, в выборе передачи помогает тахометр. Он позволяет подобрать такую передачу, чтобы обороты не были очень низкими, что уменьшает тормозной момент создаваемый двигателем, и в то же время не превышали максимальной величины, приводящей к разрушению двигателя.

На дизельных двигателях в случае необходимости повысить тормозные свойства двигателя необходимо применять моторный замедлитель. При увеличении крутизны спуска эффективность моторного замедлителя становится недостаточной. В этом случае необходимо помогать ему, нажимая на педаль тормоза. Для предотвращения перегрева рабочих тормозов нажимать на педаль тормоза необходимо не непрерывно, а периодически, давая тормозам возможность остывать. Это означает следующее. На крутом спуске необходимо включать такую передачу, чтобы при использовании моторного замедлителя время разгона от нижней границы оптимального диапазона до максимально допустимых оборотов было возможно большим. Как только стрелка тахометра приблизится к предельному значению, необходимо нажать на педаль тормоза и интенсивно снижать скорость до тех пор, пока стрелка тахометра не достигнет нижней границы оптимальной зоны. Затем все повторяется. Если спуск затяжной и водитель чувствует, что эффективность тормозов начинает заметно уменьшаться, целесообразно найти подходящее место, остановить автомобиль и дать тормозам охладиться.

Замедление можно выполнять несколькими способами: накатом (движение на нейтрали); торможением двигателем (отпустив педаль скорости); торможением моторным замедлителем (отпустив педаль скорости и нажав на кнопку включения моторного замедлителя); комбинированным торможением — двигателем (моторным замедлителем) и педалью тормоза; педалью тормоза при нажатой педали сцепления. Наиболее выгодно при плавном замедлении использовать все перечисленные способы.

Бытующее выражение: «нажимая на педаль тормоза, мы выливаем топливо на дорогу» не в буквальном, а более широком смысле означает следующее. Как следует из топливной характеристики (см. рис. 3.23), при разгоне расход топлива по сравнению с установившимся движением сильно увеличивается. Это дополнительное

топливо пошло на то, чтобы увеличить кинетическую энергию автомобиля, которая пропорциональна квадрату его скорости. Когда водитель нажимает на педаль тормоза, тормозные механизмы, поглощая кинетическую энергию автомобиля, переводят ее в тепло, нагревающую тормоза. В режиме наката накопленная кинетическая энергия расходуется на преодоление сопротивления движению автомобиля, при этом двигатель работает на холостом ходу, т. е. потребляет одно и то же количество топлива в час вне зависимости от скорости автомобиля. Поэтому расход топлива будет тем меньше, чем выше скорость движения накатом, уменьшаясь по абсолютной величине в несколько раз (см. рис. 3.23).

В связи с изложенным желательно, чтобы замедление планировалось заранее, и начинать его следует переходя к накату. Понятно, что движение накатом до полной остановки невозможно, так как при низкой скорости мы станем помехой другим участникам движения. Поэтому после определенного снижения скорости необходимо применять более интенсивные методы замедления: включить передачу, соответствующую скорости автомобиля, и начать торможение двигателем. При наличии моторного замедлителя нажать на кнопку его включения. По мере снижения скорости необходимо переходить на низшие передачи, ориентируясь на показания тахометра. При необходимости увеличить замедление регулируйте его педалью тормоза.

Комбинированное торможение решает несколько задач: если включена передача, при которой частота вращения коленчатого вала превышает обороты отключения ЭПХХ, топливо по-прежнему не будет расходоваться; снижается нагрузка на тормозные механизмы и уменьшается их износ. Поскольку все грузовые автомобили и автобусы имеют задний привод, комбинированное торможение является одним из эффективных приемов, уменьшающих вероятность заноса на скользкой дороге.

Чтобы окончательно остановиться, необходимо, продолжая торможение педалью тормоза, нажать на педаль сцепления.

Выбирая скорость при движении по криволинейному участку, полезно помнить, что чем выше центробежное ускорение, тем больше сопротивление движению автомобиля и тем выше расход топлива и износ шин. Как уже отмечалось, показателем правильного выбора скорости на повороте является отсутствие затруднений с удерживанием автомобиля в полосе движения.

Обобщая изложенное, рассмотрим экономичные алгоритмы регулирования скорости на примере четырех учебных автомобилей, различающихся массой, типом двигателя и его мощностью, номинальными оборотами $n_{\text{ном}}$, соответствующими максимальной мощности, а также числом передач в трансмиссии — это автомобиль 1, автомобиль 2, автомобиль 3 и автомобиль 4.

3.6. Рекомендации по применению экономичного алгоритма управления

В табл. 3.1 приведены параметры экономичных алгоритмов регулирования скорости, определенных в результате испытаний. На основании их анализа можно дать рекомендации по выбору оптимальных оборотов при переходе на высшие передачи в долях от номинальной частоты вращения коленчатого вала, рекомендовать принцип определения числа используемых передач.

Разгон: 1) нажать на педаль скорости на 85...90 % ее хода; 2) использовать при разгоне передачи с учетом их числа и загрузки автомобиля; 3) на порожнем автомобиле независимо от числа передач в трансмиссии использовать три—четыре передачи, при полной нагрузке — пять — семь передач.

Оптимальная частота вращения коленчатого вала при переходе на высшие передачи в процессе разгона на горизонтальном участке в зависимости от номинальной частоты его вращения $n_{\text{ном}}$ приведена в табл. 3.2. При уменьшении сопротивления движению (снижение нагрузки, разгон на спуске) оптимальная частота вращения коленчатого вала уменьшается, при увеличении нагрузки (движение с прицепом, разгон на подъеме) — увеличивается.

Преодоление подъемов: 1) увеличить скорость перед подъемом; 2) при въезде на подъем нажать на педаль скорости «до пола»; 3) при приближении стрелки тахометра к нижней границе оптимального диапазона $n_{\text{н}}$ переходить на низшие передачи таким образом, чтобы после ее включения стрелка тахометра установилась на верхней границе $n_{\text{в}}$. Чем круче подъем, тем раньше по отношению к $n_{\text{н}}$ необходимо переходить на низшие передачи. При наличии делителя использовать все передачи. Если на крутом подъеме за время переключения передач скорость снижается настолько, что стрелка тахометра не поднимается до верхней границы $n_{\text{в}}$, необходимо переключать передачи, пропуская их таким образом, чтобы стрелка тахометра поднялась до верхней границы $n_{\text{в}}$. Переходя на низшие передачи, дойти до самой высокой из оставшихся, на которой автомобиль едет с постоянной скоростью. Преодолевать подъем при частоте вращения коленчатого вала, которая не выходит за пределы оптимального диапазона оборотов ($n_{\text{н}}...n_{\text{в}}$).

Равномерное движение: 1) разогнаться до выбранной заранее скорости; 2) движение с постоянной скоростью выполнять на самой высокой передаче (на самых низких оборотах), какая допустима по условиям устойчивой работы двигателя; 3) найти наименьшее перемещение педали скорости, соответствующее выбранной скорости; 4) зафиксировать педаль и перемещать ее только при отклонении скорости от выбранного значения.

ТАБЛИЦА 3.1. ПАРАМЕТРЫ ЭКОНОМИЧНЫХ АЛГОРИТМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЧЕТЫРЕХ УЧЕБНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Индекс автомо- биля	Масса	Удельная мощ- ность, л.с./т	Число передат- чи	Используемые передачи	Границы опти- мального диапа- зона, мин ⁻¹		$\frac{n_a}{n_{ном}}$	$\dot{j}_{э},$ м/с ²	$q_{вс},$ л/100 км	Показатели разгона	
					n_n	n_a				$\frac{\dot{j}_{э}}{\dot{j}_{max}}$	$\frac{q_{вс}}{q_{max}}$
1	Снаря- женная	35,9	5	2-3-5	3200	850	1300	0,4	50,0	0,68	0,89
	Полная	14,4				1200	1900	0,59	62,0	0,7	0,91
2	Снаря- женная	26,2	10	2В-4Н-5В	2600	900*	1400	0,54	46,5	0,81	0,88
	Полная	11,5				1150*	1800	0,69	58,3	0,85	0,91
3	Снаря- женная	19,8	8	2-4-6-8	2100	900	1250	0,6	77,5	0,82	0,81
	Полная	8,6				1050	1500	0,71	96,3	0,87	0,83
4	Снаря- женная	18,3	10	2В-4Н-5В-5Н	2600	1000*	1600	0,62	48,0	0,85	0,9
	Полная	6,6				1250	2000	0,77	59,3	0,89	0,93

* В числителе — при переключении полными ступенями, в знаменателе — при использовании делителя.

ТАБЛИЦА 3.2. ОПТИМАЛЬНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ ЭКОНОМИЧНОГО ДИАПАЗОНА n_n К НОМИНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЕ $n_{ном}$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ $n_{ном}$ И МАССЫ АВТОМОБИЛЯ

$n_{ном}, \text{мин}^{-1}$	Значение отношения $n_n/n_{ном}$ при массе автомобиля (автопоезда)	
	снаряженной	полной
1900...2100	0,60	0,72
2400...2600	0,54	0,68
3000...3200	0,40	0,60

Преодоление спусков: 1) на пологих спусках сохраняйте выбранную скорость, применяя накат; 2) при увеличении крутизны спуска тормозите двигателем, моторным замедлителем, подбирая передачи таким образом, чтобы стрелка тахометра была близка к $n_{ном}$, что обеспечивает максимальную тормозную силу; 3) при дальнейшем увеличении крутизны спуска тормозите дополнительно педалью тормоза, снижая скорость до безопасной величины.

Замедление: 1) планируйте замедление заранее и используйте движение накатом; 2) при необходимости увеличить замедление применяйте торможение двигателем и моторным замедлителем; 3) для дальнейшего увеличения замедления применяйте комбинированное торможение, переключая передачи таким образом, чтобы после включения низшей передачи стрелка тахометра «поднималась» до $n_{ном}$; 4) нажимать на педаль сцепления необходимо перед остановкой автомобиля, но не позже, чем стрелка тахометра опустится до оборотов, при которых выключается экономайзер принудительного холостого хода (ЭПХХ).

3.7. Пилотажные приборы

Мы рассмотрели экономичный алгоритм действий водителя во всех режимах движения. Чтобы реализовать его как можно точнее, необходимо использовать пилотажные приборы — тахометр, эконометр, манометр давления турбонаддува, спидометр. Поскольку считывать показания с приборов водитель может в короткие промежутки времени их шкалы на современных автомобилях организуют таким образом, чтобы не было необходимости запоминать и считывать информацию в цифровом виде.

Для реализации экономичного алгоритма водителю достаточно знать, что стрелка находится в определенной зоне или на ее грани-

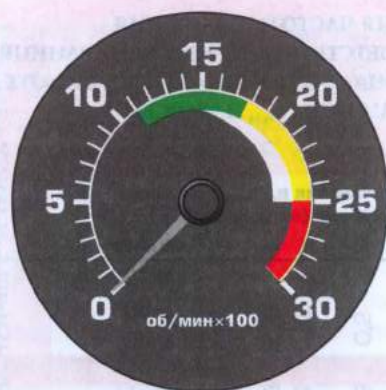


Рис. 3.24. Тахометр:

зеленый цвет — экономичный диапазон; желтый — скоростной диапазон; белый — оптимальный диапазон при торможении двигателем (моторным замедлителем); красный — сигнал недопустимо высокой частоты вращения коленчатого вала

цах. Пример тахометра с зеленой зоной экономичных оборотов и белой зоной оптимальных оборотов при торможении двигателем показан на рис. 3.24. Организация шкал эконометра и манометра для измерения давления турбонаддува показаны на рис. 3.25 и рис. 3.26.

Пилотажные приборы позволяют наиболее точно реализовать экономичный алгоритм управления конкретным автомобилем. Но для того чтобы управлять, необходимо знать результат своих усилий. В нашем случае результатом являются средняя скорость и расход топлива. Для их вычисления в настоящее время применяются бортовые компьютеры. На рис. 3.27 показан образец такого прибора, называемого маршрутным компьютером. Помимо средней



Рис. 3.25. Эконометр:

зеленый цвет — низкая нагрузка; белый — средняя нагрузка; красный — большая нагрузка, обогащение смеси



Рис. 3.26. Манометр для измерения давления турбонаддува:

зеленый цвет — уменьшение нагрузки; желтый — средняя нагрузка; красный — увеличение нагрузки



Рис. 3.27. Маршрутный компьютер:

T — время поездки; **км/ч** — средняя скорость поездки; **км** — пробег в поездке; **L** — расход топлива в поездке, л; **L/100** — путевой расход топлива в поездке, л/100 км; **MOM** — мгновенный расход топлива, л/100 км; **H** — астрономическое время; **START** — пуск компьютера; +, — — кнопки коррекции часов

скорости и расхода топлива он выдает астрономическое время, время поездки, пробег с начала поездки, сигнализирует о превышении заранее установленной скорости и т.п. Для вызова на дисплей показаний измеряемых параметров необходимо нажать кнопку под соответствующим символом.

Применение экономичного алгоритма управления позволяет снизить расход топлива на 15...25%. Одновременно происходит уменьшение вредных выбросов, но самое главное, повышается безопасность движения. Более подробно эти вопросы будут рассмотрены в гл. 7.

Контрольные вопросы

1. Что называется рабочим местом водителя?
2. Как образуются трансмиссии с большим числом ступеней?
3. Какие зеркала заднего обзора применяются на грузовых автомобилях и автобусах?
4. Какие приборы можно отнести к пилотажным, а какие к контрольным?
5. Что характеризует удобную рабочую позу водителя?
6. Какова последовательность регулировки положения сиденья и рулевого колеса?
7. Каким образом водитель сохраняет обратную связь о положении управляемых колес при повороте рулевого колеса на угол больше 180°?
8. В чем различие пуска горячего и холодного двигателя?
9. Что необходимо сделать, если при трогании автомобиля двигатель начинает «глохнуть»?
10. На какой передаче необходимо ехать с постоянной скоростью?
11. Как повысить тормозную силу, создаваемую двигателем, при снижении скорости?
12. Какие ошибки допускает водитель при штатном торможении?
13. Как определить правильность выбора скорости на повороте?
14. Что называется «безопасной» и «предельной» скоростью входа в поворот?
15. Опишите экономичный алгоритм регулирования скорости автомобиля.

Маневрирование в ограниченных проездах

4.1. «Чувство габаритов автомобиля»

Выполнение транспортной работы связано с погрузкой и выгрузкой перевозимого груза. Подъезд к местам погрузки—выгрузки часто бывает затруднен из-за ограниченности пространства проездов. При этом возникает необходимость въезжать с улицы в узкие ворота и выезжать обратно на улицу. Из-за невозможности развернуться на месте погрузки—выгрузки приходится на значительном участке пути ехать задним ходом. Серьезные трудности представляет парковка на заполненных автомобилями городских улицах. При поездке по загородному шоссе может возникнуть потребность развернуться на узкой дороге. При проведении технического обслуживания и ремонта приходится маневрировать внутри помещения, предназначенного для выполнения этих работ.

Перечисленные ситуации показывают, что умение водителя маневрировать в ограниченных проездах является важной составляющей его мастер-

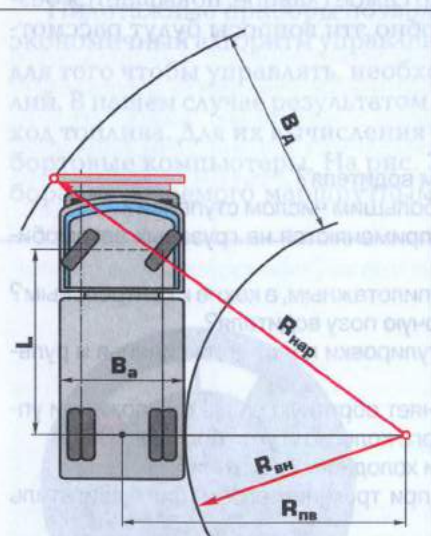


Рис. 4.1. Увеличение габаритной ширины автомобиля на повороте:

B_a — ширина автомобиля; B_d — динамическая ширина автомобиля;
 $R_{пов}$ — радиус поворота автомобиля;
 $R_{вн}$ — внутренний радиус поворота;
 $R_{нар}$ — наружный радиус поворота;
 L — база автомобиля

ства. Чтобы уверенно управлять автомобилем в ограниченных пространствах, необходимо развитое чувство габаритов автомобиля. Чем больше размеры автомобиля, тем задача формирования этого чувства труднее. Ее усложнению способствует увеличение габаритной ширины автомобиля при движении по кривым малых радиусов (рис. 4.1). Динамическая ширина грузового автомобиля при движении по кривой минимального радиуса превышает его ширину в 1,3—1,5 раза.

На грузовом автомобиле в отличие от легкового водитель не имеет возможности смотреть назад через заднее стекло кабины. Поэтому умение двигаться задним ходом, наблюдая ситуацию сзади автомобиля через зеркала заднего вида, является обязательным элементом мастерства водителя (рис. 4.2). Водитель должен уметь использовать способы наблюдения и оценки ситуации сзади автомобиля через открытую дверь (рис. 4.3), боковое окно. При наблюдении через зеркало заднего вида поворачивать рулевое колесо следует двумя руками, как это показано на рис. 3.15. При наблюдении через открытую дверь приходится поворачивать рулевое колесо одной рукой. При вращении рулевого колеса двумя руками водитель всегда знает, куда направлены колеса. Это имеет большое значение для уменьшения отклонений от заданной траектории. Так же, как и при движении вперед, автомобиль поворачивает в сторону поворота рулевого колеса. При движении вперед по малому радиусу водитель концентрирует внимание на перемещении передней точки, определяющей наружный радиус поворота автомобиля. Но необходимо помнить, что задние колеса идут по значительно меньшему радиусу (см. рис. 4.1). Поэтому, чтобы избежать наезда на препятствие задними колесами, необходимо контролировать их движение через зеркало заднего вида.



Рис. 4.2. Наблюдение ситуации сзади автомобиля через основные зеркала заднего вида

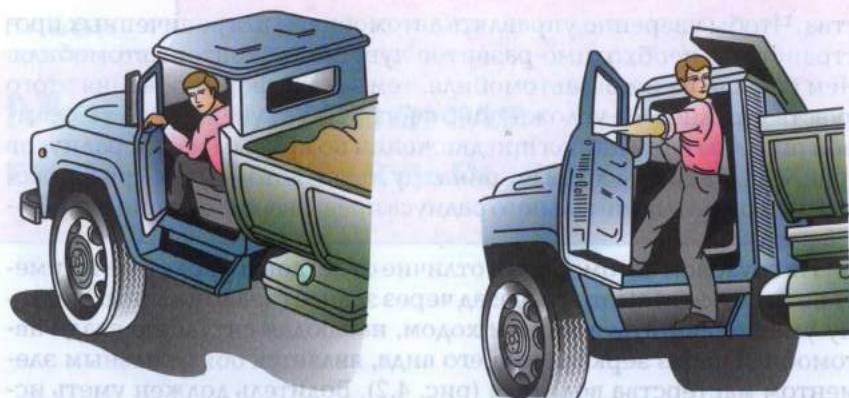


Рис. 4.3. Способы наблюдения ситуации сзади автомобиля через открытую дверь:

а — сидя на сиденье; б — стоя на подножке

При движении назад водитель концентрирует внимание на движении задних колес. Но, так как передняя часть автомобиля движется по значительно большему радиусу, необходимо периодически переключать внимание на нее, чтобы избежать задевания передними крыльями, буфером за препятствия, ограничивающие ширину проезда.

Чтобы обеспечить движение автомобиля по заданной траектории, удобно следить за левым интервалом b_n между задним колесом и направляющим ориентиром: бордюром, линией разметки и т.д. (рис. 4.4). В узких проездах целесообразно оставлять меньший интервал слева (рис. 4.5).

Одним из условий надежного маневрирования в ограниченных проездах является умение ездить с «ползучей» скоростью. В частности это необходимо для того, чтобы успеть повернуть рулевое колесо на максимальный угол при минимальном перемещении автомобиля. При этом, чем раньше будут повернуты колеса «до упора», тем меньше потребуются пространства для выполнения маневра. Наилучшим вариантом был бы поворот колес на месте, но делать этого не следует даже при наличии усилителя рулевого управления, поскольку в данном случае происходит большая деформация шин, что вредно отражается на их долговечности. Поэтому необходимо, тронув автомобиль, тут же нажать на педаль сцепления и, пока автомобиль медленно катится, максимально быстро поворачивать рулевое колесо. Если скорость слишком замедлилась, необходимо, отпустив педаль сцепления, опять подтолкнуть автомобиль и тут же снова выжать педаль и т.д. Описанный способ

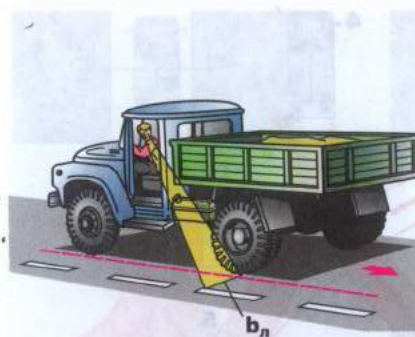


Рис. 4.4. Контроль траектории автомобиля при движении задним ходом по величине левого интервала b_n

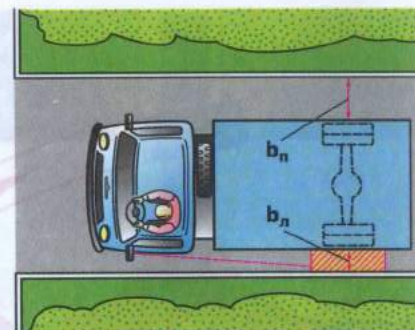


Рис. 4.5. Уменьшение левого интервала b_n и увеличение правого интервала b_n в узких проездах

регулирования скорости полезен и в случае необходимости подъехать как можно ближе к препятствию, например, при подаче автомобиля задним ходом к погрузочно-разгрузочной платформе, при движении в «пробке».

4.2. Разворот автомобиля на ограниченной площадке

Разворот автомобиля на ограниченной площадке с применением заднего хода (рис. 4.6) необходимо начинать на «ползучей» скорости, быстро поворачивая рулевое колесо «до упора» влево. По завершении его поворота можно отпустить педаль сцепления и увеличить скорость. При приближении к границе площадки необходимо нажать на педаль сцепления и уменьшить скорость до «ползучей», используя при необходимости педаль тормоза. Максимально быстро поворачиваем рулевое колесо «до упора» вправо. После остановки автомобиля включаем заднюю передачу и, так как колеса уже повернуты вправо, начинаем движение назад, продолжая, если необходимо, поворот рулевого колеса вправо.

При подъезде к границе площадки необходимо нажать на педаль сцепления и, снизив скорость до «ползучей», быстро повернуть рулевое колесо «до упора» влево. После остановки автомобиля переключить передачу и начать движение вперед.

Когда ширина участка, на котором совершается разворот, приближается к длине автомобиля, разворачиваться приходится в не-

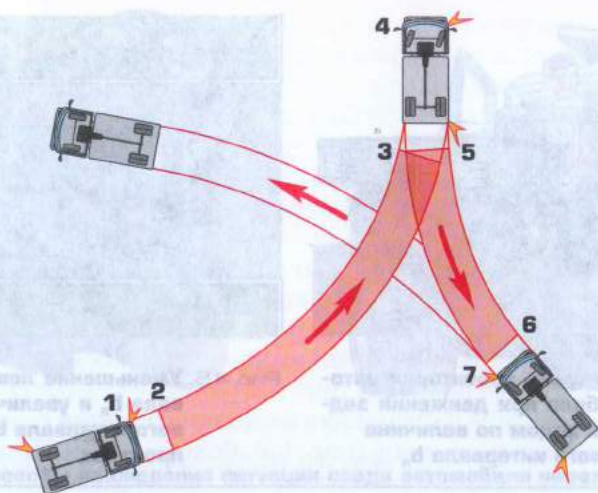


Рис. 4.6. Схема разворота автомобиля с применением заднего хода:

1 — начало поворота рулевого колеса налево; 2 — рулевое колесо повернуто налево «до упора»; 3 — начало поворота рулевого колеса направо; 4 — передние колеса повернуты направо; 5 — завершение поворота передних колес направо «до упора»; 6 — начало поворота передних колес налево; 7 — движение с полностью повернутыми колесами налево

сколько приемов. Чем уже место разворота, тем важнее при минимальном перемещении повернуть рулевое колесо «до упора». В крайнем случае приходится поворачивать колеса на месте.

4.3. Въезд в узкий проезд

Узким проездом, в который бывает необходимо въехать, может быть: переулок, ворота, место стоянки автомобиля, съезд с шоссе и т. д. Въезд в подобный узкий проезд возможен как передним, так и задним ходом. При въезде в узкий проезд поворот автомобиля по возможности следует выполнять на широкой части дороги, чтобы перед началом въезда автомобиль был установлен перпендикулярно створу проезда (рис. 4.7). Это снимает все проблемы при въезде передним и задним ходом. Когда автомобиль стоит перпендикулярно створу проезда, водителю легко оценивать интервалы b_n и b_p через ветровое стекло при въезде передним ходом и через зеркала заднего вида при въезде задним ходом. Как следует из схемы на рис. 4.7, б, при въезде задним ходом для поворота автомобиля из положения 1 в положение 2 требуется меньшее пространство, чем при въезде передним ходом.



Рис. 4.7. Установка автомобиля перпендикулярно створу узкого проезда:

а — передним ходом; б — задним ходом; 1 или 1' — начальное положение автомобиля; 2 — положение автомобиля перед въездом в узкий проезд; 3 — положение автомобиля в проезде; желтым показана зона обзора через зеркала заднего вида; b_n — левый интервал; b_p — правый интервал

Если ширина дороги, к которой примыкает проезд, недостаточна для поворота автомобиля на 90° , приходится завершать поворот в проезде. На рис. 4.8, а показана схема въезда передним ходом в узкий проезд, расположенный на противоположной стороне дороги при ограниченной ее ширине. Перед началом маневра автомобиль необходимо максимально сместить к правой кромке дороги. Начав движение с «ползучей» скоростью, важно определить момент начала поворота колес автомобиля (положение 1) и быстро повернуть рулевое колесо «до упора» влево.

Если момент начала поворота выбран правильно, то точка А автомобиля пройдет с небольшим зазором относительно точки С створа проезда. С этого момента основное внимание водитель должен переключить на контроль зазора между точкой В автомобиля и точкой D створа проезда. Когда автомобиль будет приближаться к положению 3 (параллельное проезду и для данной схемы конечное), необходимо нажать на педаль сцепления и, замедлив движение, начать быстрый возврат рулевого колеса в нейтральное положение, чтобы управляемые колеса стояли прямо.

На рис. 4.8, б приведена схема въезда в более узкий проезд, чем на рис. 4.8, а. Как видно из приведенной схемы, при движении с постоянным углом поворота рулевого колеса задние колеса (точка В) наедут на створ проезда (точка D). Чтобы объехать точку D, необходимо, после того как автомобиль переместился из положения 1 в положение 2 и точка А прошла с зазором мимо точки С, начать возвращать рулевое колесо в нейтральное положение та-

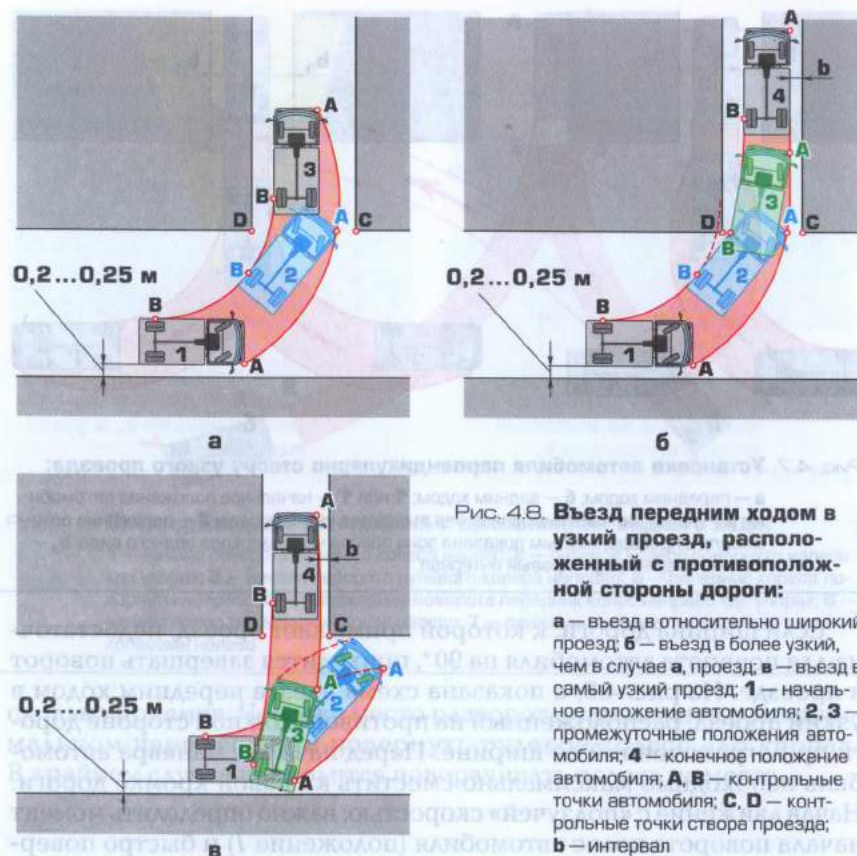


Рис. 4.8. Выезд передним ходом в узкий проезд, расположенный с противоположной стороны дороги:

а — выезд в относительно широкий проезд; **б** — выезд в более узкий, чем в случае **а**, проезд; **в** — выезд в самый узкий проезд; **1** — начальное положение автомобиля; **2, 3** — промежуточные положения автомобиля; **4** — конечное положение автомобиля; **А, В** — контрольные точки автомобиля; **С, D** — контрольные точки створа проезда; **б** — интервал

ким образом, чтобы между точкой **А** и границей проезда оставался зазор **б**. При этом необходимо поочередно контролировать положение точки **А** и точки **В** автомобиля. В итоге в положении **4** автомобиль встанет параллельно проезду, а управляемые колеса будут стоять прямо.

Если проезд еще уже, чем на рис. 4.8, **б**, то выезд в него без предварительного разворота автомобиля на угол, близкий к 90° , становится невозможным (рис. 4.8, **в**). Поэтому сначала из положения **1** автомобиль необходимо повернуть в положение **2**, используя прием вращения рулевого колеса на «ползучей» скорости, описанной выше. Затем таким же образом сдвинуть его назад в положение **3**, из которого можно въехать в проезд (положение **4**). Поскольку автомобиль поворачивает налево, необходимо сначала основное внимание сосредоточить на том, чтобы точка **А** прошла к минимальным зазорам относительно точки **С**. Далее необходимо действовать, как

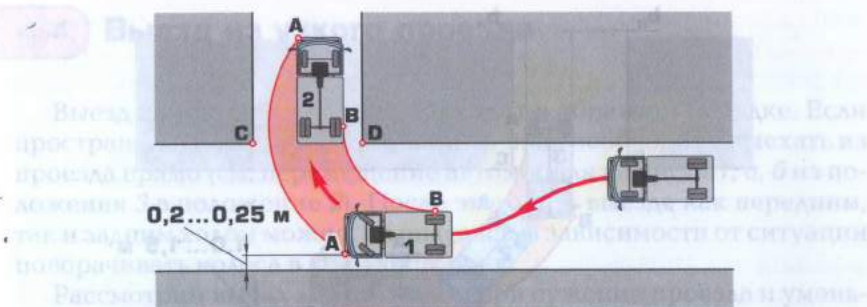


Рис. 4.9. Въезд передним ходом в узкий проезд, расположенный на прилегающей стороне дороги:

1 — начальное положение автомобиля; **2** — конечное положение автомобиля после поворота; **А, В** — контрольные точки автомобиля; **С, D** — контрольные точки створа въезда

в предыдущем случае, т. е. двигаться, сохраняя минимальный зазор **б** и распределяя внимание между точками **А** и **В**.

Возможно, что для поворота автомобиля на необходимый угол придется совершить не один, а несколько маневров.

Когда узкий проезд расположен с правой стороны, необходимо предварительно сместить автомобиль на дороге максимально влево (рис. 4.9). Затем, как и в предыдущем случае, повернуть рулевое колесо на максимальный угол в такой момент, чтобы точка **А** автомобиля прошла с минимальным зазором мимо точки **С** створа проезда. После этого необходимо переключить основное внимание на прохождение точки **В** автомобиля относительно точки **D** створа проезда. При сужении проезда действовать по аналогии с ситуациями, показанными на рис. 4.8, **б** и **в**.

При въезде задним ходом автомобиль легче поставить перпендикулярно створу проезда, чем при прямом въезде, но делать это приходится, опираясь на «чувство габаритов» автомобиля. На рис. 4.10 показано, что точки **С** и **D** створа проезда становятся видны в зеркала только после того, как автомобиль повернется на значительный угол. Когда проезд расположен слева, выполнять маневр легче, так как начало поворота можно определить, наблюдая за точкой **С** створа проезда через боковое окно или открытую дверь.

Перед выполнением маневра автомобиль необходимо расположить относительно кромки дороги с зазором $1,0 \dots 1,5$ м (рис. 4.10, **а**), чтобы точка **В** автомобиля не задела за возможные препятствия, находящиеся на границе дороги.

После поворота рулевого колеса (положение **1**) необходимо контролировать движение точки **А** автомобиля к точке **С** створа проезда. Когда автомобиль приблизится к створу проезда и точка **D** станет видна в правое зеркало (положение **2**), водитель должен распре-

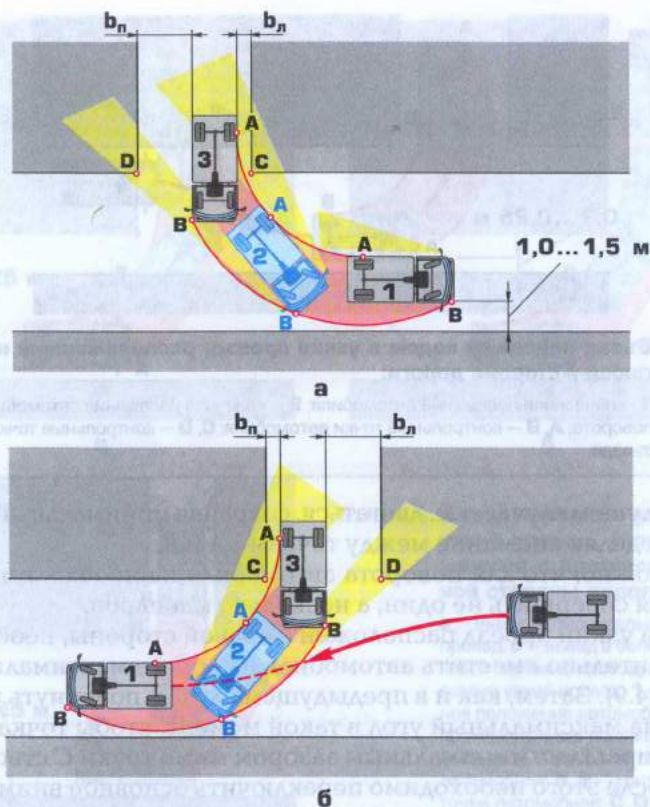


Рис. 4.10. Въезд задним ходом в узкий проезд:

а — расположенный на противоположной стороне дороги; **б** — расположенный на прилегающей стороне дороги; **1** — начальное положение автомобиля; **2** — положение автомобиля, в котором в зеркалах заднего вида становятся видны контрольные точки створа въезда; **А, В** — контрольные точки автомобиля; **С, D** — контрольные точки створа въезда; желтым показана зона обзора через зеркала заднего вида

делить свое внимание между левым и правым зеркалами, чтобы контролировать попадание задней части автомобиля в створ проезда. После того как точка **А** автомобиля минует точку **С** ствола проезда, необходимо начать возврат рулевого колеса в нейтральное положение таким образом, чтобы зазор b_n между точкой **А** и границей проезда оставался постоянным. К тому моменту, когда автомобиль встанет параллельно проезду, управляемые колеса должны стоять прямо.

Когда проезд расположен с правой стороны (рис. 4.10, **б**), действия водителя аналогичны действиям при повороте налево. Однако сложность ситуации в том, что, пока точки **С** и **D** не станут видны в зеркала, водитель не знает, насколько точно он попал в створ проезда, и вынужден полагаться только на «чувство габаритов».

4.4. Выезд из узкого проезда

Выезд из узкого проезда происходит в обратном порядке. Если пространство перед проездом достаточное, необходимо выехать из проезда прямо (см. перемещение автомобиля на рис. 4.7, **а, б** из положения **3** в положение **2**). После этого при выезде как передним, так и задним ходом можно, не опасаясь, в зависимости от ситуации поворачивать колеса в любую сторону.

Рассмотрим выезд задним ходом при сужении проезда и уменьшении пространства, к которому примыкает проезд. В ситуации, показанной на рис. 4.8, **а**, для перевода автомобиля из положения **3** в положение **1** сначала необходимо контролировать прохождение точки **В** автомобиля мимо точки **D** створа проезда. После выполнения этого маневра надо сконцентрировать внимание на движении точки **А** автомобиля, пока она не пройдет мимо точки **С** (см. на рис. 4.8, **а** положение **2**).

В случае выезда из более узкого проезда (см. рис. 4.8, **б**) при переходе из положения **4** в положение **2** необходимо так поворачивать рулевое колесо налево, чтобы зазор b оставался постоянным. При этом необходимо также наблюдать за прохождением мимо точки **D** створа левой стороны автомобиля.

При выполнении рассмотренных маневров нет необходимости переводить автомобиль в положение **1**. Движение задним ходом можно прекратить, как только автомобиль отъедет от створа проезда настолько, чтобы можно было начать поворот направо. Если проезд очень узкий (см. рис. 4.8, **в**), то разворот необходимо выполнять после выезда из него.

При выезде из узкого проезда передним ходом необходимо помнить о том, что поворот рулевого колеса можно начинать после того, как задние колеса пройдут через створ проезда.

4.5. Параллельная парковка

При установке автомобиля параллельно кромке дороги передним ходом требуется большее пространство, чем при парковке задним ходом. Чтобы припарковать автомобиль передним ходом на минимальном пространстве, необходимо на «ползучей» скорости проехать мимо стоящего автомобиля (рис. 4.11, **а**) с зазором 0,5...0,75 м, контролируя его в зеркале заднего вида. Когда заднее колесо (точка **А**) поравняется с точкой **С** стоящего автомобиля (положение **1**), нужно быстро начать поворот рулевого колеса напра-

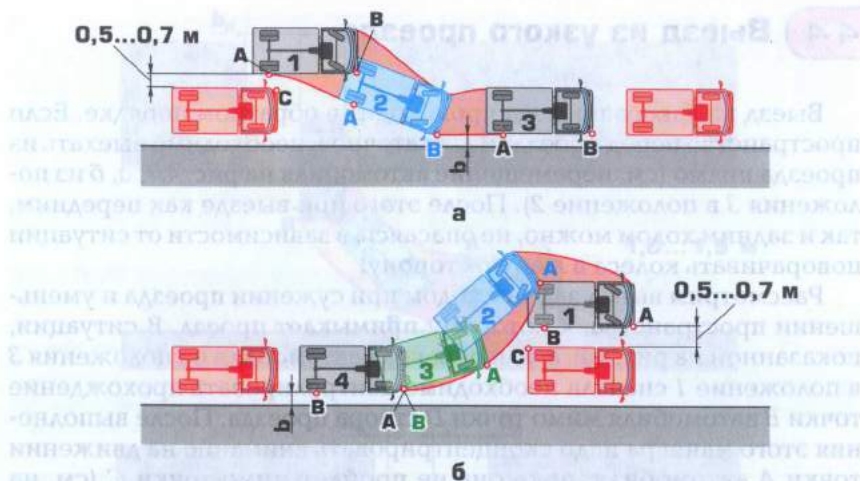


Рис. 4.11. Параллельная парковка:

а — передним ходом; **б** — задним ходом; **1, 2, 3** — последовательные положения автомобиля в процессе парковки; **А, В** — контрольные точки автомобиля; **С** — контрольная точка стоящего автомобиля; **б** — интервал

во, продолжая медленное движение. После того, как зазор между точкой **В** автомобиля и границей дороги станет равным $0,4 \dots 0,5$ м, начать поворот рулевого колеса в обратном направлении, чтобы точка **В** автомобиля двигалась вдоль края дороги с зазором, равным $0,2 \dots 0,25$ м. Движение необходимо продолжать до тех пор, пока автомобиль не встанет параллельно краю дороги. При этом рулевое колесо должно вернуться в нейтральное положение. После остановки автомобиля необходимо подать его назад и подъехать к стоящему автомобилю, чтобы освободить место для парковки других автомобилей.

Когда расстояние между автомобилями, стоящими на дороге, не превышает $1,5 \dots 2$ длины вашего автомобиля, встать между ними возможно только задним ходом (рис. 4.11, б). Для выполнения этого маневра необходимо установить свой автомобиль па-

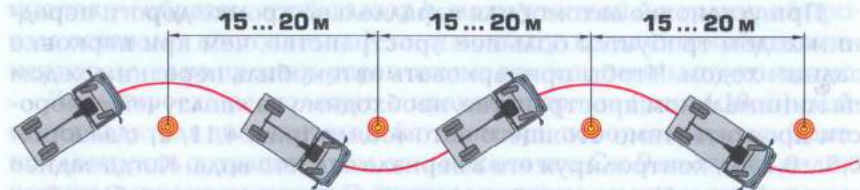


Рис. 4.12. Движение автомобиля по трассе «змейка»

раллельно стоящему (положение 1). Начав движение назад с «ползучей» скоростью, необходимо поворачивать рулевое колесо направо таким образом, чтобы зазор между точкой **С** стоящего автомобиля и правой стороной вашего автомобиля оставался примерно постоянным. После того как точка **С** окажется напротив середины или даже чуть ближе к передним колесам вашего автомобиля (положение 2), необходимо начать поворот рулевого колеса в обратную сторону.

При повороте рулевого колеса влево возможны две ошибки. Слишком большой и быстрый его поворот приведет к тому, что точка **А** вашего автомобиля не сможет пройти мимо точки **С** стоящего автомобиля из-за отсутствия зазора. Медленный поворот рулевого колеса влево приводит к тому, что автомобиль не успевает повернуться и в положении 3 заднее правое колесо упирается в бордюр. В этих случаях необходимо подать автомобиль вперед и продолжить маневр. В положении 4 автомобиль находится очень близко к стоящему сзади автомобилю, поэтому необходимо сдвинуть свой автомобиль вперед, чтобы обеспечить между ним и стоящим впереди и сзади автомобилями примерно равные зазоры. Это требуется для того, чтобы они могли выехать без затруднений. Рассмотренные маневры выполняются на минимальной «ползучей» скорости.

В транспортном потоке возникает необходимость выполнять маневры, связанные с перестроением в ограниченных габаритах на более высокой скорости. Выработать «чувство габаритов» в этих условиях помогает езда по «змейке» (рис. 4.12) со скоростью $25 \dots 30$ км/ч. Указанное упражнение позволяет также ощутить запаздывание поворота автомобиля на поворот рулевого колеса и вырабатывает умение поворачивать автомобиль с упреждением, как показано на рис. 4.12.

При выполнении маневров в ограниченных проездах необходимо убедиться в том, что в опасной близости сзади и спереди не находятся приближающиеся автомобили, пешеходы и др. При движении задним ходом надо быть особенно внимательным и предварительно проверять отсутствие препятствий в «слепой» зоне. Наличие помощника, который наблюдает за обстановкой в зоне движения автомобиля (рис. 4.13), значительно повышает надежность управления автомобилем.

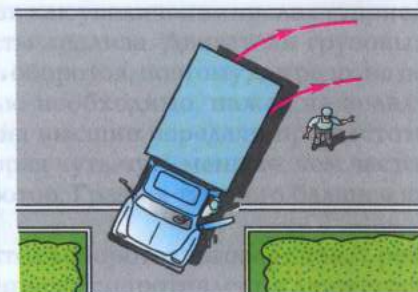


Рис. 4.13. Выезд задним ходом из узкого проезда с помощником

Контрольные вопросы

1. Как изменяется динамическая ширина автомобиля при движении по кривой минимального радиуса?
2. Как следует поворачивать рулевое колесо во время движения назад при наблюдении за обстановкой через зеркало заднего вида, открытую дверь?
3. Какие точки автомобиля необходимо контролировать при движении по кривым минимального радиуса передним и задним ходом?
4. С какой стороны автомобиля следует оставлять меньший интервал при движении в узких проездах?
5. Почему не рекомендуется поворачивать управляемые колеса на большой угол на автомобиле, стоящем на месте?
6. Для чего необходимо уметь ездить с «ползучей» скоростью?
7. Прохождение каких точек автомобиля через створ узкого проезда и в какой последовательности необходимо контролировать при въезде передним, задним ходом?
8. Прохождение каких точек автомобиля мимо стоящего автомобиля и в какой последовательности необходимо контролировать при параллельной парковке передним, задним ходом?



Рис. 4.12. Динамическая ширина автомобиля при повороте

Глава 5

Техника управления автомобилем в нештатных ситуациях

5.1. Разгон

Основой безопасного управления автомобилем является умение водителя предвидеть изменение дорожно-транспортной ситуации (ДТС) и заранее изменять скорость, дистанцию и интервал таким образом, чтобы режим движения был штатным. В то же время умение водителя надежно действовать в нештатных ситуациях является одной из составляющих его мастерства.

Никто не застрахован от ошибок, в результате которых возникают нештатные ситуации. В процессе тренировок водитель может безопасно выходить за границы устойчивого управления и накапливать опыт, который позволяет более точно оценивать штатность ДТС, возникающих в реальных условиях.

Чтобы надежно действовать в нештатных ДТС, требуется умение реализовать на 100 % функциональные свойства автомобиля при разгоне, торможении, криволинейном движении.

Для упрощения анализа рассмотрим разгон автомобиля с четырехступенчатой трансмиссией, так как увеличение числа ступеней не внесет изменений в результаты анализа. Двигатели грузовых автомобилей имеют ограничитель оборотов, поэтому для разгона по скоростному алгоритму водителю необходимо, нажав на педаль скорости «до пола», переходить на высшие передачи при частоте вращения коленчатого вала, которая чуть-чуть меньше, чем частота включения ограничителя оборотов. График тягового баланса на рис. 5.1 иллюстрирует это.

В момент включения ограничителя оборотов тяговая сила P_t резко снижается до величины суммарного сопротивления движению P_{Σ} , и разгон прекращается. Поэтому необходимо включать более высокую передачу чуть раньше, чем частота вращения коленчатого вала увеличится до значения, соответствующего максимальной скорости на этой передаче ($V_{2\max}$, $V_{3\max}$).

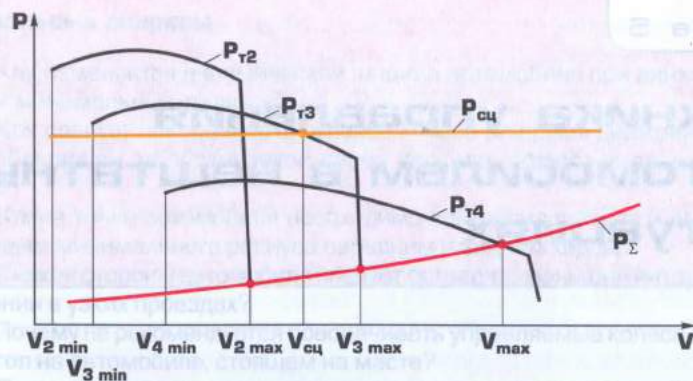


Рис. 5.1. Определение момента переключения на высшие передачи при реализации скоростного алгоритма разгона:

V — скорость; P — сила; $V_{i \min}$ — минимальная устойчивая скорость на i -той передаче; $V_{i \max}$ — максимальная скорость на i -й передаче; $V_{сц}$ — скорость прекращения буксования ведущих колес (тяговая сила сравнялась с силой сцепления); $V_{\max}$ — максимальная скорость на высшей передаче; P_{Σ} — суммарное сопротивление движению автомобиля; $P_{сц}$ — сила сцепления; P_{Ti} — тяговая сила на i -й передаче

При разгоне по скоростному алгоритму следует использовать те же передачи, что и при разгоне по экономичному алгоритму (см. табл. 3.1). При этом нельзя очень быстро отпускать педаль сцепления. Это не повышает скорость разгона тяжелого автомобиля, но значительно увеличивает нагрузки, возникающие в трансмиссии. Чтобы определить частоту вращения коленчатого вала, при которой необходимо переходить на высшие передачи, можно сделать разгон на одной из низших передач и запомнить показания тахометра в тот момент, когда разгон прекратится. Это хорошо ощущается, так как резкое прекращение ускорения воспринимается как торможение. При отсутствии тахометра необходимо определить по спидометру значения скорости при включении ограничителя оборотов на каждой передаче.

Разгон и движение на подъеме при ограничении силы сцепления колес с дорогой. Рассмотренный выше алгоритм действий может быть реализован тогда, когда сила сцепления колес с дорогой больше, чем тяговая сила. При увеличении скользкости покрытия тяговая сила P_T в диапазоне скоростей, меньших $V_{сц}$, может быть больше силы сцепления $P_{сц}$ (см. рис. 5.1). Чтобы разогнаться в этих условиях с максимально возможной интенсивностью, необходимо в диапазоне скоростей $0 \dots V_{сц}$ регулировать тяговую силу P_T таким образом, чтобы она была как можно ближе к $P_{сц}$. Для этого после трогания с места требуется перейти на третью передачу, как только скорость автомобиля увеличится до $V_{3 \min}$, и циклически перемещать педаль скорости около положения, соответствующего началу буксования ведущих колес.

Рассмотрим, от каких факторов зависит точность регулирования тяговой силы. На рис. 5.2 показан график изменения продольной реакции R_x при изменении тяговой силы P_T от времени. На участке $0A$ коэффициент скольжения s меньше критического $s_{кр}$, поэтому реакция R_x равна тяговой силе P_T , т. е. точка A соответствует критическому коэффициенту скольжения $s_{кр}$. В этой точке начинается буксование, и s возрастает до единицы. В точке A реакция R_x равна силе сцепления покоя. Для упрощения анализа процесса регулирования буксования примем, что реакция покоя $R_{xк}$ скачком уменьшается до величины, равной силе сцепления скольжения R_{xc} (точка B), и остается постоянной, если $s > s_{кр}$. Изменение R_{xc} в процессе буксования показано желтой линией.

После начала буксования водитель еще некоторое время нажимает на педаль скорости, но, ощутив буксование, отпускает ее до тех пор пока буксование не прекратится. После этого он снова нажимает педаль, возникает буксование, и процесс циклически повторя-

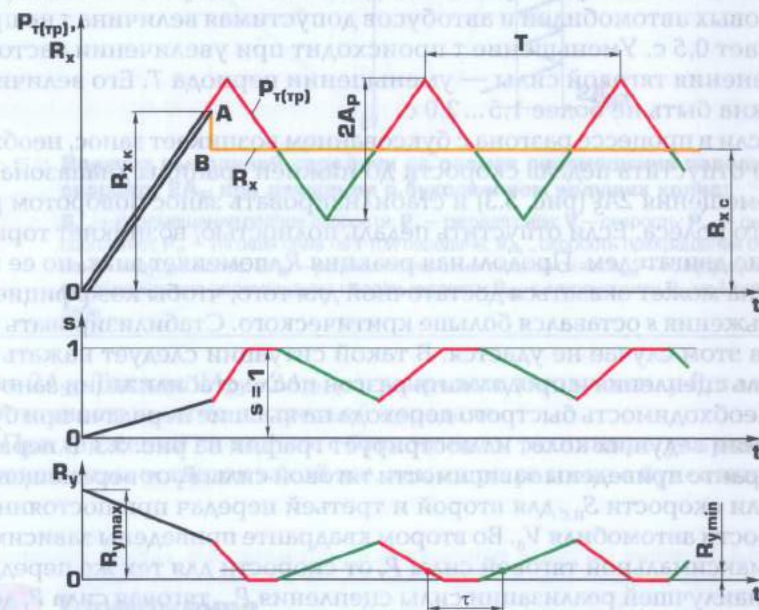


Рис. 5.2. Влияние размаха тяговой (тормозной) силы $2A_p$, подводимой к колесу, и периода ее изменения T на условия движения с буксованием (блокировкой) колес:

t — время; $P_{T(trp)}$ — тяговая (тормозная) сила; R_x — продольная реакция между колесами и дорогой; $R_{xк}$ — максимальная реакция трения покоя; R_{xc} — реакция трения скольжения; s — коэффициент скольжения; R_y — поперечная реакция; $R_{y \max}$ — максимальная поперечная реакция; $R_{y \min}$ — величина поперечной реакции, при которой возникает поперечное скольжение колеса; τ — продолжительность периода, в течение которого поперечная реакция меньше $R_{y \min}$

ется. При циклическом изменении тяговой силы P_T на участках кривой, обозначенных красным цветом, развивается буксование, а на участках, обозначенных зеленым цветом, оно прекращается. Изменение коэффициента скольжения s также показано на рис. 5.2. Из приведенных графиков следует, что при циклическом изменении тяговой силы P_T циклически изменяются и коэффициент буксования s , и поперечная реакция R_y . Величина последней определяет устойчивость автомобиля против поперечного скольжения колес.

Приведенные графики позволяют сформулировать оптимальный алгоритм изменения тяговой силы при движении с буксованием. Для максимальной реализации силы сцепления колес с дорогой необходимо, чтобы размах изменения тяговой силы $2A_P$ был минимальным. Для сохранения устойчивости автомобиля против поперечного скольжения ведущих колес необходимо, чтобы время τ , в течение которого поперечная реакция остается меньше, чем $R_{y\min} \approx 0,05 R_{y\max}$, было меньше времени, в течение которого автомобиль начинает реагировать на действие поперечной силы. Для грузовых автомобилей и автобусов допустимая величина τ не превышает 0,5 с. Уменьшение τ происходит при увеличении частоты изменения тяговой силы — уменьшении периода T . Его величина должна быть не более 1,5...2,0 с.

Если в процессе разгона с буксованием возникает занос, необходимо отпустить педаль скорости до нижней границы диапазона ее перемещения $2A_S$ (рис. 5.3) и стабилизировать занос поворотом рулевого колеса. Если отпустить педаль полностью, возникнет торможение двигателем. Продольная реакция R_x поменяет знак, но ее величина может оказаться достаточной для того, чтобы коэффициент скольжения s оставался больше критического. Стабилизировать занос в этом случае не удастся. В такой ситуации следует нажать на педаль сцепления и продолжить разгон после стабилизации заноса.

Необходимость быстрого перехода на высшие передачи при буксовании ведущих колес иллюстрирует график на рис. 5.3. В первом квадранте приведены зависимости тяговой силы P_T от перемещения педали скорости $S_{п.с}$ для второй и третьей передач при постоянной скорости автомобиля V_a . Во втором квадранте приведены зависимости максимальной тяговой силы $P_{T\max}$ от скорости для тех же передач. Для наилучшей реализации силы сцепления $P_{сц}$ тяговая сила P_T должна в соответствии с изложенным выше изменяться в диапазоне $2A_P$. Необходимые для этого размахи перемещения педали скорости $2A_{S2}$ на второй и третьей передачах показаны в четвертом квадранте.

Как можно видеть из приведенных графиков, включение более высокой передачи уменьшает чувствительность автомобиля по тяговой силе к перемещению педали k_{sp} . Чтобы размах изменения тяговой силы не превышал $2A_P$, на второй передаче педаль необходимо перемещать в диапазоне $2A_{S2}$, а на третьей передаче — в диапа-

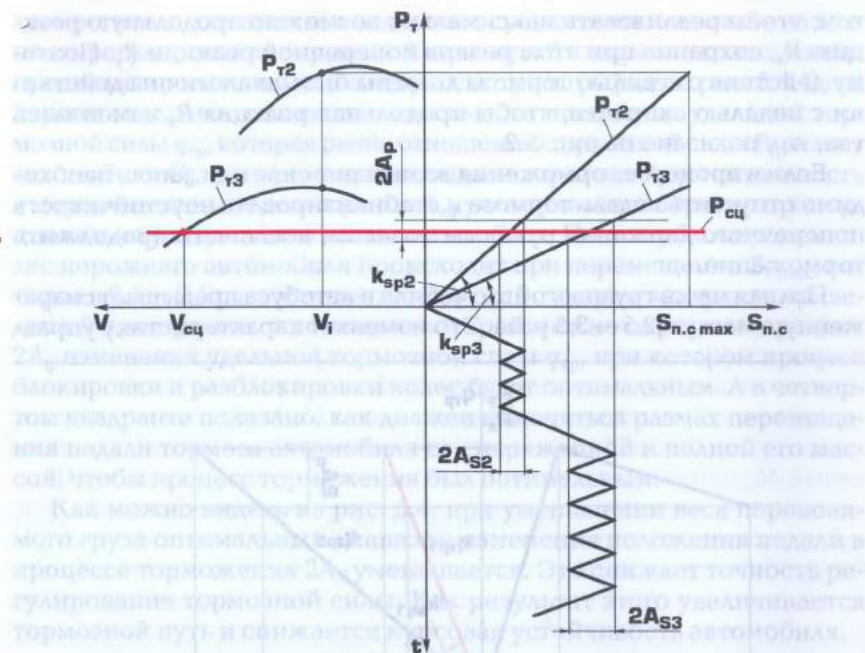


Рис. 5.3. Влияние выбранной передачи на размахи перемещения педали скорости $2A_S$ при движении с буксованием ведущих колес:

$S_{п.с}$ — перемещение педали скорости; P_T — тяговая сила; V — скорость; $P_{сц}$ — сила сцепления; P_{Ti} — тяговая сила на i -той передаче; $V_{сц}$ — скорость прекращения буксования ведущих колес; $2A_P$ — размах изменения тяговой силы; k_{sp} — коэффициент преобразования перемещения педали скорости $S_{п.с}$ в тяговую силу P_{Ti} на i -той передаче

зоне $2A_{S3}$. Так как $2A_{S3} > 2A_{S2}$, регулировать тяговую силу P_T с заданной точностью легче на третьей передаче.

При движении на подъем с буксованием техника регулирования тяговой силы остается такой же, как и при разгоне с буксованием.

При снижении силы сцепления колес с дорогой безопасная скорость уменьшается, но по статистике увеличивается число аварий, связанных с буксованием на подъеме. Поэтому при буксовании на подъеме необходимо немедленно перейти на более низкую передачу.

5.2. Торможение

Тормозная система грузового автомобиля позволяет создавать на колесах тормозные силы $P_{тр}$, значительно превышающие тяговую силу P_T . Поэтому блокировка колес в процессе торможения возможна и при высоком коэффициенте сцепления шин с дорогой, особенно при порожнем состоянии автомобиля. Задача водителя при экстренном торможении, как и при разгоне с буксованием, состоит в

том, чтобы реализовать максимально возможно продольную реакцию R_x , сохранив при этом резерв поперечной реакции R_y . Поэтому действия с педалью тормоза должны быть аналогичны действиям с педалью скорости, чтобы продольная реакция R_x изменялась так, как показано на рис. 5.2.

Если в процессе торможения возникнет снос или занос, необходимо отпустить педаль тормоза и стабилизировать неустойчивость поперечного движения рулевым колесом, после чего продолжить торможение.

Полная масса грузового автомобиля и автобуса превышает снаряженную массу в 2,5—3,5 раза. Это изменяет характеристику управ-

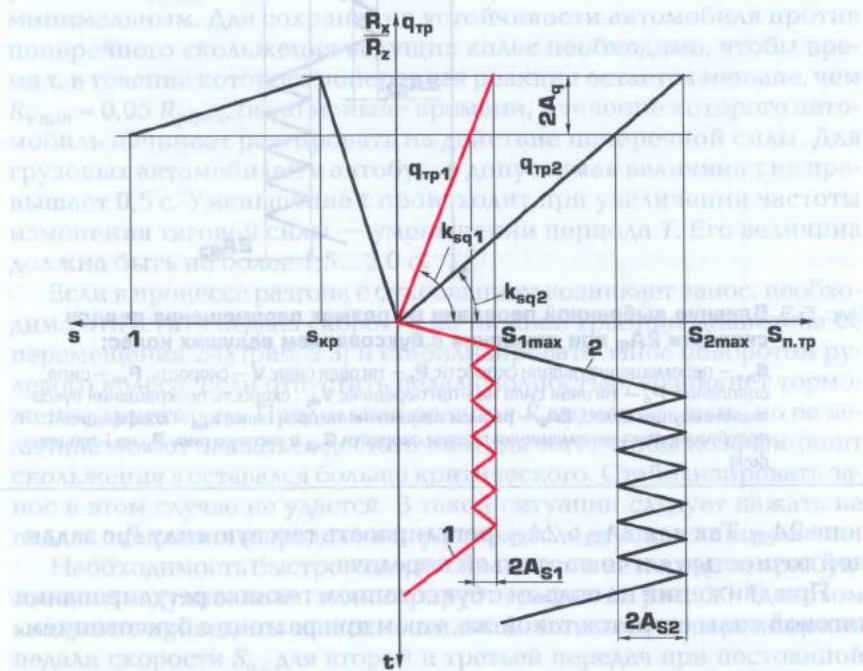


Рис. 5.4. Влияние нагрузки автомобиля на оптимальный размах перемещения педали тормоза при торможении с блокировкой колес:

красным (1) показана снаряженная масса; черным (2) — полная масса; $S_{п.т.р}$ — перемещение педали тормоза; $q_{т.р}$ — удельная тормозная сила; R_x — суммарная продольная (тормозная) реакция между колесами и дорогой; R_z — суммарная вертикальная реакция между колесами и дорогой; s — коэффициент сцепления; S_{1max} , S_{2max} — значения коэффициента скольжения; $S_{кр}$ — критическое значение коэффициента скольжения; S_{1max} , S_{2max} — перемещения педали тормоза, вызывающие блокировку колес при снаряженной и полной массе соответственно; $q_{т.р1}$, $q_{т.р2}$ — изменения удельной тормозной силы при частичной и полной массе соответственно; k_{sq1} , k_{sq2} — коэффициенты преобразования перемещения педали в удельную тормозную силу при частичной и полной массе соответственно; $2A_{s1}$, $2A_{s2}$ — оптимальные размахи перемещения педали тормоза при снаряженной и полной массе соответственно

ляемости замедлением, что оказывает существенное влияние на точность регулирования тормозной силы при блокировке колес. Чтобы проанализировать это явление, рассмотрим график на рис. 5.4. В его первом квадранте показаны зависимости изменения удельной тормозной силы $q_{т.р}$, которая равна отношению тормозной силы $P_{т.р}$ к весу автомобиля G_a , от перемещения педали тормоза. Чувствительность к перемещению педали тормоза k_{sq} увеличивается обратно пропорционально уменьшению массы автомобиля. Поэтому блокировка колес порожнего автомобиля происходит при перемещении S_{1max} , которое в 2,5—3,5 раза меньше, чем S_{2max} . Во втором квадранте приведена R - s диаграмма, с помощью которой можно определить размах $2A_q$ изменения удельной тормозной силы $q_{т.р}$, при котором процесс блокировки и разблокировки колес будет оптимальным. А в четвертом квадранте показано, как должен изменяться размах перемещения педали тормоза автомобиля со снаряженной и полной его массой, чтобы процесс торможения был оптимальным.

Как можно видеть из рис. 5.4, при уменьшении веса перевозимого груза оптимальный диапазон изменения положения педали в процессе торможения $2A_s$ уменьшается. Это снижает точность регулирования тормозной силы. Как результат этого увеличивается тормозной путь и снижается курсовая устойчивость автомобиля.

5.3. Стабилизация сноса и заноса

Увеличение поперечной силы P_y ограничено устойчивостью автомобиля против поперечного опрокидывания и скольжения. Стабилизировать начавшееся опрокидывание грузового автомобиля и автобуса практически невозможно. Предотвратить опрокидывание можно только одним способом — не превышать безопасную скорость.

Опрокидывание возможно только на дороге с высоким коэффициентом сцепления, которому соответствуют высокие безопасные скорости. При снижении силы сцепления колес с дорогой безопасная скорость уменьшается, но по статистике увеличивается число водителей, превышающих ее, что связано с особенностями восприятия скорости человеком. Чем меньше скорость, тем чаще водитель недооценивает ее опасность. Поэтому в зимний период все водители сталкиваются с явлениями сноса и заноса автомобиля. Из изложенного следует, что невозможно стать надежным водителем, не освоив приемы управления автомобилем при сносе и заносе.

Причиной поперечного скольжения колес могут быть управляющие действия водителя и воздействие внешних возмущений. Рассмотрим сначала движение автомобиля в повороте с постоянной скоростью при различных углах поворота управляемых колес.

Снос и занос автомобиля на повороте. Схема поворота автомобиля на эластичных шинах показана на рис. 5.5. Движение автомобиля в каждый момент представляет сумму двух движений: перемещения ЦМ по дуге радиуса $R_{\text{пв}}$, поворота продольной оси вокруг ЦМ с угловой скоростью ω_y . В соответствии с уравнением (2.15) поперечная сила P_y уравнивается реакциями на передних R_{y1} и задних R_{y2} колесах. Реакция на передних колесах создает момент M_1 , поворачивающий продольную ось автомобиля вокруг ЦМ. Его величина в соответствии с уравнением (2.14) равна произведению R_{y1} на расстояние a от точки ее приложения до ЦМ.

Поперечная реакция на задних колесах R_{y2} в соответствии с уравнением (2.16) создает момент M_2 , который равен произведению R_{y2} на расстояние b от точки ее приложения до ЦМ.

Момент M_2 направлен против момента M_1 . Условием устойчивого поворота автомобиля является равенство нулю суммарного момента M_Σ :

$$M_\Sigma = M_1 - M_2 = 0. \quad (5.1)$$

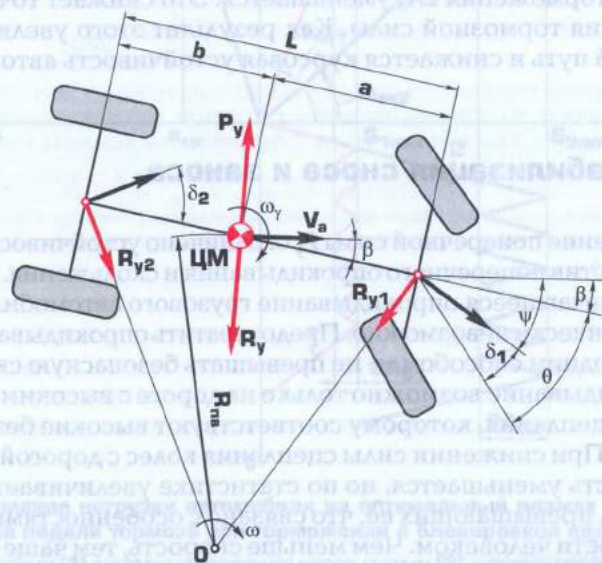


Рис. 5.5. Схема поворота автомобиля при установившемся движении:

L — база; a — расстояние от передних колес до ЦМ; b — расстояние от задних колес до ЦМ; P_y — поперечная (центробежная) сила; R_y — поперечная реакция; R_{y1} , R_{y2} — поперечные реакции на передних и задних колесах соответственно; $R_{\text{пв}}$ — радиус поворота автомобиля; θ — угол поворота управляемых колес; δ_1 , δ_2 — углы увода передних и задних колес соответственно; β — угол сноса; ψ — угол, определяющий величину момента, создаваемого поворотом управляемых колес; V_a — скорость автомобиля; ω — угловая скорость поворота автомобиля; ω_y — угловая скорость поворота продольной оси автомобиля, $\omega_y = \omega$

В результате деформации шин под действием поперечных реакций они катятся с боковым уводом на передних δ_1 и задних δ_2 колесах.

Если автомобиль имеет недостаточную поворачиваемость, углы увода передних δ_1 и задних δ_2 колес изменяются в зависимости от суммарной поперечной реакции R_y , как показано на верхнем графике рис. 5.6, а. На нижнем графике (см. рис. 5.6, б) показана зависимость между поперечной реакцией R_y и углом поворота θ управляемых колес. Видно, что $R_{y \text{ max}}$ определяется началом бокового скольжения передних колес и равняется $R_{y \text{ сн}}$.

На рис. 5.6, б приведены зависимости моментов M_1 , M_2 и M_Σ от угла поворота управляемых колес θ . Можно видеть, что суммарный момент M_Σ автомобиля с недостаточной поворачиваемостью всегда равен нулю, что обеспечивает его курсовую устойчивость (см. уравнение (5.1)).

Штриховая кривая показывает возможность увеличения поперечной реакции на задних колесах R_{y2} и создаваемого ее стабилизирующего момента M_2 . Благодаря этому имеются резервы $\text{res } R_{y2}$ и $\text{res } M_2$, которые способствуют сохранению курсовой устойчивости при действии внешних сил и моментов.

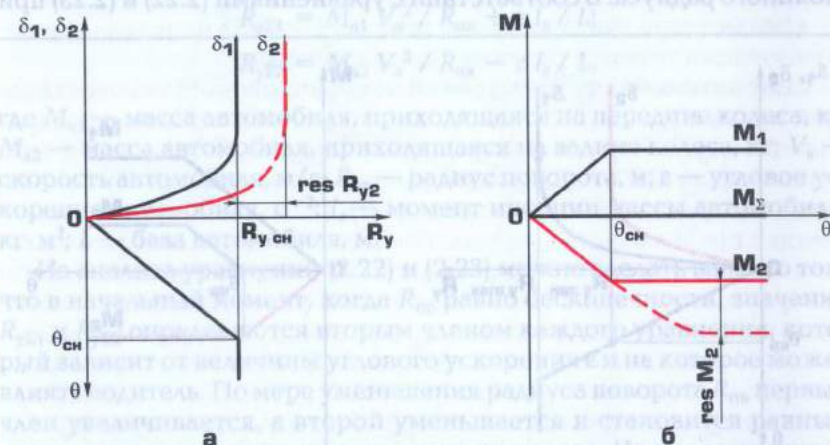


Рис. 5.6. Характеристики курсовой устойчивости автомобиля с недостаточной поворачиваемостью:

a — зависимость углов увода передних δ_1 и задних δ_2 колес от поперечной реакции R_{y2} ; θ — угол поворота управляемых колес; $R_{y \text{ сн}}$ — поперечная реакция при сносе автомобиля; $\theta_{\text{сн}}$ — угол поворота управляемых колес, соответствующий $R_{y \text{ сн}}$; $\text{res } R_{y2}$ — резерв поперечной реакции на задних колесах; b — зависимость моментов, действующих на автомобиль, от угла поворота управляемых колес θ ; M_1 — поворачивающий момент, создаваемый передними колесами; M_2 — стабилизирующий момент, создаваемый задними колесами; M_Σ — суммарный момент; $\text{res } M_2$ — резерв стабилизирующего момента

Если автомобиль имеет избыточную поворачиваемость, углы увода передних δ_1 и задних δ_2 колес в зависимости от суммарной поперечной реакции R_y изменяются, как показано на рис. 5.7, а. Из приведенных графиков следует, что при повороте управляемых колес на критический угол $\theta_{кр}$ поперечная реакция становится равной $R_{y\text{зан}}$. Угол увода задних колес δ_2 при самом незначительном увеличении угла поворота управляемых колес относительно $\theta_{кр}$ будет непрерывно расти, что приводит к заносу автомобиля. Если водитель продолжит поворот рулевого колеса, поперечная реакция может быть увеличена до $R_{y\text{max}}$. Поскольку реакция на задних колесах будет оставаться постоянной, суммарный момент M_Σ станет больше нуля и вызовет развитие заноса.

Как уже отмечалось выше, автомобиль является своего рода «маховиком», который при входе в поворот необходимо раскрутить до угловой скорости поворота ω_y . Момент инерции массы автомобиля I_z препятствует этому. Для его преодоления возникает момент инерции вращения $M_{из}$, который определяется по уравнению (2.20). Для создания момента $M_{из}$ на колесах должна возникнуть дополнительная пара реакций (см. уравнения (2.22) и (2.23)). Результатом этого является то, что реакции на колесах автомобиля $R_{y\Sigma 1}$ и $R_{y\Sigma 2}$ при входе в поворот отличаются от реакций при движении по кривой постоянного радиуса. В соответствии с уравнениями (2.22) и (2.23) при

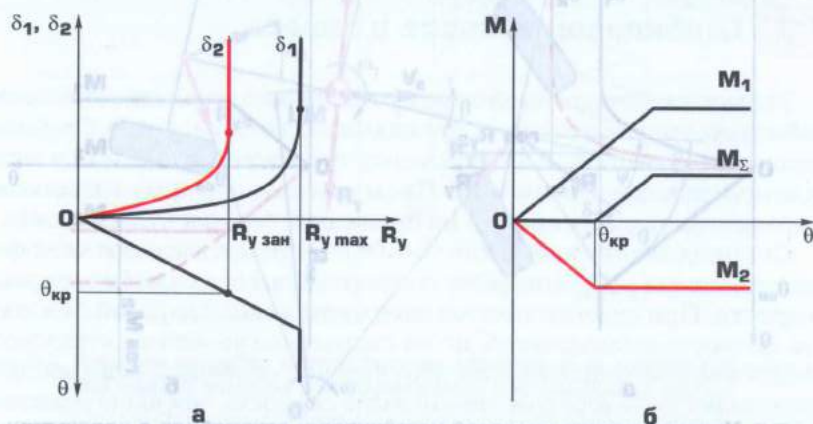


Рис. 5.7. Характеристики курсовой устойчивости автомобиля с избыточной поворачиваемостью:

а — зависимость углов увода передних δ_1 и задних δ_2 колес от поперечной реакции R_y ; θ — угол поворота управляемых колес; $R_{y\text{зан}}$ — поперечная реакция при заносе автомобиля; $R_{y\text{max}}$ — максимальная поперечная реакция; $\theta_{кр}$ — критический угол поворота управляемых колес, вызывающий занос автомобиля; б — зависимость моментов, действующих на автомобиль, от угла поворота управляемых колес θ : M_1 — поворачивающий момент, создаваемый передними колесами; M_2 — стабилизирующий момент, создаваемый задними колесами; M_Σ — суммарный момент

входе в поворот поперечная реакция на передних колесах $R_{y\Sigma 1}$ увеличивается, а на задних $R_{y\Sigma 2}$ уменьшается. Это означает, что увеличивается угол увода передних δ_1 и уменьшается угол увода задних δ_2 колес, т. е. поворачиваемость автомобиля уменьшается.

На входе в поворот автомобиля с избыточной поворачиваемостью в период протекания переходного процесса приобретают недостаточную поворачиваемость. Поэтому превышение безопасной скорости на входе в поворот на скользкой дороге всегда приводит к сносу. Если автомобиль обладает недостаточной поворачиваемостью, снос будет продолжаться до тех пор, пока скорость не снизится до безопасного значения. При избыточной поворачиваемости после завершения переходного процесса возникает занос.

При сносе водитель инстинктивно увеличивает угол поворота рулевого колеса в надежде на уменьшение радиуса траектории движения. Однако этого не происходит, так как поперечная реакция на передних колесах R_{y1} стала равна силе сцепления $P_{сц}$ и автомобиль потерял управляемость — перестал реагировать на увеличение поворота рулевого колеса.

Рассмотрим более подробно возможности повышения надежности управления автомобилем в случае сноса автомобиля. Для этого проанализируем уравнения (2.22) и (2.23):

$$R_{y\Sigma 1} = M_{a1} V_a^2 / R_{пв} + \varepsilon I_z / L;$$

$$R_{y\Sigma 2} = M_{a2} V_a^2 / R_{пв} - \varepsilon I_z / L,$$

где M_{a1} — масса автомобиля, приходящаяся на передние колеса, кг; M_{a2} — масса автомобиля, приходящаяся на задние колеса, кг; V_a — скорость автомобиля, м/с; $R_{пв}$ — радиус поворота, м; ε — угловое ускорение автомобиля, с^{-2} ; I_z — момент инерции массы автомобиля, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; L — база автомобиля, м.

Из анализа уравнений (2.22) и (2.23) можно сделать вывод о том, что в начальный момент, когда $R_{пв}$ равно бесконечности, значения $R_{y\Sigma 1}$ и $R_{y\Sigma 2}$ определяются вторым членом каждого уравнения, который зависит от величины углового ускорения ε и на которое может влиять водитель. По мере уменьшения радиуса поворота $R_{пв}$ первый член увеличивается, а второй уменьшается и становится равным нулю при завершении переходного процесса. Чтобы уменьшить снос на входе в поворот, необходимо уменьшить угловое ускорение ε . Это возможно путем уменьшения угловой скорости поворота рулевого колеса при условии более раннего входа в поворот.

Снос автомобиля с недостаточной поворачиваемостью. Неожиданное движение автомобиля в сторону повернутых колес связано с уменьшением до нуля второго члена уравнений (2.22) и (2.23). При этом уменьшается реакция на передних колесах $R_{y\Sigma 1}$ и увеличивается на задних $R_{y\Sigma 2}$. В результате углы увода уменьша-

ются на передних и увеличиваются на задних колесах. Это приводит к увеличению поворачиваемости и соответственно чувствительности к повороту рулевого колеса. Резкое увеличение чувствительности к повороту рулевого колеса и является причиной того, что прекращение сноса неожиданно сменяется движением внутрь поворота.

Проведенный анализ позволяет сформулировать алгоритм действий водителя при управлении автомобилем с недостаточной поворачиваемостью при возникновении сноса:

- для уменьшения вероятности сноса необходимо снижать угловое ускорение поворота автомобиля путем снижения скорости поворота рулевого колеса за счет более раннего входа в поворот;
- при возникновении сноса целесообразно продолжать поворот рулевого колеса, так как в соответствии с уравнением (2.11) это увеличивает силу дополнительного сопротивления качению $P_{к.к.}$;
- по мере снижения скорости автомобиля в процессе сноса необходимо уменьшать угол поворота рулевого колеса;
- по мере прекращения сноса необходимо быть готовым увеличить скорость возврата рулевого колеса до максимума;
- в момент прекращения сноса вернуть рулевое колесо в положение, соответствующее направлению движения, задаваемому дорогой;
- реализовать такой алгоритм действий возможно только при использовании техники руления, описанной выше.

Снос автомобиля с избыточной поворачиваемостью, переходящий в занос. На входе в поворот возникает недостаточная поворачиваемость. По мере уменьшения углового ускорения ϵ второй член в уравнениях (2.22) и (2.23) тоже уменьшается, и наступает момент, когда поворачиваемость становится избыточной и по мере уменьшения ϵ продолжает возрастать. Поскольку в начальной фазе поворота поворачиваемость была недостаточной, рулевое колесо было повернуто на большой угол, т. е. угол поворота управляемых колес оказался больше критического $\theta_{кр}$ (см. рис. 5.7). В процессе завершения переходного процесса наступает момент, когда суммарная поперечная реакция становится равной $R_{y\text{ зан}}$ (см. рис. 5.7, а). Так как θ больше $\theta_{кр}$, суммарный момент M_{Σ} больше нуля, поэтому угол увода задних колес δ_2 начнет непрерывно увеличиваться и произойдет занос автомобиля. Возникшее под действием момента M_{Σ} угловое ускорение ϵ в соответствии с уравнением (2.20) будет равно, ϵ^{-2} :

$$\epsilon = M_{\Sigma} / I_z. \quad (5.2)$$

Для устранения заноса необходимо, чтобы суммарный момент M_{Σ} изменил знак и стал противодействовать вращению автомобиля. Момент M_2 , создаваемый задними колесами, всегда противодействует вращению. Поскольку поперечная реакция на задних коле-

сах в процессе заноса остается постоянной, равной $R_{y2\text{ max}}$, величина момента M_2 также остается постоянной. Величина и знак момента M_1 , создаваемого передними колесами, зависят от угла их поворота θ , угла увода передних колес δ_1 и угла сноса β .

Ранее на рис. 5.5 показана схема движения автомобиля в заносе с передними колесами, повернутыми в сторону поворота. Момент M_1 , поворачивающий автомобиль, изменяется пропорционально изменению угла поворота вектора скорости передней оси ψ относительно вектора скорости в ЦМ. Когда колеса повернуты в сторону поворота и создают поворачивающий момент M_1 , увеличение угла сноса β приводит к увеличению угла ψ :

$$\psi = \theta + \beta - \delta_1.$$

Поскольку занос — это непрерывное увеличение угла сноса β , бездействие водителя в этой ситуации означает, что поворачивающий момент будет возрастать, приводя к прогрессирующему развиту заноса.

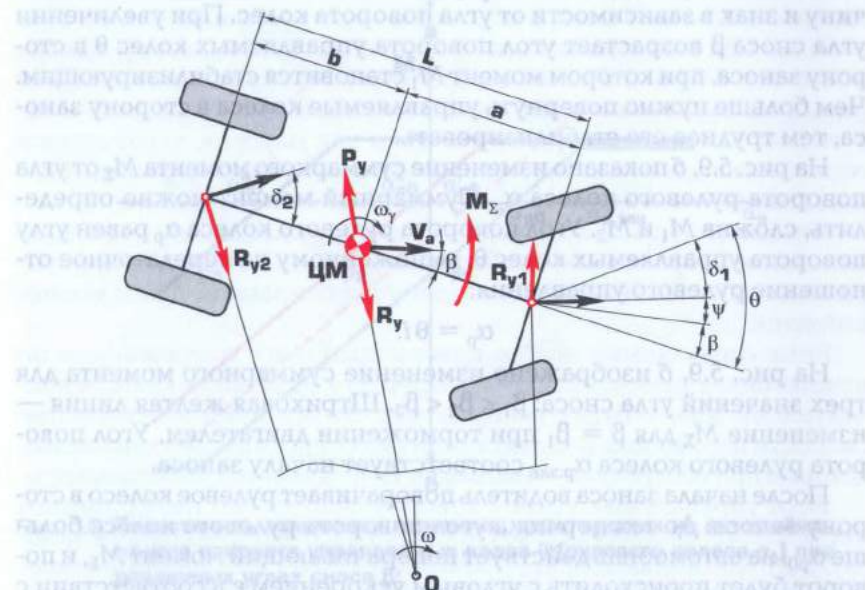


Рис. 5.8. Схема движения автомобиля при стабилизации заноса:

L — база; a — расстояние от передних колес до ЦМ; b — расстояние от задних колес до ЦМ; P_y — поперечная (центробежная) сила; R_y — поперечная реакция; M_{Σ} — суммарный момент; R_{y1} , R_{y2} — поперечные реакции на передних и задних колесах соответственно; θ — угол поворота управляемых колес; δ_1 , δ_2 — углы увода передних и задних колес соответственно; β — угол сноса; ψ — угол, определяющий величину момента, создаваемого поворотом управляемых колес; V_a — скорость автомобиля; ω — угловая скорость поворота автомобиля; ω_y — угловая скорость поворота продольной оси автомобиля, $\omega_y \neq \omega$

Когда колеса повернуты в сторону заноса (рис. 5.8) и создают стабилизирующий момент M_1 , увеличение угла сноса β уменьшает угол ψ :

$$\psi = \theta - \beta - \delta_1.$$

В этой ситуации чем больше β , тем на больший угол θ нужно повернуть управляемые колеса в сторону заноса для его стабилизации. Поэтому на занос необходимо реагировать максимально быстро, чтобы угол сноса β не успел увеличиться.

Изложенное иллюстрирует график на рис. 5.9, а, показывающий изменение моментов M_1 и M_2 в процессе заноса в зависимости от угла поворота управляемых колес θ .

Задние колеса создают постоянный максимальный стабилизирующий момент $-M_{2\max}$, который не зависит от поворота передних колес, но зависит от величины продольной реакции. На рис. 5.9, а сплошной красной линией показан момент $-M_{2\max}$ при свободном качении задних колес, а штриховой линией — момент $-M'_{2\max}$ при торможении двигателем.

Момент M_1 , создаваемый передними колесами, изменяет величину и знак в зависимости от угла поворота колес. При увеличении угла сноса β возрастает угол поворота управляемых колес θ в сторону заноса, при котором момент M_1 становится стабилизирующим. Чем больше нужно повернуть управляемые колеса в сторону заноса, тем труднее его стабилизировать.

На рис. 5.9, б показано изменение суммарного момента M_Σ от угла поворота рулевого колеса α_p . Суммарный момент можно определить, сложив M_1 и M_2 . Угол поворота рулевого колеса α_p равен углу поворота управляемых колес θ , умноженному на передаточное отношение рулевого управления:

$$\alpha_p = \theta i.$$

На рис. 5.9, б изображено изменение суммарного момента для трех значений угла сноса: $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$. Штриховая желтая линия — изменение M_Σ для $\beta = \beta_1$ при торможении двигателем. Угол поворота рулевого колеса $\alpha_{p.\text{зан}}$ соответствует началу заноса.

После начала заноса водитель поворачивает рулевое колесо в сторону заноса. До тех пор пока угол поворота рулевого колеса больше α_{p0} , на автомобиль действует поворачивающий момент M_Σ , и поворот будет происходить с угловым ускорением ε в соответствии с уравнением (5.2). При этом будут увеличиваться угловая скорость поворота ω_y и угол сноса β . Чем позже начнет поворачивать рулевое колесо водитель и чем медленнее он будет выполнять его поворот, тем больше будет угол сноса $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$ и тем на больший угол $\Delta\alpha_p$ потребуется повернуть рулевое колесо, чтобы поворачивающий момент сменился стабилизирующим:

$$\Delta\alpha_p = \alpha_{p.\text{зан}} - \alpha_{p0}.$$

Увеличение $\Delta\alpha_p$ влечет за собой уменьшение стабилизирующего момента M_Σ , который можно реализовать для прекращения заноса. Торможение двигателем увеличивает поворачивающий и снижает стабилизирующий моменты, увеличивает $\Delta\alpha_p$, что затрудняет стабилизацию заноса.

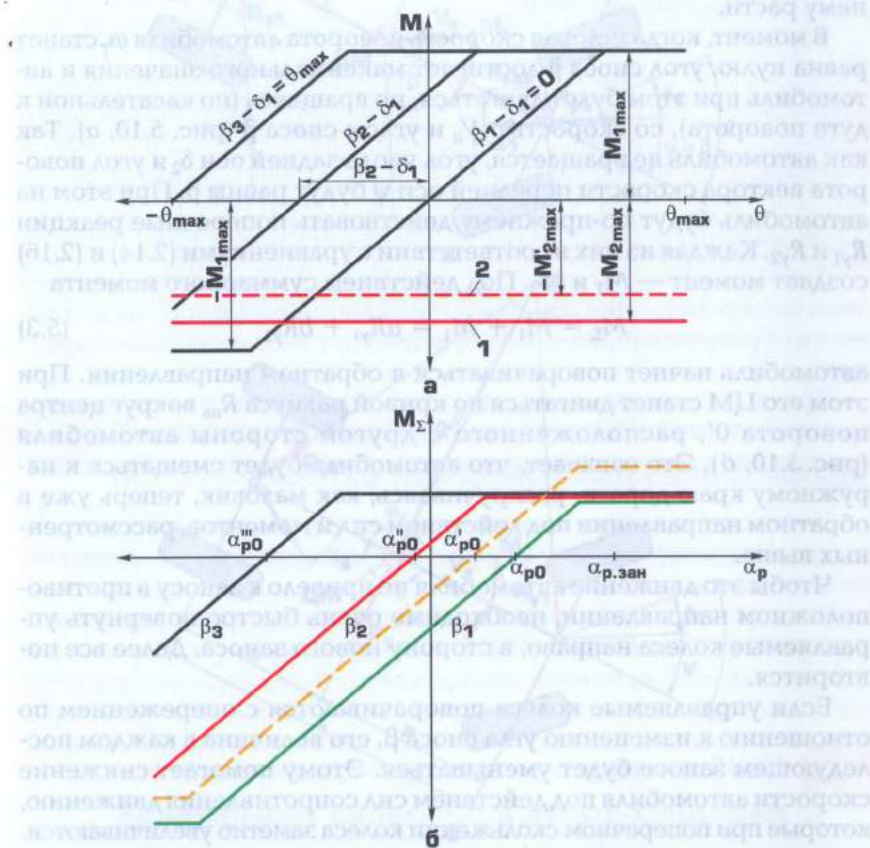


Рис. 5.9. Зависимость изменения моментов, действующих на автомобиль, от угла поворота управляемых колес θ (рулевого колеса α_p) при различных углах сноса β :

а — зависимость моментов, создаваемых передними M_1 и задними M_2 колесами, от угла поворота управляемых колес θ ; б — зависимость суммарного момента M_Σ от угла поворота рулевого колеса α_p при $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$; 1 — момент $M_{2\max}$ при качении колеса в ведомом режиме; 2 — момент $M'_{2\max}$ при торможении двигателем; $\alpha_{p.\text{зан}}$ — угол поворота рулевого колеса, вызывающий занос автомобиля; α_{p0} , α_{p0}' , α_{p0}'' — углы поворота рулевого колеса, соответствующие значениям угла сноса β_1 , β_2 и β_3 соответственно, при которых поворачивающий момент изменяется на стабилизирующий при нажатой педали сцепления; α_{p0} — угол поворота рулевого колеса, соответствующий углу сноса β_1 , при котором поворачивающий момент изменяется на стабилизирующий в случае торможения двигателем

В процессе заноса ЦМ автомобиля движется по дуге уменьшающегося радиуса $R_{\text{пв}}$, и автомобиль может сойти с дороги внутрь поворота. В результате действия стабилизирующего момента M_{Σ} угловое ускорение сменяется угловым замедлением ϵ , величина которого определяется тем же уравнением (5.2). Поэтому угловая скорость поворота ω_y станет уменьшаться, а угол сноса β будет по-прежнему расти.

В момент, когда угловая скорость поворота автомобиля ω_y станет равна нулю, угол сноса β достигнет максимального значения и автомобиль при этом будет двигаться, не вращаясь (по касательной к дуге поворота), со скоростью V_a и углом сноса β (рис. 5.10, а). Так как автомобиль не вращается, угол увода задней оси δ_2 и угол поворота вектора скорости передней оси ψ будут равны β . При этом на автомобиль будут по-прежнему действовать поперечные реакции R_{y1} и R_{y2} . Каждая из них в соответствии с уравнениями (2.14) и (2.16) создает момент — M_1 и M_2 . Под действием суммарного момента

$$M_{\Sigma} = M_1 + M_2 = aR_{y1} + bR_{y2} \quad (5.3)$$

автомобиль начнет поворачиваться в обратном направлении. При этом его ЦМ станет двигаться по кривой радиуса $R_{\text{пв}}$ вокруг центра поворота O' , расположенного с другой стороны автомобиля (рис. 5.10, б). Это означает, что автомобиль будет смещаться к наружному краю дороги, раскручиваясь, как маховик, теперь уже в обратном направлении под действием сил и моментов, рассмотренных выше.

Чтобы это движение автомобиля не привело к заносу в противоположном направлении, необходимо очень быстро повернуть управляемые колеса направо, в сторону нового заноса. Далее все повторится.

Если управляемые колеса поворачиваются с опережением по отношению к изменению угла сноса β , его величина в каждом последующем заносе будет уменьшаться. Этому помогает снижение скорости автомобиля под действием сил сопротивления движению, которые при поперечном скольжении колеса заметно увеличиваются.

Если управляемые колеса поворачиваются без необходимого опережения, амплитуда угла сноса β в каждом последующем заносе будет увеличиваться, что приведет в итоге к потере устойчивости курсового управления автомобилем — его развернет.

Если управляемые колеса поворачиваются с опозданием по отношению к увеличению угла сноса β , автомобиль сразу перейдет во вращение.

Поскольку в процессе заноса изменяется радиус траектории движения ЦМ и его знак, автомобиль перемещается относительно полотна дороги в поперечном направлении. Часто это приводит к съезду автомобиля с дороги.

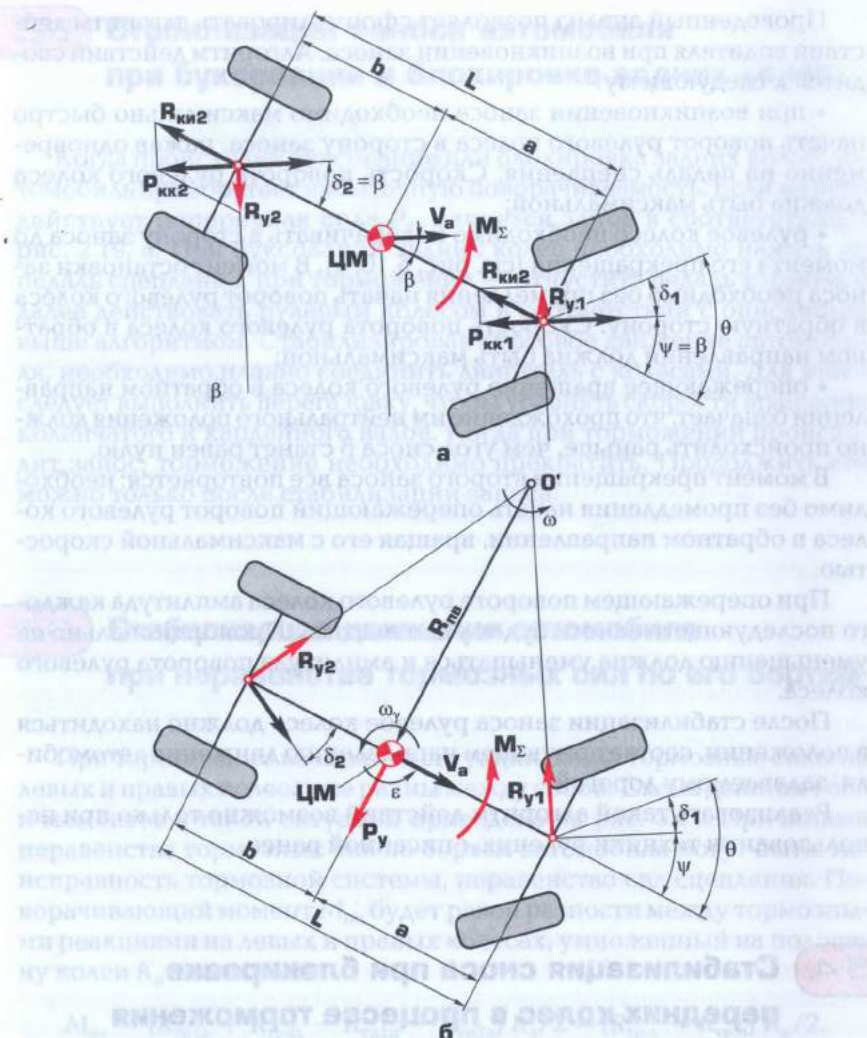


Рис. 5.10. Схема движения автомобиля в момент прекращения заноса в одну и начале заноса в другую сторону:

а — момент остановки вращения автомобиля; б — начало заноса в противоположную сторону; L — база; a — расстояние от передних колес до ЦМ; b — расстояние от задних колес до ЦМ; P_y — поперечная сила; M_{Σ} — суммарный момент; $R_{ки1}$, $R_{ки2}$ — продольная и поперечная реакции на передних колесах соответственно; R_{y1} , R_{y2} — продольная и поперечная реакции на задних колесах соответственно; $P_{кк1}$, $P_{кк2}$ — силы сопротивления качению передних и задних колес соответственно; θ — угол поворота управляемых колес; δ_1 , δ_2 — углы увода передних и задних колес соответственно; β — угол сноса; ψ — угол, определяющий величину момента, создаваемого поворотом управляемых колес; V_a — скорость автомобиля; ω — угловая скорость поворота автомобиля; ω_y — угловая скорость поворота продольной оси автомобиля, $\omega_y \neq \omega$; ϵ — угловое ускорение продольной оси автомобиля.

Проведенный анализ позволяет сформулировать алгоритм действий водителя при возникновении заноса. Алгоритм действий сводится к следующему:

- при возникновении заноса необходимо максимально быстро начать поворот рулевого колеса в сторону заноса, нажав одновременно на педаль сцепления. Скорость поворота рулевого колеса должна быть максимальной;
- рулевое колесо необходимо поворачивать в сторону заноса до момента его прекращения (см. рис. 5.10, а). В момент остановки заноса необходимо без промедления начать поворот рулевого колеса в обратную сторону. Скорость поворота рулевого колеса в обратном направлении должна быть максимальной;
- опережающее вращение рулевого колеса в обратном направлении означает, что прохождение им нейтрального положения должно происходить раньше, чем угол сноса β станет равен нулю.

В момент прекращения второго заноса все повторяется: необходимо без промедления начать опережающий поворот рулевого колеса в обратном направлении, вращая его с максимальной скоростью.

При опережающем повороте рулевого колеса амплитуда каждого последующего заноса будет уменьшаться. Пропорционально ее уменьшению должна уменьшаться и амплитуда поворота рулевого колеса.

После стабилизации заноса рулевое колесо должно находиться в положении, соответствующем направлению движения автомобиля, задаваемому дорогой.

Реализовать такой алгоритм действий возможно только при использовании техники руления, описанной ранее.

5.4. Стабилизация сноса при блокировке передних колес в процессе торможения

Когда в процессе торможения происходит блокировка передних колес, автомобиль приобретает недостаточную поворачиваемость и теряет управляемость. Если на него действует поперечная сила P_y , начнется снос в соответствии с рис. 2.19, а. Для устранения сноса необходимо отпустить педаль тормоза и поворотом рулевого колеса вернуть автомобиль на заданную траекторию. Поворот рулевого колеса при заблокированных передних колесах опасен. Пока колеса заблокированы, автомобиль не реагирует на поворот рулевого колеса. Но если педаль тормоза будет опущена при повернутых управляемых колесах, автомобиль устремится в сторону их поворота.

5.5. Стабилизация заноса автомобиля при буксовании и блокировке задних колес

Когда происходит буксование или блокировка задних колес, автомобиль приобретает избыточную поворачиваемость. Если на него действует поперечная сила P_y , начнется занос в соответствии с рис. 2.19, в. При буксовании задних колес необходимо нажать на педаль сцепления, при торможении — отпустить педаль тормоза и далее действовать рулевым колесом в соответствии с описанным выше алгоритмом. Стабилизировав курсовое движение автомобиля, необходимо плавно соединить двигатель с колесами. Для этого следует выполнить перегазовку, чтобы уравнивать скорости вращения коленчатого и карданного валов. Когда при торможении происходит занос, торможение необходимо прекратить. Продолжить его можно только после стабилизации заноса.

5.6. Стабилизация движения автомобиля при неравенстве тормозных сил по его бортам

При торможении возможны ситуации, когда тормозные силы на левых и правых колесах не равны между собой. Схема действия сил и моментов в такой ситуации приведена на рис. 5.11. Причинами неравенства тормозных сил по бортам автомобиля могут быть: неисправность тормозной системы, неравенство сил сцепления. Поворачивающий момент $M_{пв}$ будет равен разности между тормозными реакциями на левых и правых колесах, умноженный на половину колеи K_a автомобиля:

$$M_{пв} = (R_{тр1л} + R_{тр2л} - R_{тр1п} - R_{тр2п}) K_a / 2 = (R_{трл} - R_{трп}) K_a / 2.$$

Поворачивающему моменту $M_{пв}$ противодействует момент сопротивления повороту $M_{сопр}$, создаваемый поперечными реакциями R_{y1} и R_{y2} . Его величина определяется по уравнению (5.3). Для устойчивого движения моменты $M_{пв}$ и $M_{сопр}$ должны быть равны или:

$$M_{пв} \leq M_{сопр}$$

т.е.

$$(R_{трл} - R_{трп}) K_a / 2 \leq aR_{y1} + bR_{y2}.$$

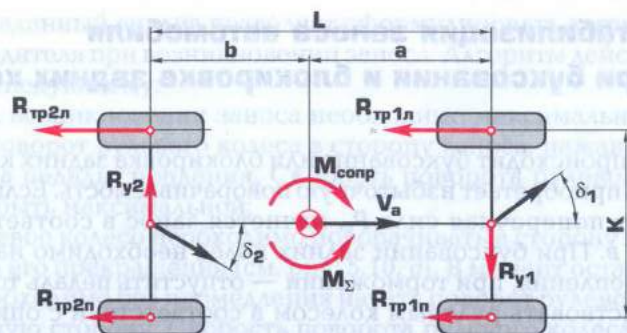


Рис. 5.11.1. Схема движения автомобиля при неравномерном распределении реакций торможения $R_{тр}$ по бортам автомобиля:

L — база; a — расстояние от передних колес до ЦМ; b — расстояние от задних колес до ЦМ; $R_{тр1л}$, $R_{тр1п}$, $R_{тр2л}$, $R_{тр2п}$ — тормозные реакции на переднем и заднем левом, переднем и заднем правом колесах соответственно; R_{y1} и R_{y2} — поперечные реакции на передних и задних колесах соответственно; M_{Σ} — суммарный поворачивающий момент; $M_{сопр}$ — момент сопротивления повороту автомобиля; δ_1 , δ_2 — углы увода передних и задних колес соответственно; V_a — скорость автомобиля

Из данного уравнения следует, что при блокировке всех или только задних колес произойдет занос влево, так как в первом случае нулю будут равны как R_{y1} , так и R_{y2} , а во втором — R_{y2} . В этом случае поворачивающий момент $M_{пв}$ превысит момент сопротивления повороту $M_{сопр}$. При блокировке передних колес произойдет снос автомобиля.

Исходя из изложенного возможны два алгоритма действий в случае неравенства тормозных сил по бортам автомобиля. Первый, более простой, алгоритм заключается в том, что величина замедления определяется тормозной реакцией, которая возникает на колесах «слабой» (в рассматриваемом на рис. 5.11 левой) стороны автомобиля. При некотором превышении этого замедления автомобиль начнет уходить вправо. Но так как на правых колесах остаются значительные поперечные реакции, водитель может в процессе торможения корректировать его движение рулевым колесом. Такой способ торможения применяется в штатных режимах. Для его реализации педаль тормоза плавно перемещается до тех пор, пока существует возможность стабилизации движения автомобиля рулевым колесом.

Экстренное торможение с постоянным положением педали тормоза приведет к потере устойчивости управления. Надежное управление в этом случае возможно только при применении циклического способа торможения, рассмотренного выше (см. рис. 5.2). При перемещении педали тормоза с частотой 0,5...1 Гц автомобиль в процессе торможения приобретает незначительные курсовые и траекторные отклонения, которые легко устраняются поворотами рулевого колеса без прекращения торможения.

Контрольные вопросы

1. Как реализовать скоростной алгоритм регулирования скорости при разгоне?
2. Как изменяется скоростной алгоритм регулирования скорости при ограничении силы сцепления колес с дорогой?
3. Как должна изменяться тормозная сила, чтобы можно было реализовать максимальное замедление без потери поперечной устойчивости против скольжения?
4. Что должен делать водитель, если при торможении возникает снос или занос?
5. Как изменяется управляемость замедлением при изменении массы автомобиля?
6. Какие колеса автомобиля создают поворачивающий, а какие стабилизирующий момент при повороте?
7. Почему при входе в поворот происходит уменьшение поворачиваемости автомобиля?
8. Как изменяется реакция автомобиля с недостаточной поворачиваемостью на поворот рулевого колеса после прекращения сноса?
9. При каком положении управляемых колес прекращается угловое ускорение автомобиля при заносе?
10. Почему после прекращения заноса в одну сторону начинается занос в другую сторону?
11. Как влияет на устойчивость автомобиля против заноса нажатие на педаль сцепления?
12. Какой должна быть скорость поворота рулевого колеса при заносе?
13. Как влияет на надежность стабилизации заноса опоздание с поворотом рулевого колеса?
14. Когда необходимо прекратить поворот рулевого колеса в сторону заноса?
15. Описать алгоритм действий водителя при заносе автомобиля.

Безопасность дорожного движения

6.1. Надежность управления

Управляя автомобилем, водитель постоянно находится в определенных ДТС, которые непрерывно сменяют одна другую. Безопасность, или штатность, ДТС определяется возможностью совершить в случае необходимости маневр, который позволит избежать ДТП. Маневр может заключаться в разгоне, обгоне, торможении, разъезде, объезде, криволинейном движении. Предельные возможности выполнения требуемого маневра определяются скоростными и тормозными свойствами, поперечной устойчивостью автомобиля против скольжения или опрокидывания, управляемостью.

В гл. 1 было показано, что надежность выполнения маневра зависит от наличия резервов по параметрам информационной модели движения автомобиля. Наличие или отсутствие резервов по множеству параметров информационной модели можно свести в конечном счете к резервам пространства (времени) и скорости автомобиля. На рис. 6.1 показаны границы надежного и устойчивого управления в виде зависимостей параметра пространства Π от скорости V_a . Под параметром пространства Π понимаются: путь обгона, путь торможения, путь объезда препятствия, радиус поворота, ширина коридора движения.

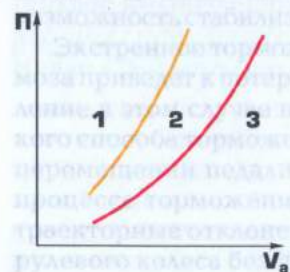


Рис. 6.1. Характеристика надежности управления автомобилем:

V_a — скорость; Π — параметр пространства выполнения маневра; желтая кривая — граница надежного управления; красная кривая — граница устойчивости управления; 1 — область надежного управления; 2 — область ненадежного управления; 3 — область управления в расчете на удачу

На рис. 6.2, а (см. также рис. 1.5) показано, как изменяется надежность выполнения маневра R при постоянном Π в зависимости от скорости V_a . На рис. 6.3 приведено изменение надежности выполнения маневра R в зависимости от параметра пространства Π при постоянной скорости V_a . На обоих графиках показано также изменение надежности выполнения маневра в случае ожидаемой водителем нештатной ситуации (желтая кривая) и при неожиданном ее возникновении (красная кривая).

Чтобы ездить надежно (безопасно), необходимо не выходить за границы надежного управления. Это возможно, если водитель умеет предвидеть развитие ДТС и в состоянии правильно оценить безопасные значения V_a и Π . Если при этом он все же допустит ошибку и выйдет за границу безопасности, то его готовность действовать в

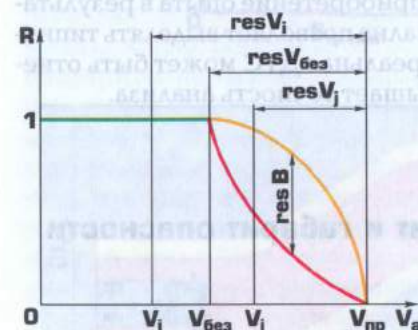


Рис. 6.2. Изменение надежности управления R в зависимости от скорости выполнения маневра V_a при постоянном значении параметра пространства:

$V_{без}$ — безопасная скорость; $V_{пр}$ — предельная скорость; V_i — значение скорости меньше $V_{без}$; V_j — значение скорости больше $V_{без}$; $res V_{без}$ — безопасный резерв скорости; $res V_i$ — резерв скорости, превышающий безопасный; $res V_j$ — резерв скорости меньше безопасного; $res B$ — резерв водителя; желтая кривая — надежное управление; желтая кривая — ненадежное управление при ожидаемой водителем нештатной ситуации; красная кривая — ненадежное управление при неожиданной для водителя нештатной ситуации

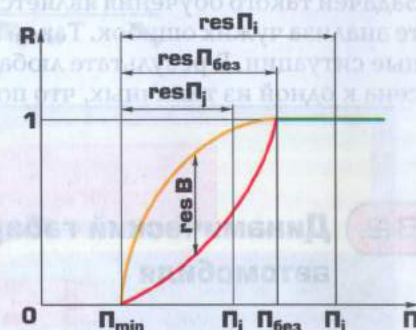


Рис. 6.3. Изменение надежности управления R в зависимости от величины параметра пространства Π при постоянной скорости V_a :

Π_{min} — минимальное значение параметра пространства; $\Pi_{без}$ — безопасное значение параметра пространства; Π_j — значение параметра пространства меньше $\Pi_{без}$; Π_i — значение параметра пространства больше $\Pi_{без}$; $res \Pi_{без}$ — безопасный резерв пространства; $res \Pi_j$ — резерв пространства меньше $res \Pi_{без}$; $res \Pi_i$ — резерв пространства больше $res \Pi_{без}$; желтая кривая — надежное управление; желтая кривая — ненадежное управление при ожидаемой водителем нештатной ситуации; красная кривая — ненадежное управление при неожиданной для водителя нештатной ситуации

нештатной ситуации обеспечит более высокую вероятность выхода из нее.

Исходя из изложенного, важнейшими составляющими мастерства водителя являются: умение анализировать складывающуюся ДТС и своевременно изменять скорость, дистанцию и интервал движения, сохраняя штатность ситуации; умение точно оценивать уровень нештатности ситуации и действовать в этих условиях с максимальной надежностью.

Умение анализировать ДТС приобретается с опытом. Процесс накопления опыта связан, как правило, с накоплением и анализом собственных ошибок, он растянут по времени на годы и десятки тысяч километров наката.

В последние годы развитие получило ситуационное обучение, основанное на изучении ситуаций, в которых ДТП возникают чаще. Задачей такого обучения является приобретение опыта в результате анализа чужих ошибок. Такой анализ позволяет выделять типичные ситуации. В результате любая реальная ДТС может быть отнесена к одной из типичных, что повышает точность анализа.

6.2. Динамический габарит и габарит опасности автомобиля

Когда автомобиль находится в движении, вокруг него возникает опасное пространство¹ (рис. 6.4, а). Различают динамический габарит — пространство вокруг автомобиля, при попадании препятствия в которое происходит наезд на него автомобиля, и габарит опасности — пространство, при нахождении препятствия в котором появляется вероятность наезда на него автомобиля.

В направлении движения автомобиля размер динамического габарита по длине L_A равен сумме длины автомобиля L_a , пути $S_{тв}$, преодолеваемого автомобилем за время реакции водителя t_v , и минимального тормозного пути $S_{тр min}$:

$$L_A = L_a + S_{тв} + S_{тр min} \quad (6.1)$$

Габарит опасности по длине в направлении движения равен сумме динамического габарита L_A и безопасного резерва при торможении $res S_{без}$:

$$L_{оц} = L_A + res S_{тр.без} = L_a + S_{тв} + S_{тр.без} \quad (6.2)$$

¹ Далее везде опасное пространство показано на рисунках цветом, в частности динамический габарит автомобиля — бледно-красным, габарит опасности — желтым.

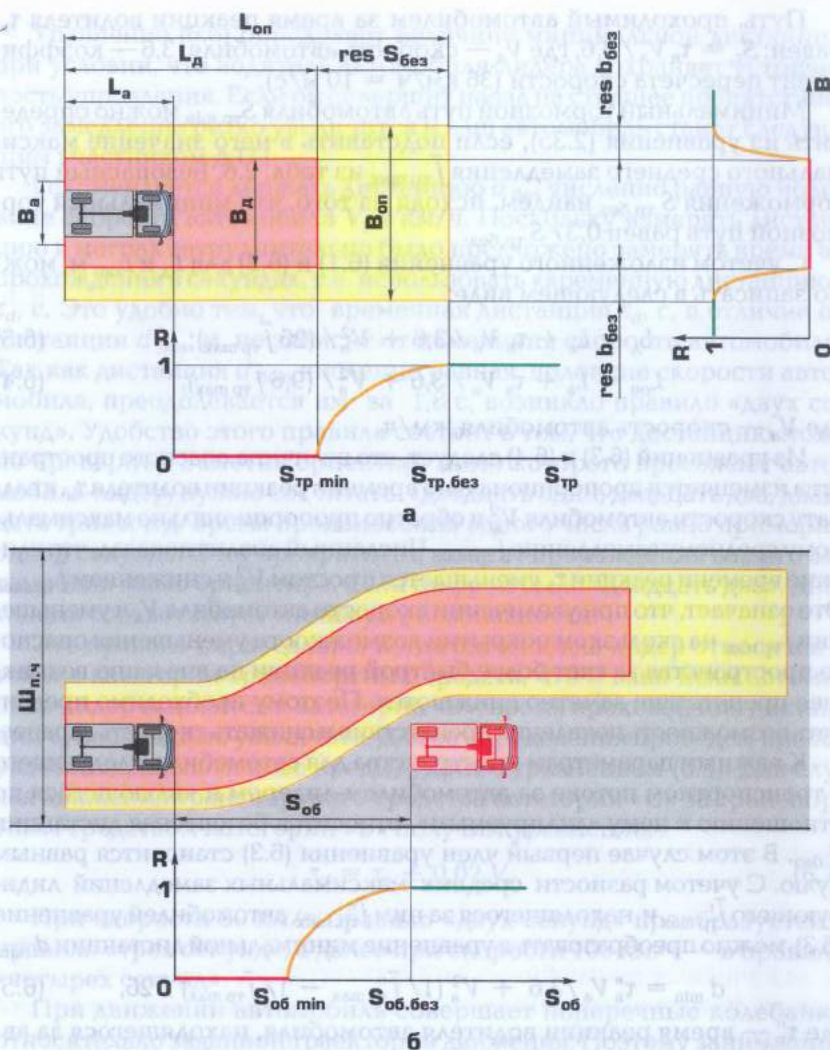


Рис. 6.4. Опасное пространство, возникающее вокруг автомобиля:

а — опасное пространство при прямолинейном движении; **б** — искривление опасного пространства при объезде препятствия; L_a — длина автомобиля; L_A — динамическая длина автомобиля; $L_{оц}$ — длина опасного пространства автомобиля; B_a — ширина автомобиля; B_A — динамическая ширина автомобиля; $B_{оц}$ — ширина опасного пространства автомобиля; $res S_{без}$ — безопасный резерв пространства в продольном направлении; $res b_{без}$ — безопасный резерв пространства в поперечном направлении; $S_{тр}$ — тормозной путь; $S_{об}$ — расстояние объезда; R — надежность управления; $S_{мин}$ — минимальный остановочный путь (минимальное расстояние объезда); $S_{без}$ — безопасный остановочный путь (безопасное расстояние объезда); $Ш_{п.ч}$ — ширина полотна дороги (проезжей части); на графиках зеленый цвет — надежное управление; желтый — ненадежное управление; красный — потеря устойчивости управления

Путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя τ_b , равен: $S_{\tau_b} = \tau_b V_a / 3,6$, где V_a — скорость автомобиля; 3,6 — коэффициент пересчета скорости (36 км/ч = 10 м/с).

Минимальный тормозной путь автомобиля $S_{\text{тр.мин}}$ можно определить из уравнения (2.35), если подставить в него значение максимального среднего замедления $\tilde{j}_{\text{тр. max}}$ из табл. 2.6. Безопасный путь торможения $S_{\text{тр. без}}$ найдем, исходя из того, что минимальный тормозной путь равен $0,37 S_{\text{тр. без}}$.

С учетом изложенного уравнения (6.1) и (6.2) для L_A и $L_{\text{оп}}$, м, можно записать в следующем виде:

$$L_A = L_a + \tau_b V_a / 3,6 + V_a^2 / (26 \tilde{j}_{\text{тр. max}}); \quad (6.3)$$

$$L_{\text{оп}} = L_a + \tau_b V_a / 3,6 + V_a^2 / (9,6 \tilde{j}_{\text{тр. max}}), \quad (6.4)$$

где V_a — скорость автомобиля, км/ч.

Из уравнений (6.3) и (6.4) следует, что величина опасного пространства изменяется пропорционально времени реакции водителя τ_b , квадрату скорости автомобиля V_a^2 и обратно пропорционально максимальному среднему замедлению $\tilde{j}_{\text{тр. max}}$. Численный анализ показал, что влияние времени реакции τ_b уменьшается с ростом V_a^2 и снижением $\tilde{j}_{\text{тр. max}}$. Это означает, что при увеличении скорости автомобиля V_a и уменьшении $\tilde{j}_{\text{тр. max}}$ на скользком покрытии возможности уменьшения опасного пространства за счет более быстрой реакции на внезапно возникшее препятствие заметно снижаются. Поэтому необходимо предвидеть возможность появления препятствия и снижать скорость заранее.

К важным параметрам пространства для автомобиля, следующего в транспортном потоке за автомобилем-лидером и являющегося по отношению к нему «лидируемым», относится безопасная дистанция $d_{\text{без}}$. В этом случае первый член уравнения (6.3) становится равным нулю. С учетом разности средних максимальных замедлений лидирующего $\tilde{j}'_{\text{тр. max}}$ и находящегося за ним $\tilde{j}''_{\text{тр. max}}$ автомобилей уравнение (6.3) можно преобразовать в уравнение минимальной дистанции $d_{\text{мин}}$:

$$d_{\text{мин}} = \tau_b'' V_a / 3,6 + V_a^2 (1/\tilde{j}_{\text{тр. max}}'' - 1/\tilde{j}_{\text{тр. max}}') / 26, \quad (6.5)$$

где τ_b'' — время реакции водителя автомобиля, находящегося за автомобилем-лидером.

Чем меньше отличается $\tilde{j}''_{\text{тр. max}}$ от $\tilde{j}'_{\text{тр. max}}$, тем меньше величина второго члена уравнения (6.5), а соответственно, и дистанция $d_{\text{мин}}$. При равенстве замедлений лидирующего и «лидируемого» автомобилей второй член уравнения (6.5) становится равным нулю и оно приобретает вид:

$$d_{\text{мин}} = \tau_b'' V_a / 3,6. \quad (6.6)$$

Это означает, что минимальная дистанция определяется временем реакции τ_b'' водителя автомобиля, находящегося за автомобилем-лидером.

Уравнение (6.6) определяет величину минимальной дистанции при условии, что водитель автомобиля-лидера сохраняет устойчивость управления. Если он совершит наезд на стоящее препятствие, его замедление резко увеличится и ваш автомобиль станет следующим участником ДТП.

Рекомендуется держать дистанцию $d_{\text{без}}$ численно равную половине скорости автомобиля V_a в км/ч. Поскольку измерять дистанцию в метрах затруднительно было предложено измерять время ее прохождения в секундах, т.е. использовать «временную дистанцию» τ_d , с. Это удобно тем, что временная дистанция τ_d , с, в отличие от дистанции $d_{\text{без}}$, м, не зависит от изменения скорости автомобиля. Так как дистанция $d_{\text{без}}$, численно равная половине скорости автомобиля, преодолевается им за 1,8 с, возникло правило «двух секунд». Удобство этого правила состоит в том, что дистанцию можно проверить. Заметив ориентир, мимо которого проезжает автомобиль-лидер, нужно сосчитать: «двадцать один, двадцать два, двадцать три» и т.д. Время произнесения одного числа равно примерно одной секунде. Счет прекратить в момент прохождения вашего автомобиля мимо ориентира. Если цифрой было «двадцать два», дистанция соответствует минимуму безопасности.

Это правило справедливо, когда автомобиль-лидер относится к той же категории транспортных средств, что и ваш. Если автомобиль-лидер относится к категории «В», время прохождения дистанции τ_d необходимо увеличить. Для ее определения проведем преобразования, аналогичные предыдущим с уравнением (6.5). Для случая движения транспортного средства категории «С» за транспортным средством категории «В» получим уравнение:

$$\tau_d = \tau_b + 0,02 V_a. \quad (6.7)$$

При скорости 50 км/ч правило «двух секунд» преобразуется в правило «трех секунд», а далее при скорости 100 км/ч — в правило «четырех секунд».

При движении автомобиль совершает поперечные колебания относительно заданной траектории движения. Поэтому занимаемое при движении пространство больше его статического габарита B_a . Чтобы представить себе динамический габарит B_d и габарит опасности $B_{\text{оп}}$, предположим, что мы многократно проезжаем с постоянной скоростью через сужающиеся сбиваемые ворота. Минимальная ширина ворот, при которой еще возможно проехать неограниченное число раз, равна габариту опасности $B_{\text{оп}}$. При дальнейшем сужении ворот появятся заезды, в которых ворота будут задеты, что означает потерю устойчивости управления автомобилем. По мере дальнейшего сужения ворот число случаев потери устойчивости управления автомобилем возрастет, и при определенной их ширине проехать через ворота, не зацепив их, будет невозможно. Эта

ширина ворот и соответствует динамическому габариту автомобиля B_A .

Даже при малой скорости водитель не сможет проехать в ворота с миллиметровым зазором, потому что он (водитель) определяет положение автомобиля на дороге с ошибкой. Величина поперечных отклонений увеличивается пропорционально скорости автомобиля V_a . С учетом изложенного динамический габарит $B_{A'}$ м, и габарит опасности $B_{оп}$ м, описываются следующими уравнениями:

$$B_A = B_a + 0,45 + 0,006 V_a; \quad (6.8)$$

$$B_{оп} = B_a + 0,7 + 0,01 V_a. \quad (6.9)$$

Связь между параметрами опасного пространства, надежностью торможения и проезда через габаритные ворота при движении автомобиля с постоянной скоростью V_a показана на графиках рис. 6.4, а.

При действии на автомобиль поперечных сил опасное пространство искривляется. На рис. 6.4, б показана форма опасного пространства при объезде препятствия. Изменение кривизны траектории в этом случае описывается синусоидой. Поскольку измерить ее параметры трудно и не совсем понятно, как их использовать при анализе ДТС, штатность выполнения маневра оценивается по величине расстояния объезда препятствия $S_{об}$, которое сопоставимо с остановочным путем автомобиля. На рис. 6.5 приведен график зависимости между минимальным $S_{об min}$, безопасным $S_{об без}$ расстояниями объезда и скоростью выполнения маневра V_a . Маневр «объезд препятствия» позволяет предотвратить наезд на препятствие, когда это нельзя сделать путем торможения. Чтобы оценить возможности применения этого маневра рассмотрим график на рис. 6.5, на котором показано, как изменяются от скорости автомобиля V_a параметры опасного пространства при торможении и объезде для учебных автомобилей 2 и 3.

Как можно видеть из приведенного графика, при скорости 35 км/ч за счет объезда можно выиграть только 3 м, при скорости 60 км/ч — уже 13 м, при 80 км/ч — 32 м и при скорости 100 км/ч — 109 м. Но еще более важно то, что при скорости более 62,5 км/ч можно безопасно объехать препятствие, когда торможение уже не спасает. Применение объезда возможно только при свободной встречной полосе, либо для съезда в кювет, что может быть безопаснее, чем наезд на стоящий автомобиль.

В то же время необходимо напомнить, что Правила дорожного движения не разрешают применять объезд для предотвращения ДТП. Обобщая, заметим, что, когда объезд остается последним шансом избежать столкновения, водителю приходится выбирать между возможностью совершить ДТП по Правилам и избежать его,

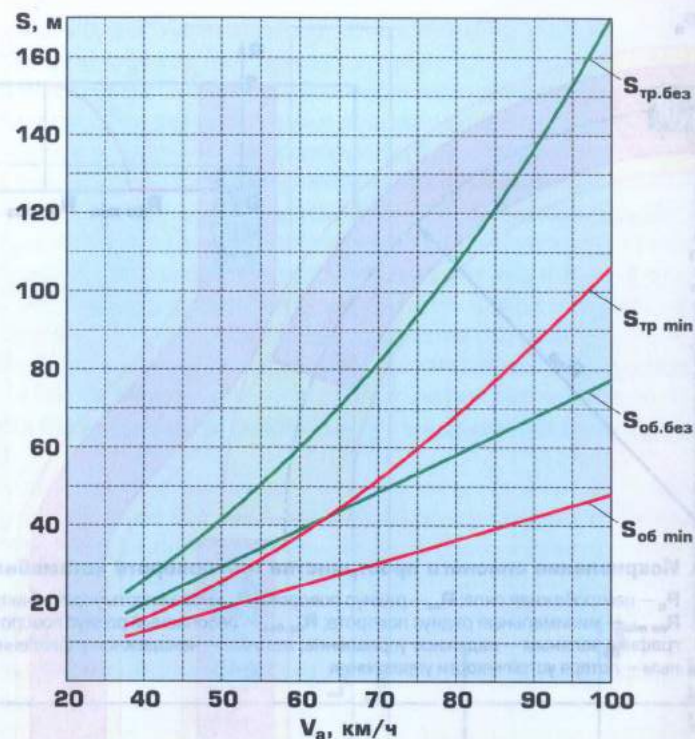


Рис. 6.5. Сравнение надежности управления при торможении и объезде препятствия:

V_a — скорость автомобиля; S — путь торможения (объезда); $S_{тр.без}$ — граница безопасного торможения; $S_{тр.min}$ — граница устойчивости торможения; $S_{об.без}$ — граница безопасного объезда; $S_{об.min}$ — граница устойчивости управления при объезде

выходя за их рамки. Поэтому следует ездить так, чтобы необходимость в таком выборе не возникала.

При повороте опасное пространство искривляется, как показано на рис. 6.6. Радиус кривизны опасного пространства можно определить из выражения (2.17). С учетом того, что центробежная сила $P_{ц} = M_a j_y$, преобразуем уравнение (2.17) к следующему виду:

$$R_{пв} = V_a^2 / 13 j_y$$

Из последнего уравнения следует, что радиус поворота $R_{пв}$ изменяется пропорционально квадрату скорости V_a^2 и обратно пропорционально поперечному ускорению j_y . Минимальное значение радиуса $R_{пв min}$ при постоянной скорости V_a соответствует максимальному ускорению $j_{y max}$. Надежность R выполнения маневра при постоянной скорости V_a в зависимости от радиуса поворота $R_{пв}$ иллюстрирует график на рис. 6.6.

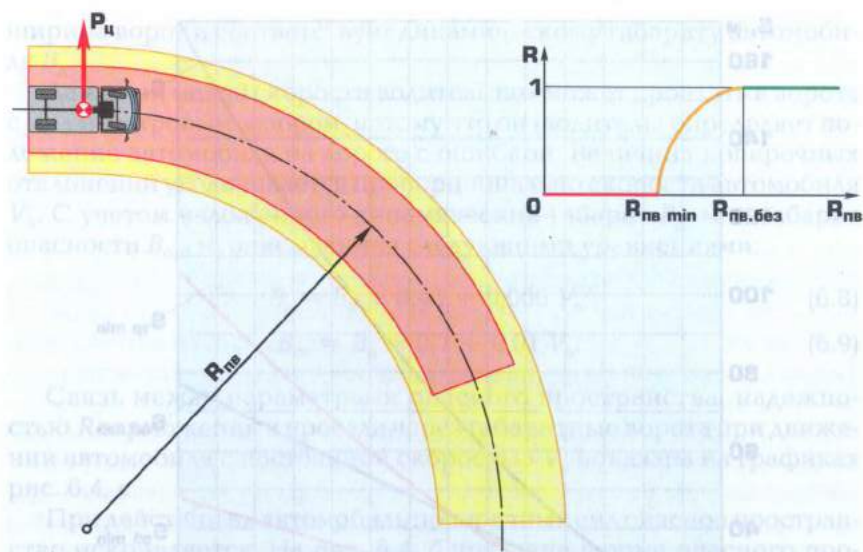


Рис. 6.6. Искривление опасного пространства при повороте автомобиля:

$P_{ц}$ — центробежная сила; $R_{пв}$ — радиус поворота; R — надежность управления; $R_{пв.min}$ — минимальный радиус поворота; $R_{пв.без}$ — безопасный радиус поворота; на графике зеленым — надежное управление; желтым — ненадежное управление; красным — потеря устойчивости управления

При обгоне длина опасного пространства резко увеличивается, что затрудняет его точное определение. Опасные пространства обгоняемого и обгоняющего автомобилей при завершнном обгоне приведены на рис. 6.7. Там же показан график зависимости надежности обгона R от расстояния обгона $S_{обг}$ при постоянной скорости обгоняемого автомобиля. Как видно из приведенного графика, при уменьшении расстояния обгона $S_{обг}$ надежность выполнения маневра R начинает снижаться. При $S_{обг.min}$ обгон становится невозможным.

При выполнении обгона водитель 2 дважды принимает решение о возможности обгона. Сначала он принимает решение о возможности обгона в положении 2. В положении 2', когда он догоняет обгоняемый автомобиль (положение 1'), водитель оценивает ДТС с учетом произошедших изменений за время его перемещения в положение 2' и принимает окончательное решение о продолжении или прекращении обгона.

Возможность прекратить обгон и безопасно возвратиться на свою полосу движения существует до определенного момента, определяемого положением обгоняющего автомобиля относительно обгоняемого и разностью их скоростей. В этом положении, которое можно назвать «точкой возврата», опасные пространства завершнного и незавершенного обгонов равны между собой.

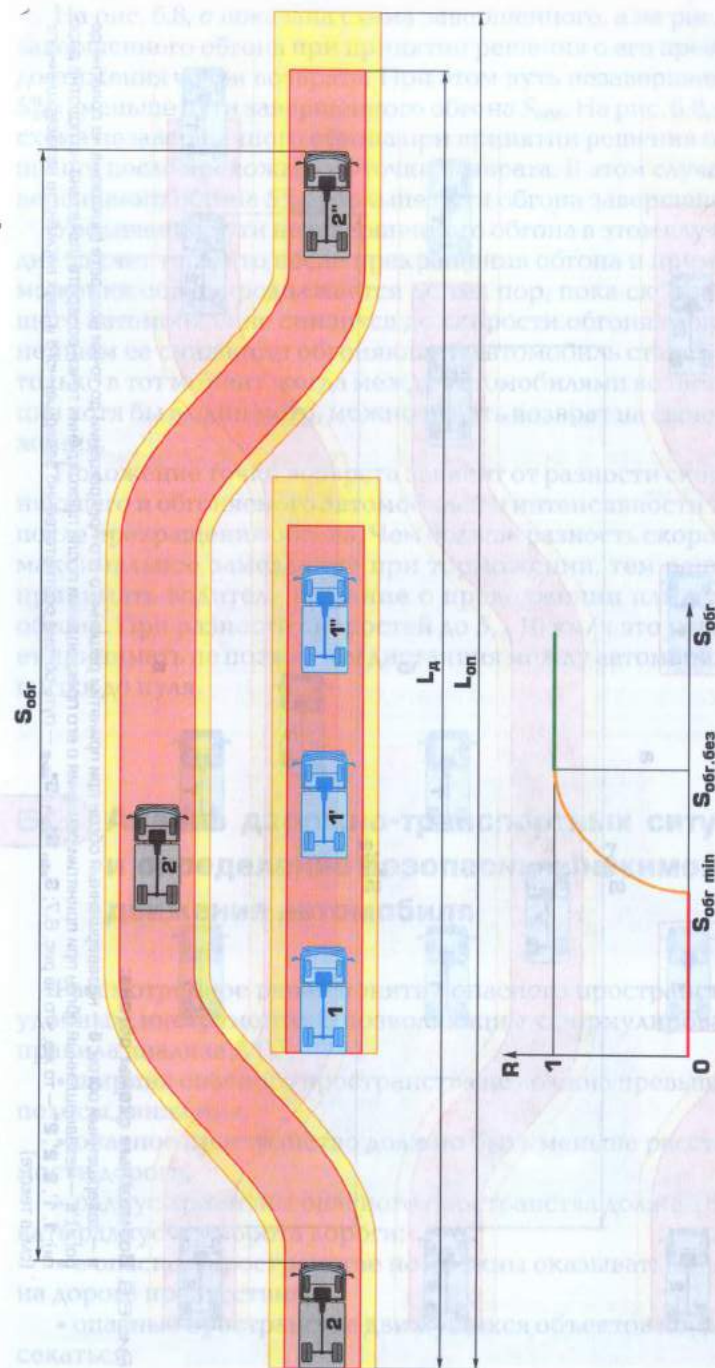


Рис. 6.7. Опасное пространство при обгоне:

1 — обгоняемый автомобиль; 2 — обгоняющий автомобиль; 1', 1'', 2' — положения движущихся автомобилей 1 и 2 во время обгона; $L_{д}$ — динамическая длина автомобиля при обгоне; $L_{оп}$ — длина опасного пространства при обгоне; $S_{обг}$ — путь обгона; R — надежность управления; $S_{обг.min}$ — минимальное расстояние обгона; $S_{обг.без}$ — безопасное расстояние обгона; на графике зеленым — надежный обгон; желтым — ненадежный обгон; красным — потеря устойчивости управления

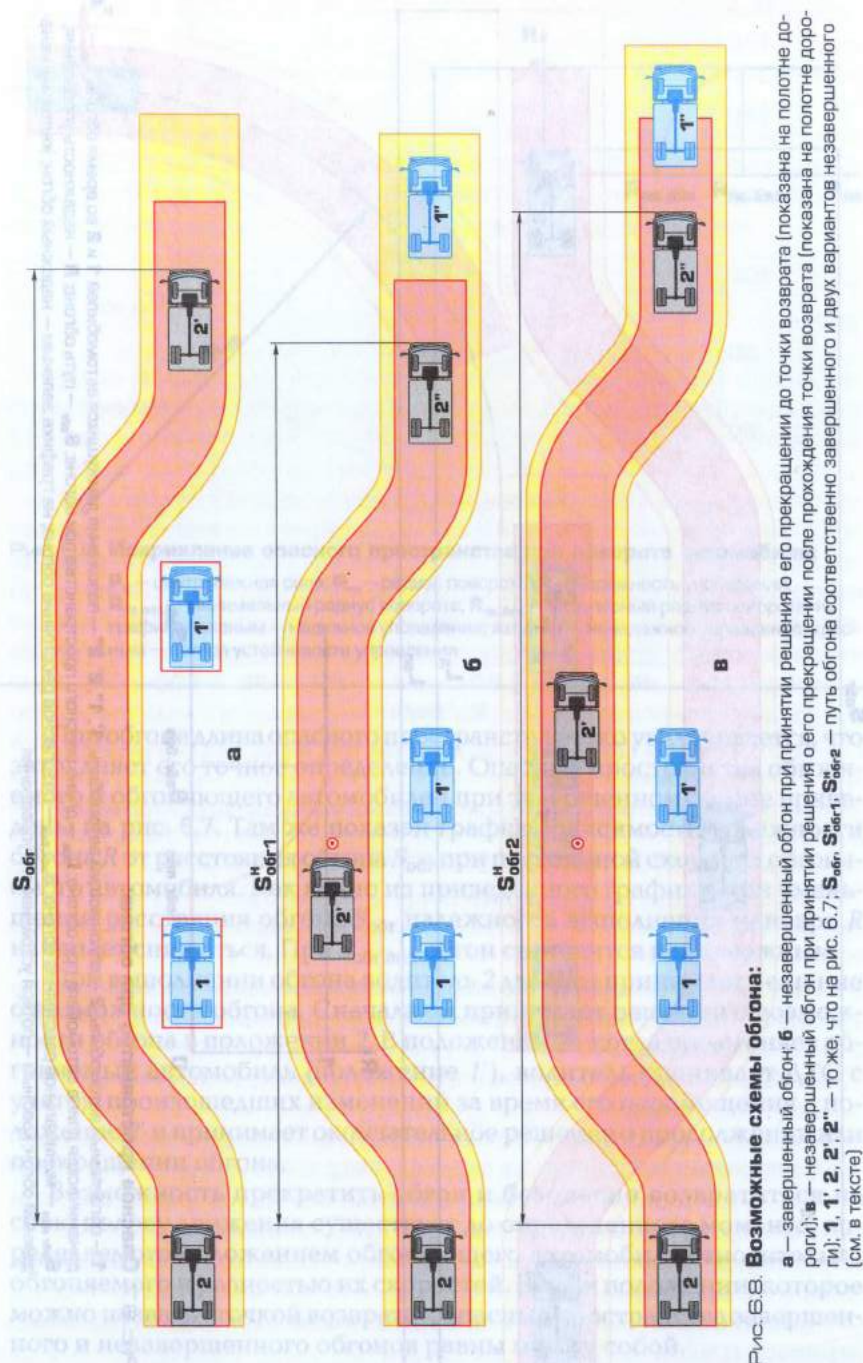


Рис. 6.8. Возможные схемы обгона:

а — завершённый обгон; **б** — незавершённый обгон при принятии решения о его прекращении до точки возврата (показана на полотно дороги); **в** — незавершённый обгон при принятии решения о его прекращении после прохождения точки возврата (показана на полотно дороги); **1, 1', 2, 2', 2''** — то же, что на рис. 6.7; **S_{обг}, S_{обг1}, S_{обг2}** — путь обгона соответственно завершённого и двух вариантов незавершённого (см. в тексте)

На рис. 6.8, **а** показана схема завершённого, а на рис. 6.8, **б** — незавершённого обгона при принятии решения о его прекращении до достижения точки возврата. При этом путь незавершённого обгона $S_{обг1}^H$ меньше пути завершённого обгона $S_{обг}$. На рис. 6.8, **в** приведена схема незавершённого обгона при принятии решения о его прекращении после прохождения точки возврата. В этом случае путь незавершённого обгона $S_{обг2}^H$ больше пути обгона завершённого $S_{обг}$.

Увеличение пути незавершённого обгона в этом случае происходит за счет того, что после прекращения обгона и применения торможения обгон продолжается до тех пор, пока скорость обгоняющего автомобиля не снизится до скорости обгоняемого. При дальнейшем ее снижении обгоняющий автомобиль станет отставать, и только в тот момент, когда между автомобилями возникнет дистанция хотя бы в один метр, можно начать возврат на свою полосу движения.

Положение точки возврата зависит от разности скоростей обгоняющего и обгоняемого автомобилей и интенсивности торможения после прекращения обгона. Чем больше разность скоростей и ниже максимальное замедление при торможении, тем раньше должен принимать водитель решение о продолжении или прекращении обгона. При разности скоростей до 5...10 км/ч это решение следует принимать не позже, чем дистанция между автомобилями уменьшится до нуля.

6.3. Анализ дорожно-транспортных ситуаций и определение безопасных режимов движения автомобиля

Рассмотренное ранее понятие опасного пространства является удобным инструментом, позволяющим сформулировать простые правила анализа ДТС:

- ширина опасного пространства не должна превышать ширину полосы движения;
- опасное пространство должно быть меньше расстояния видимости дороги;
- радиус кривизны опасного пространства должен соответствовать радиусу поворота дороги;
- в опасном пространстве не должны оказываться находящиеся на дороге препятствия;
- опасные пространства движущихся объектов не должны пересекаться.

Ширина и длина опасного пространства определяются скоростью автомобиля, кривизна — его поперечным ускорением. Задачей водителя является такое регулирование размеров и формы опасного пространства путем изменения скорости, дистанции интервала и кривизны траектории, чтобы в любой ситуации выполнялись рассмотренные выше условия. В этом случае ДТП не произойдет. Его возникновение есть результат ошибки водителя в выборе регулируемых им параметров. Анализ статистики ДТП показывает, что имеются типичные ДТС, в которых число ДТП увеличивается. Изучение таких ситуаций позволяет на опыте чужих ошибок корректировать свое поведение в аналогичных ДТС.

6.3.1. Влияние элементов плана и профиля дороги, скользкости и ровности покрытия на безопасность движения

Геометрические параметры элементов плана и профиля дороги выбираются в соответствии с расчетной скоростью. Расчетная скорость является безопасной скоростью, когда коэффициент сцепления соответствует нормативным значениям. Возникновение ДТП является показателем того, что водитель превысил безопасную ско-

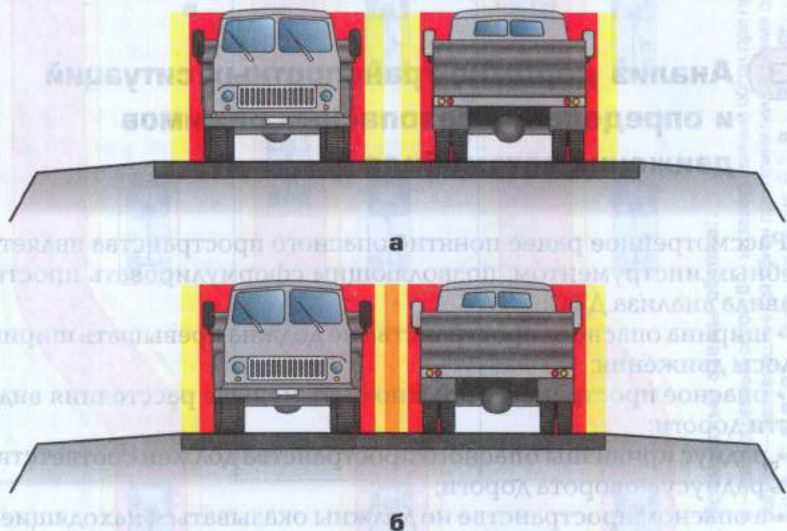


Рис. 6.9. Встречный разезд автомобилей:

а — надежное управление; **б** — ненадежное управление; красный цвет — динамическая ширина автомобиля; желтый — габарит опасности автомобиля

рость. Чем выше аварийность, тем большее число водителей превышает безопасную скорость и тем осторожнее необходимо быть в аналогичных ДТС. Рассмотрим, как влияют на аварийность геометрические параметры дороги.

Ширина проезжей части и состояние обочин. Влияние ширины проезжей части $Ш_{п.ч}$ на безопасность дорожного движения проявляется при встречном разъезде и обгоне попутных автомобилей.

При разъезде с безопасной скоростью габариты опасности автомобилей не пересекаются между собой (рис. 6.9, **а**). При превышении безопасной скорости габариты опасности увеличиваются, и если водители не имеют возможности сместить свои автомобили вправо, габариты опасности пересекутся, т. е. появится вероятность встречного касательного столкновения (рис. 6.9, **б**). Аналогичная ситуация наблюдается и при обгоне (рис. 6.10).

Возможность сместить автомобили вправо определяется шириной и состоянием обочин. Если обочина разъезженная, грязная, съезд на нее связан с риском потери устойчивости управления автомобилем. При укрепленной широкой обочине создается резерв пространства, которое водитель может использовать для повышения надежности управления (рис. 6.11). Влияние ширины проезжей части и состояния обочин на коэффициент аварийности $K_{ав}$ видно из данных табл. 6.1.

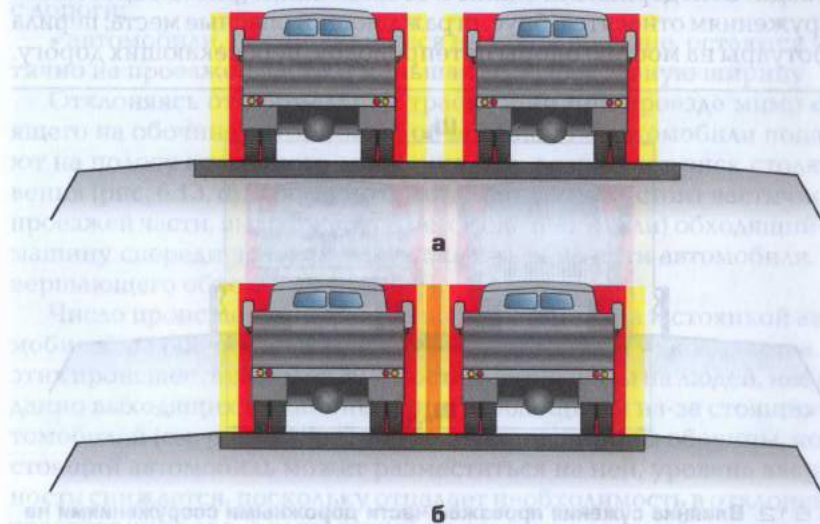


Рис. 6.10. Обгон:

а — надежное управление; **б** — ненадежное управление; красный цвет — динамическая ширина автомобиля; желтый — габарит опасности автомобиля

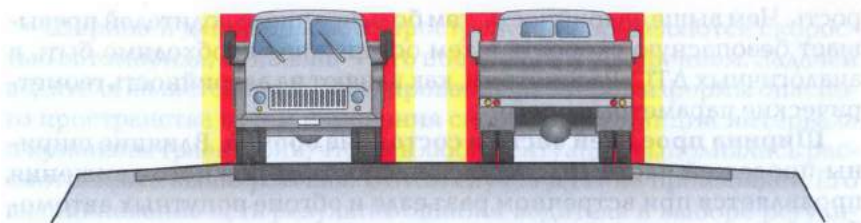


Рис. 6.11. Использование укреплений обочины для повышения надежности при разезде:

красный цвет — динамическая ширина автомобиля; желтый — габарит опасности автомобиля

Таблица 6.1. ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА АВАРИЙНОСТИ ОТ ШИРИНЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Обочина	Значения $K_{ав}$ при ширине проезжей части $Ш_{п.ч}$, м								
	4,5	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	9,0	10,0
Укрепленная	2,2	1,6	1,35	1,1	1,0	0,92	0,85	0,8	0,7
Плохая	—	—	2,5	2,15	1,75	1,58	1,4	1,0	0,9

Особую опасность представляют дорожные сооружения вблизи проезжей части, которые сужают ее эффективную ширину, заставляя водителей держаться ближе к осевой линии (рис. 6.12). К таким сооружениям относятся: брус, ограждающий опасные места; перила и тротуары на мостах; опоры путепроводов, пересекающих дорогу.

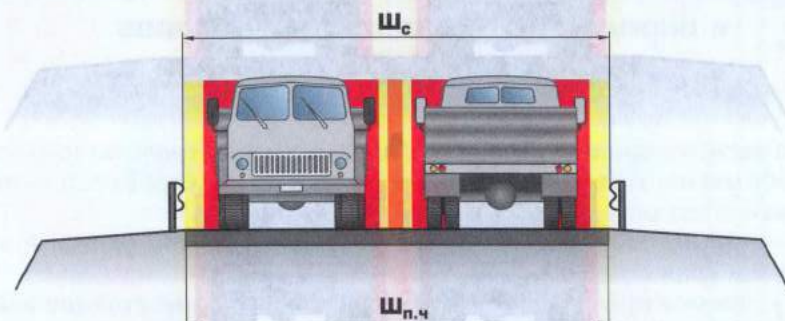


Рис. 6.12. Влияние сужения проезжей части дорожными сооружениями на надежность управления:

$Ш_{п.ч}$ — ширина проезжей части; $Ш_{с}$ — ширина расположения сооружений; красный цвет — динамическая ширина автомобиля; желтый — габарит опасности автомобиля

Таблица 6.2. ВЛИЯНИЕ РАЗНОСТИ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИСКУССТВЕННЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ $Ш_{с}$ И ШИРИНЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ $Ш_{п.ч}$ НА КОЭФФИЦИЕНТ АВАРИЙНОСТИ

$Ш_{с} - Ш_{п.ч}$, м	$K_{ав}$	$Ш_{с} - Ш_{п.ч}$, м	$K_{ав}$
-1	6	1	1,5
0	3	2	1

Степень приближения искусственных сооружений к полотну дороги влияет на коэффициент аварийности $K_{ав}$ (табл. 6.2).

Из приведенных данных можно сделать вывод о том, что чем меньше безопасная скорость при сужении дороги, тем большая часть водителей превышает ее. Об этом необходимо помнить, выбирая скорость в реальной дорожно-транспортной ситуации. При проезде через участки местных сужений дороги (см. рис. 6.12) следует так регулировать скорость автомобиля, чтобы разезд не происходил в месте сужения. Если встречный транспортный поток плотный и избежать разезда в узком месте невозможно, остается только одно — снижать скорость.

Ширина обочин. Недостаточная ширина обочин приводит к росту числа ДТП по следующим причинам:

- при малой ширине обочин и отсутствии ограждений съехавший на нее с большой скоростью автомобиль во многих случаях не может остановиться в пределах земляного полотна и съезжает с дороги;
- автомобили, остановившиеся на узкой обочине, остаются частично на проезжей части, уменьшая ее эффективную ширину.

Отклоняясь от нормальной траектории при проезде мимо стоящего на обочине автомобиля, объезжающие автомобили попадают на полосу встречного движения, т.е. возрастает риск столкновения (рис. 6.13, а). Кроме того, когда автомобиль стоит частично на проезжей части, выходящий из него водитель и (или) обходящий его машину спереди человек могут оказаться на пути автомобиля, совершающего обезд (рис. 6.13, б).

Число происшествий, связанных с остановкой и стоянкой автомобилей на обочинах, достигает 7...12 % их общего количества. Из этих происшествий более 30 % составляют наезды на людей, неожиданно выходящих из кабины или появляющихся из-за стоящих автомобилей (см. рис. 6.13). При увеличении ширины обочины, когда стоящий автомобиль может разместиться на ней, уровень аварийности снижается, поскольку отпадает необходимость в отклонении траектории влево, а выходящий из стоящего автомобиля или из-за него человек не оказывается сразу на проезжей части. О влиянии ширины обочины $Ш_{об}$ на коэффициент аварийности $K_{ав}$ можно судить по данным табл. 6.3.

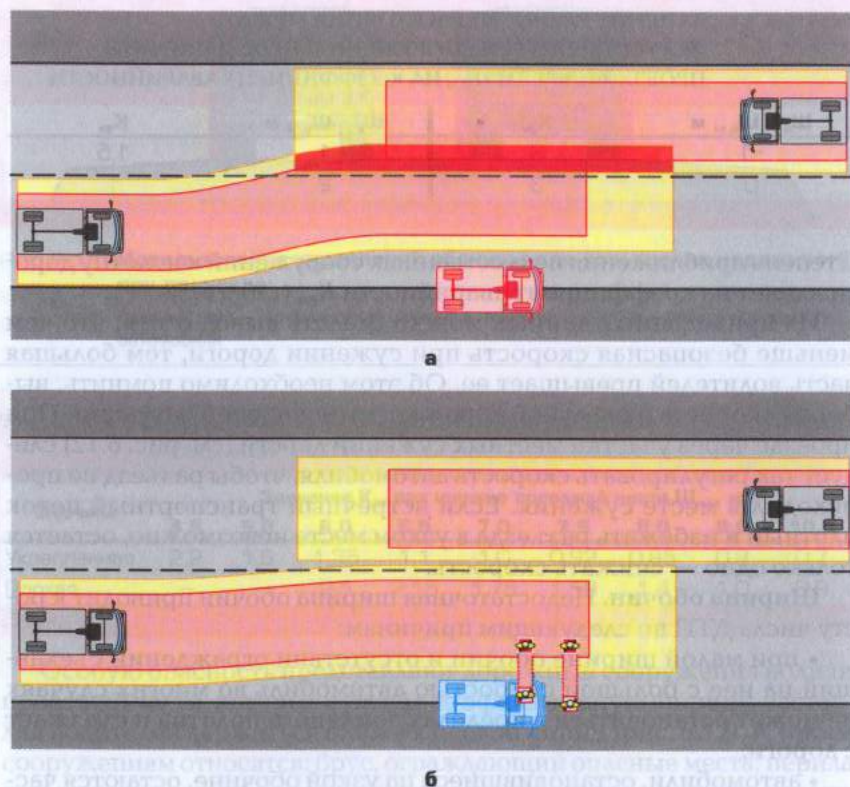


Рис. 6.13. Влияние ширины обочины на надежность управления автомобилем:

а — увеличение опасности встречного столкновения; **б** — увеличение опасности наезда на людей, выходящих из или из-за объезжаемого автомобиля; бледно-красный цвет — динамический габарит автомобиля; желтый — габарит опасности автомобиля

Таблица 6.3. Влияние ширины обочины $Ш_{об}$ на коэффициент аварийности $K_{ав}$

$Ш_{об}, м$	$K_{ав}$	$Ш_{об}, м$	$K_{ав}$
0,5	2,2	2,0	1,2
1,0	1,7	2,5	1,1
1,5	1,4	3,0	1,0

Анализируя эти данные, приходим к выводу, что, как и в предыдущей ситуации, чем ниже безопасная скорость, тем большая часть водителей превышает ее. Проведенный анализ показал, что при проезде мимо стоящих на обочине автомобилей рекомендуются два варианта действий водителя (рис. 6.14):

- при отсутствии встречных автомобилей необходимо максимально сместить автомобиль влево, чтобы создать наибольший резерв пространства в поперечном направлении (рис. 6.14, а);
- при невозможности отклониться влево необходимо снизить скорость настолько, чтобы можно было остановить автомобиль в случае неожиданного появления человека из-за стоящего автомобиля (рис. 6.14, б).

Расстояние видимости. Скорость автомобиля в любой момент должна быть такой, чтобы габарит опасности не превышал расстояния видимости. Расстояние видимости может быть ограничено из-за кривой в плане (рис. 6.15, а) или кривой в профиле (рис. 6.15, б) дороги. При небольших расстояниях видимости основной причиной ДТП является неожиданное для водителя появление препятствия,

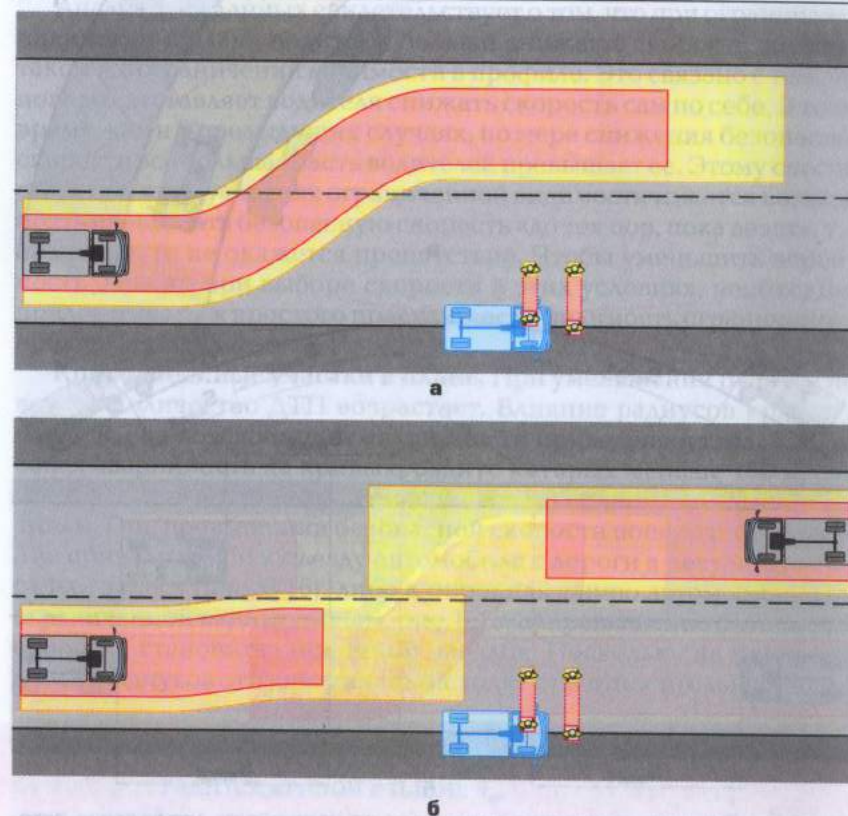


Рис. 6.14. Способы повышения надежности управления при объезде стоящего автомобиля, вдающегося в пределы проезжей части:

а — отклонение траектории; **б** — снижение скорости; бледно-красный цвет — динамический габарит автомобиля; желтый — габарит опасности автомобиля или человека

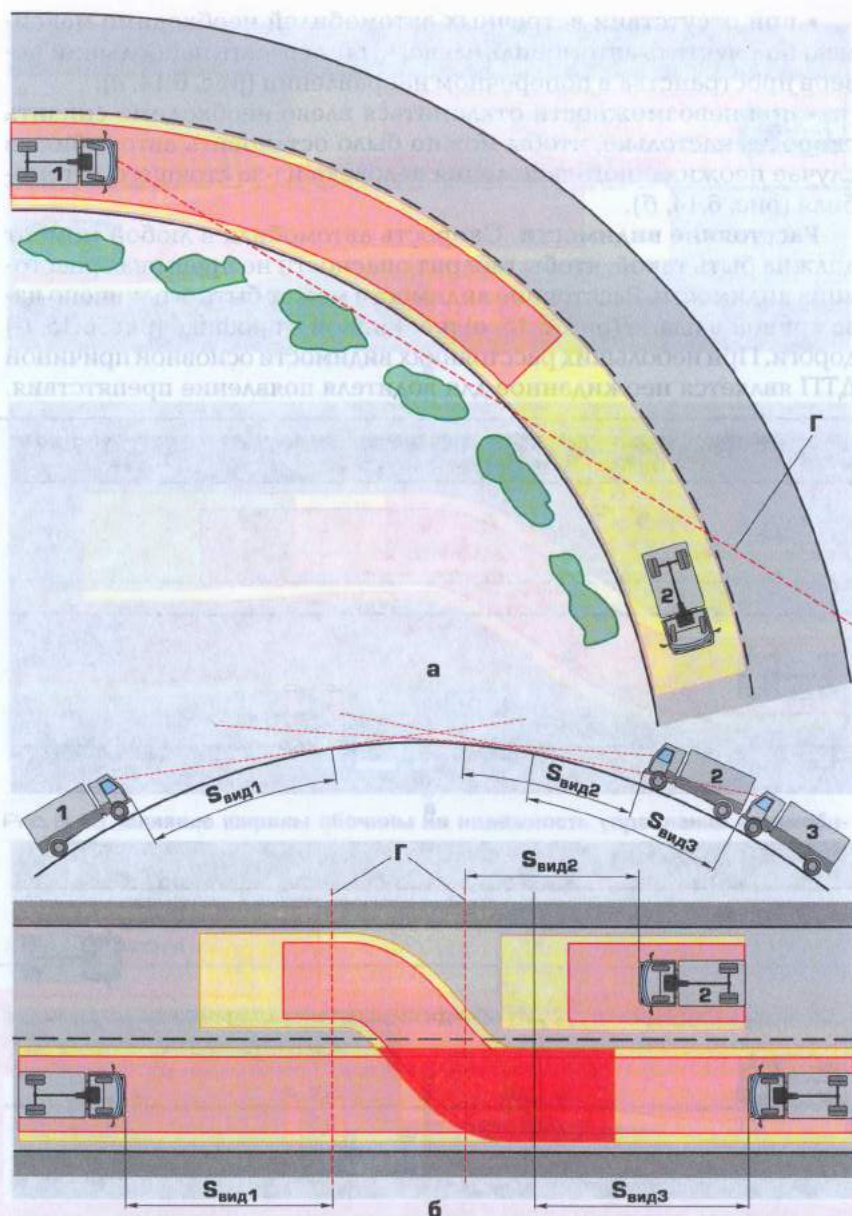


Рис. 6.15. Влияние расстояния видимости на надежность управления автомобилем:

а — ограничение видимости на кривой в плане; б — ограничение видимости на кривой в профиле; Γ — граница видимости; 1, 2, 3 — автомобили; $S_{\text{вид}1}$ — расстояние видимости водителя автомобиля 1; $S_{\text{вид}2}$ — расстояние видимости водителя автомобиля 2; $S_{\text{вид}3}$ — расстояние видимости водителя автомобиля 3

Таблица 6.4. ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ ВИДИМОСТИ $S_{\text{вид}}$ НА КОЭФФИЦИЕНТ АВАРИЙНОСТИ $K_{\text{ав}}$

Ограничение видимости	Величина $K_{\text{ав}}$ в зависимости от $S_{\text{вид}}$, м								
	30	50	100	150	200	250	350	400	500
В плане	4,5	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0
В профиле	6,0	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0

находящегося в пределах габарита опасности или динамического габарита в виде стоящего (см. рис. 6.15, а, автомобиль 2) или обгоняющего (см. рис. 6.15, б, автомобиль 3) транспортного средства. Влияние расстояния видимости $S_{\text{вид}}$ на коэффициент аварийности $K_{\text{ав}}$ отражено в данных табл. 6.4.

Анализ этих данных свидетельствует о том, что при ограничении видимости в плане водители больше снижают скорость, чем при таком же ограничении видимости в профиле. Это связано с тем, что поворот заставляет водителя снижать скорость сам по себе. В то же время, как и в предыдущих случаях, по мере снижения безопасной скорости все большая часть водителей превышает ее. Этому способствует то, что в условиях ограниченной видимости имеется возможность превышать безопасную скорость «до тех пор, пока везет», т. е. пока на пути не окажется препятствие. Чтобы уменьшить вероятность ошибки при выборе скорости в этих условиях, необходимо придерживаться простого правила: «если видимость ограниченная, предполагавай худшее».

Криволинейные участки в плане. При уменьшении радиуса поворота количество ДТП возрастает. Влияние радиусов кривых в плане $R_{\text{пв}}$ на коэффициент аварийности приведено в табл. 6.5. Высокая аварийность на кривых, радиус которых меньше 150 м, связана с тем, что в этих ситуациях ДТП возникают по нескольким причинам. При превышении безопасной скорости поперечное ускорение приводит либо к съезду автомобиля с дороги в результате сноса или заноса (рис. 6.16), либо к опрокидыванию автомобиля. При ограниченной видимости (см. рис. 6.15, а) превышение безопасной скорости становится причиной наездов. Поскольку на поворотах малых радиусов эти явления происходят при относительно неболь-

Таблица 6.5. ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА АВАРИЙНОСТИ $K_{\text{ав}}$ ОТ РАДИУСА КРИВОЙ В ПЛАНЕ $R_{\text{пв}}$

$R_{\text{пв}}$, м	$K_{\text{ав}}$	$R_{\text{пв}}$, м	$K_{\text{ав}}$
До 50	5,4	400...600	1,6
100...150	4,6	1000...1200	1,25
200...300	2,25	Свыше 2000	1

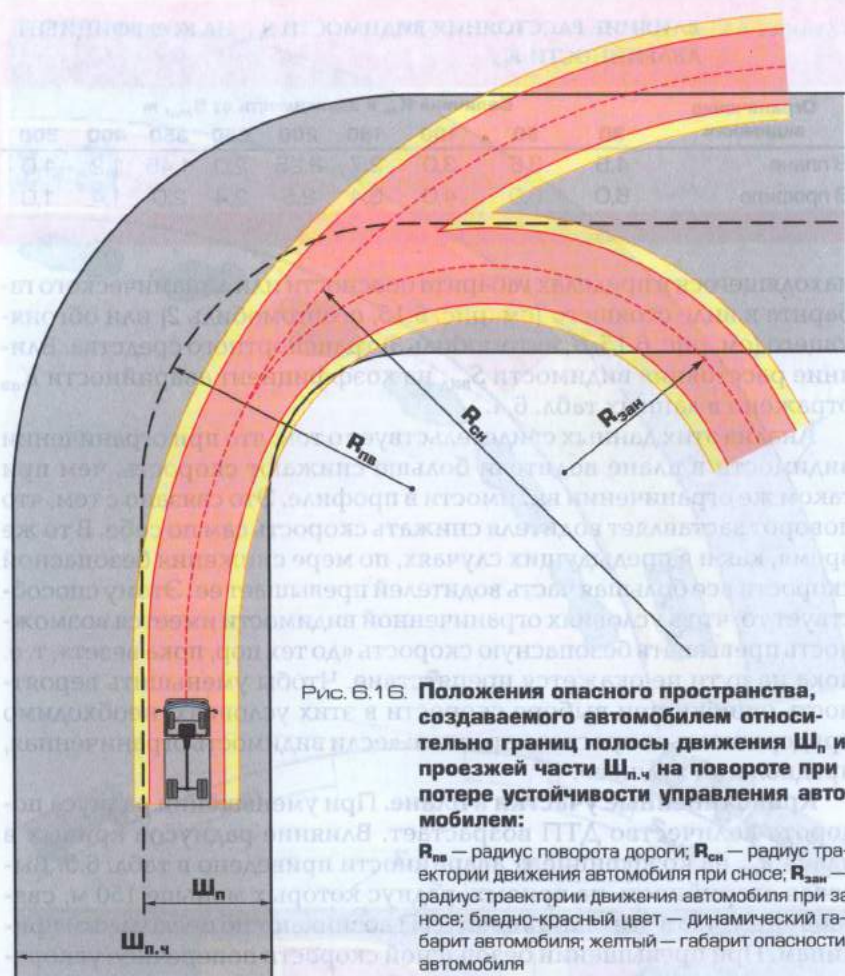


Рис. 6.16. Положения опасного пространства, создаваемого автомобилем относительно границ полосы движения $\mathcal{Ш}_п$ и проезжей части $\mathcal{Ш}_{п,ч}$ на повороте при потере устойчивости управления автомобилем:

$R_{пв}$ — радиус поворота дороги; $R_{сн}$ — радиус траектории движения автомобиля при сносе; $R_{зан}$ — радиус траектории движения автомобиля при заносе; бледно-красный цвет — динамический габарит автомобиля; желтый — габарит опасности автомобиля

ших скоростях, подобные ошибки, как и в предыдущих ситуациях, допускаются большим числом водителей.

Когда радиус поворота становится равным или превышает 200 м, максимальная скорость грузового автомобиля и автобуса становится недостаточной для того, чтобы вызвать на повороте боковое скольжение и тем более опрокидывание. Поэтому коэффициент аварийности уменьшается, а основными причинами ДТП становятся ошибки, связанные с оценкой ситуации при объезде стоящего частично на дороге автомобиля (рис. 6.17, а) или при обгоне на повороте (рис. 6.17, б). Как видно из рис. 6.17, такая опасность возникает только при повороте направо.

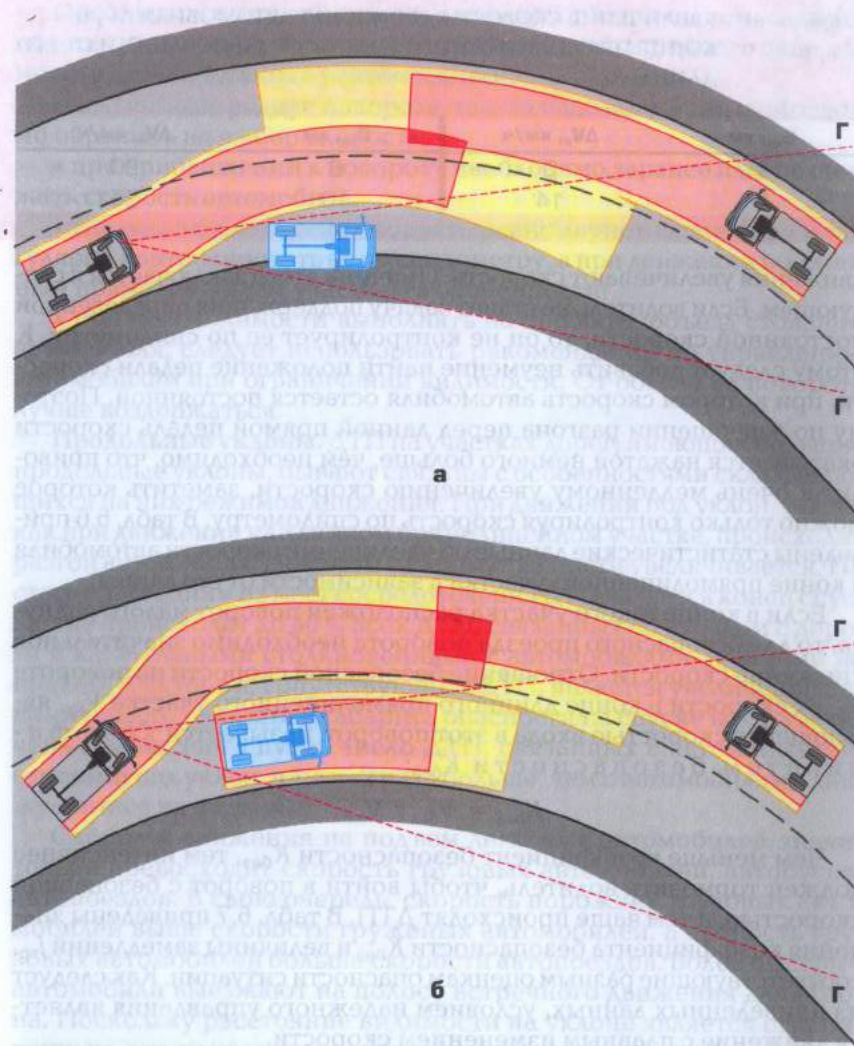


Рис. 6.17. Причины ошибок водителей при объезде и обгоне автомобиля на повороте:

а — объезд; б — обгон; Г — граница видимости; бледно-красным — динамический габарит; желтым — габарит опасности

Особую опасность кривые в плане малых радиусов представляют тогда, когда они расположены после длинных прямых. На прямых участках дороги в свободных условиях движения водители развивают высокие скорости. При увеличении длины прямолинейных участков в свободных условиях движения, как правило, водители по мере

ТАБЛИЦА 6.6. УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ΔV_a В КОНЦЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО УЧАСТКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ДЛИНЫ $S_{пр}$

$S_{пр}$, км	ΔV_a , км/ч	$S_{пр}$, км	ΔV_a , км/ч
1	0	6	20
3	14	10	25

движения увеличивают скорость. Причина этого заключается в следующем. Если водитель не ставит задачу поддержания определенной постоянной скорости, то он не контролирует ее по спидометру. К этому следует добавить неумение найти положение педали скорости, при котором скорость автомобиля остается постоянной. Поэтому по завершении разгона перед данной прямой педаль скорости оказывается нажатой немного больше, чем необходимо, что приводит к очень медленному увеличению скорости, заметить которое можно только контролируя скорость по спидометру. В табл. 6.6 приведены статистические данные об увеличении скорости автомобиля в конце прямолинейного участка в зависимости от его длины.

Если в конце такого участка расположен поворот малого радиуса, то для безопасного проезда поворота необходимо значительное снижение скорости. Отношение безопасной скорости на повороте $V_{без}$ к скорости в конце длинного прямолинейного участка $V_{вх}$, являющейся скоростью входа в этот поворот, называется коэффициентом безопасности $K_{без}$:

$$K_{без} = V_{без} / V_{вх}.$$

Чем меньше коэффициент безопасности $K_{без}$, тем интенсивнее должен тормозить водитель, чтобы войти в поворот с безопасной скоростью, и тем чаще происходят ДТП. В табл. 6.7 приведены значения коэффициента безопасности $K_{без}$ и величины замедлений $j_{тр}$, соответствующие разным оценкам опасности ситуации. Как следует из приведенных данных, условием надежного управления является движение с плавным изменением скорости.

ТАБЛИЦА 6.7. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ $K_{без}$ И ЗАМЕДЛЕНИЯ $j_{тр}$ ДЛЯ РАЗНЫХ ОЦЕНОК БЕЗОПАСНОСТИ СИТУАЦИИ

Оценка ситуации	$K_{без}$	$j_{тр}$, м/с ²
Безопасно	0,8...1,0	0,5...0,2
Малоопасно	0,6...0,8	0,8...0,5
Опасно	0,4...0,6	1,0...0,8
Очень опасно	0,2...0,4	1,1...1,0

Обобщая результаты анализа влияния на безопасность радиуса поворота и длины примыкающего к нему прямолинейного участка, можно дать следующие рекомендации:

- чем меньше радиус поворота, тем больше внимания необходимо обращать на выбор скорости;
- при приближении к повороту необходимо заранее плавно снижать скорость автомобиля;
- следует задавать себе скорость равномерного движения и регулярно контролировать ее по спидометру, а при движении по длинным прямолинейным участкам в особенности;
- при необходимости выполнять на повороте объезд стоящего автомобиля, следует использовать рекомендации по управлению автомобилем при ограничении видимости. От обгона на повороте лучше воздержаться.

Продольные уклоны. ДТП на участках дорог, имеющих большие продольные уклоны, бывают связаны с особенностями складывающихся на них режимов движения. При движении под уклон, так же как при движении на длинном прямолинейном участке, происходит разгон автомобиля. При этом габарит опасности увеличивается. По статистике одним из мест сосредоточения ДТП является конец спуска, где происходит до 40 % всех ДТП, связанных со съездом с дороги и касательными столкновениями с автомобилями, идущими на подъем. Фактором, сопутствующим ДТП, является увеличение динамического габарита и габарита опасности на спуске из-за увеличения тормозного пути. Число ДТП, связанных с автомобилями, едущими под уклон, в 1,5—2 раза больше, чем с автомобилями движущимися на подъем.

Скорость движения на подъем легковых автомобилей значительно превосходит скорость грузовых автомобилей, автобусов, автопоездов. В свою очередь, скорость порожних грузовых автомобилей выше скорости груженых автомобилей, а скорость грузовых автомобилей больше скорости автопоездов. Более быстрые автомобили выезжают на полосу встречного движения для обгона. Поскольку расстояние видимости на уклоне является ограниченным, это приводит к встречным столкновениям. Самые ограниченные условия видимости на вершине подъема, именно здесь происходит 25 % всех ДТП. На самом уклоне расстояние видимости больше и доля ДТП снижается до 18 %. Влияние уклона усиливается с увеличением его крутизны. В табл. 6.8 приведены данные о влиянии величины продольного уклона i на коэффициент аварийности $K_{ав}$.

Обобщая изложенное, можно сформулировать следующие рекомендации при движении на уклонах:

- при движении под уклон необходимо контролировать скорость автомобиля по спидометру;

Таблица 6.8. ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРОДОЛЬНОГО УКЛОНА i НА КОЭФФИЦИЕНТ АВАРИЙНОСТИ $K_{ав}$

$i, \%$	$K_{ав}$	$i, \%$	$K_{ав}$
2	1,00	6	2,75
3	1,30	7	3,00
4	1,75	8	4,00
5	2,50		

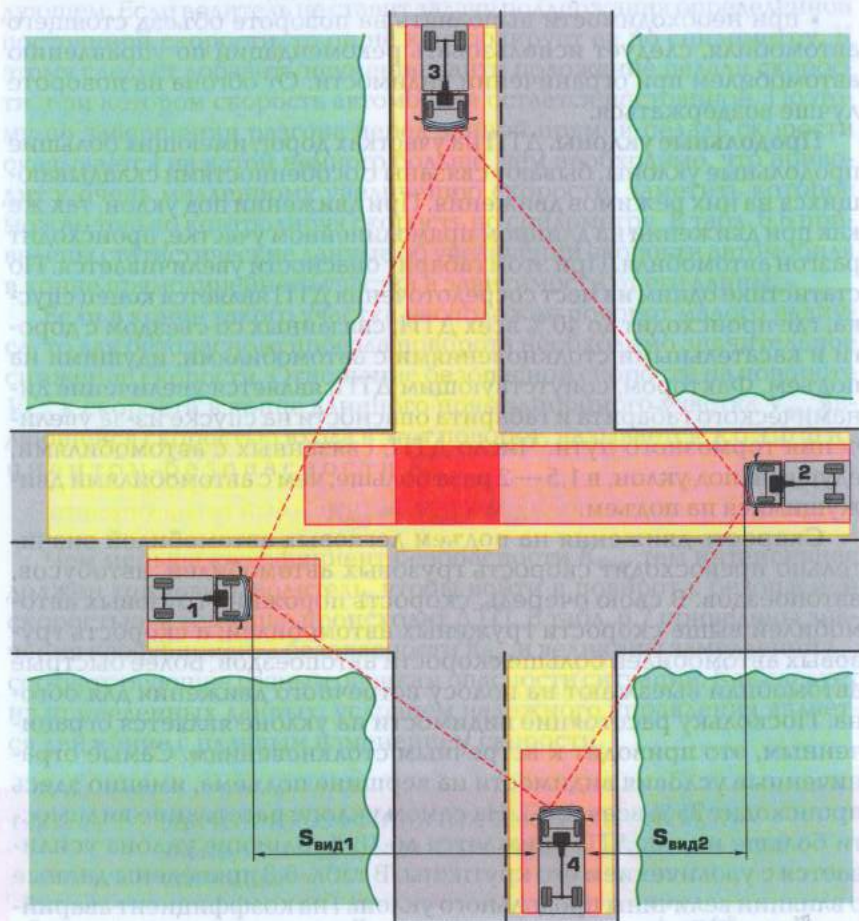


Рис. 6.18. Схема анализа штатности ситуации на перекрестке:

$S_{вид1}$, $S_{вид2}$ — расстояния видимости по пересекаемой дороге; 1, 4 — надежное управление; 3 — ненадежное управление; 2 — управление в расчете на удачу; бледно-красный цвет — динамический габарит автомобиля; желтый — габарит опасности автомобиля; --- — границы видимости

- когда величина уклона меньше 2 %, можно использовать движение автомобиля накатом. Если увеличение скорости превысит 5 км/ч, необходимо применить торможение двигателем;
- когда величина уклона превышает 2 %, необходимо применять торможение двигателем, а при необходимости применять комбинированное торможение — двигателем и рабочим тормозом (более подробно о различных способах торможения см. в гл. 3);
- при движении на подъеме совершать обгон можно только в том случае, если обеспечено необходимое расстояние видимости;
- при подъезде к спуску в условиях ограничения видимости следует быть готовым к появлению встречного автомобиля на вашей полосе, чтобы, исходя из этого, регулировать габарит опасности своего автомобиля.

Пересечения и примыкания дорог. На пересечениях дорог происходит пересечение траекторий движения автомобилей, поэтому значительно увеличивается число конфликтных ситуаций и ДТП. Чтобы избежать столкновения на перекрестке, необходимо регулировать скорость приближения таким образом, чтобы габарит опасности не выходил за границу перекрестка (рис. 6.18, транспортные средства 1 и 4). Скорость, с которой можно безопасно подъехать к перекрестку, определяется расстоянием видимости по пересекаемой дороге $S_{вид1}$ и $S_{вид2}$. Чем меньше расстояние видимости, тем меньше должна быть скорость, хотя тем большая часть водителей превышает ее. Данные о влиянии расстояния видимости $S_{вид}$ на перекрестке на коэффициент аварийности $K_{ав}$ приведены в табл. 6.9.

Большое влияние на безопасность движения на перекрестке оказывает угол примыкания дороги (рис. 6.19). Самый неблагоприятный угол примыкания тупой (см. рис. 6.19, а). При таком примыкании для поворота направо приходится выезжать на встречную полосу движения в условиях ограниченной обзорности дороги справа. Из-за плохой обзорности справа затруднен и поворот налево. Влияние угла примыкания α на коэффициент аварийности $K_{ав}$ отражено в табл. 6.10.

Переезд через железную дорогу является особым случаем пересечения дорог. Его отличие от пересечения автомобильных дорог состоит в том, что остановочный путь поезда значительно больше, чем у автомобиля. Поэтому для безопасного проезда через железную дорогу необходимы значительно большие расстояния видимости. Сте-

Таблица 6.9. ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ ВИДИМОСТИ $S_{вид}$ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ ДОРОГ НА КОЭФФИЦИЕНТ АВАРИЙНОСТИ $K_{ав}$

$S_{вид1}, м$	$K_{ав}$	$S_{вид2}, м$	$K_{ав}$
Менее 20	10	40...60	1,1
20...30	2,5	Свыше 60	1,0
30...40	1,65		

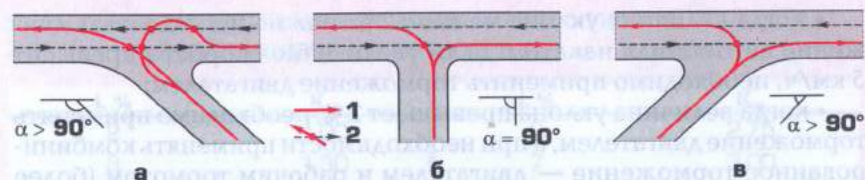


Рис. 6.19. Схемы примыкания дороги под разными углами:

а — тупой; б — прямой; в — острый; 1 — траектория автомобилей, выезжающих на основную дорогу; 2 — конфликтная точка пересечения транспортных потоков

Таблица 6.10. ВЛИЯНИЕ УГЛА ПРИМЫКАНИЯ ДОРОГИ α_d НА КОЭФФИЦИЕНТ АВАРИЙНОСТИ $K_{ав}$

$\alpha_d, ^\circ$	$K_{ав}$	$\alpha_d, ^\circ$	$K_{ав}$
40	1,17	100	1,33
60	1	120	1,83
80	1,17	130	2,17
90	1,25		

пень опасности переезда из-за плохой видимости приближающегося поезда характеризуется коэффициентами аварийности, приведенными в табл. 6.11.

Обобщая изложенное, можно сформулировать следующую рекомендацию при движении на пересечениях дорог: подъезжая к перекрестку необходимо снижать скорость таким образом, чтобы габарит опасности не выходил за границу перекрестка. При малых расстояниях видимости это означает снижение скорости либо почти до остановки, либо до полной остановки автомобиля.

Коэффициент сцепления. Значения коэффициента сцепления шин с дорогой изменяются в широких пределах — от 0,1 до 0,7. При сухом покрытии уменьшение коэффициента сцепления связано с износом дорожного покрытия. При этом износ происходит неравномерно как по длине дороги, так и по ширине проезжей части. Различия в коэффициентах сцепления под колесами автомобиля-лидера и следующего за ним автомобиля способствует возникновению попутных столк-

Таблица 6.11. ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ ВИДИМОСТИ $S_{вид}$ ПРИБЛИЖАЮЩЕГОСЯ ПОЕЗДА НА КОЭФФИЦИЕНТ АВАРИЙНОСТИ $K_{ав}$

$S_{вид}, м$	$K_{ав}$	$S_{вид}, м$	$K_{ав}$
Менее 50	6,5	200	2,5
50	5,15	300	1,4
100	4,5	Свыше 400	1

новений. Разница коэффициентов сцепления под левыми и правыми колесами может привести к заносу при аварийном торможении.

Большую опасность представляют участки дороги с асфальтобетонным покрытием в первые дни после его укладки. Их ровная маслянистая поверхность имеет пониженный коэффициент сцепления, который еще больше уменьшается при самом незначительном дожде. Отличить такие участки можно по более темному, чем у старых покрытий, цвету. Об этом полезно помнить, так как устанавливаемые дорожниками знаки часто кажутся неубедительными.

Наибольшее влияние на коэффициент сцепления оказывает изменение погодных условий: дождь, снежный накат, гололедица. Серьезное влияние на сцепные свойства оказывает грязь, натаскиваемая с обочин. В сухом состоянии она создает прослойку между колесом и покрытием, снижающую коэффициент сцепления. При увлажнении эта прослойка становится консистентной смазкой, которая уменьшает коэффициент сцепления еще больше.

Вероятность ДТП при гололедице увеличивается в 10 раз, при снежном накатанном слое на покрытии — в 3,8 раза и при мокром покрытии — в 1,6 раза по сравнению с сухим состоянием дороги.

Особенно опасен слабый дождь, при котором грязь не смывается с дороги. График изменения коэффициента сцепления ϕ по мере увлажнения и последующего смывания пыли с дороги приведен на рис. 6.20.

Не менее опасен период просыхания дороги после дождя, потому что дорога кажется уже сухой, в то время как в микронеровностях сохраняется влага, снижающая коэффициент сцепления. Это приводит к увеличению количества ДТП в первые часы после прекращения дождя (рис. 6.21).

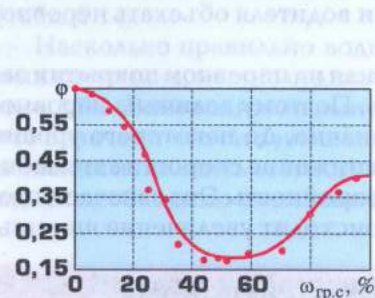
Рис. 6.20. Изменение коэффициента сцепления ϕ по мере увеличения влажности грязевого слоя $\omega_{гр.с}$ и последующего смывания пыли с дорогиРис. 6.21. Количество дорожно-транспортных происшествий n , приходящихся на первые часы после окончания дождя $t_{п.д.}$ и изменение n по мере просыхания дорожного покрытия

ТАБЛИЦА 6.12. ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТОМ СЦЕПЛЕНИЯ ϕ И ВЕЛИЧИНОЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ АВАРИЙНОСТИ $K_{ав}$ И ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ $K_{т.п}$

ϕ	$K_{ав}$	$K_{т.п}$	ϕ	$K_{ав}$	$K_{т.п}$
0,2	14,4	0,03	0,5	2,0	0,32
0,3	8,0	0,07	0,6	1,5	0,67
0,4	3,0	0,15	0,7	1,0	1,0

При уменьшении коэффициента сцепления водители снижают скорость, но, как и в предыдущих ситуациях, недостаточно. Поэтому чем ниже коэффициент сцепления ϕ , тем больше коэффициент аварийности $K_{ав}$. В то же время из-за уменьшения скорости относительный коэффициент тяжести последствий $K_{т.п}$ уменьшается (табл. 6.12).

Ровность покрытия. При увеличении неровности покрытия дороги растут вертикальные колебания кузова, колебания колес (мостов) относительно кузова движущегося транспортного средства. При вертикальных колебаниях колес вертикальная реакция между колесами и дорогой периодически изменяется, т. е. в один период она превышает, а в другой становится меньше статической. При возникновении резонанса реакция в момент подскока колеса снижается до нуля.

Если на автомобиль действует поперечная сила P_y , то при уменьшении вертикальной реакции поперечная может стать меньше P_y . В этом случае начнется снос или занос автомобиля. По этой же причине ширина динамического габарита B_d на неровных участках дороги увеличивается. Этому также способствуют поперечные перемещения автомобиля при стремлении водителя объехать неровности и выбоины.

Вертикальные колебания автомобиля на неровном покрытии заставляют водителя снижать скорость. Поэтому величина неровностей влияет на аварийность неоднозначно. До некоторого уровня неровностей покрытия, несмотря на снижение скорости автомобилей, с ростом неровностей растет и аварийность. Это означает, что, несмотря на снижение скорости, происходит увеличение ширины

ТАБЛИЦА 6.13. ВЛИЯНИЕ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЯ H_r НА СКОРОСТЬ АВТОМОБИЛЯ V_a И КОЭФФИЦИЕНТ АВАРИЙНОСТИ $K_{ав}$

Показатель	H_r , см/км					
	50	150	250	400	600	800
Оценка ровности	Хорошо		Удовлетворительно			Неудовлетворительно
V_a , км/ч	70,0	63,0	58,5	54,5	47,0	35,5
$K_{ав}$	1	3	4	2,7	1,5	1

ТАБЛИЦА 6.14. ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА $V_{ср}$ ОТ РАСЧЕТНОЙ СКОРОСТИ V_r (η — ЧИСЛО ВОДИТЕЛЕЙ, ПРЕВЫШАЮЩИХ РАСЧЕТНУЮ СКОРОСТЬ)

Показатель	V_r , км/ч				
	40	60	80	100	120
$V_{ср}$, км/ч	36	52	64	73	80
$V_{ср}/V_r$, %	90	86	80	73	68
η , %	24	20	15	6,0	0,14

динамического габарита B_d и уменьшение резерва поперечной реакции $res R_y$. При дальнейшем увеличении неровностей покрытия скорость снижается настолько, что динамический габарит начинает уменьшаться, а резерв силы сцепления расти. Это приводит к снижению аварийности. В табл. 6.13 приведена зависимость между скоростью автомобиля V_a , коэффициентом аварийности $K_{ав}$ и показаниями толкомера — прибора, измеряющего ровность покрытия H_r . В качестве показателя ровности покрытия используется сумма перемещений (см) заднего моста автомобиля-лаборатории на 1 км пути.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что во всех случаях, когда штатность ситуации регулируется скоростью автомобиля, водители по мере ее усложнения снижают скорость, но, как показывает статистика, недостаточно. И ошибка тем больше, чем меньше безопасная скорость. Этот вывод подтверждается результатами измерений средней скорости автомобилей в потоке $V_{ср}$ и данными о числе водителей, превышающих расчетную скорость V_r (табл. 6.14).

Насколько правильно водители выбирают скорость в конкретных ситуациях, можно судить по тому, как часто возникают нештатные ДТС. Если водитель вынужден регулярно резко тормозить, то это означает, что он завышает ситуационную скорость. И если нет желания пополнить статистику ДТП, скорость в аналогичных ситуациях необходимо уменьшить.

6.3.2. Влияние на безопасность движения состояния транспортного потока

При движении автомобилей в транспортном потоке между ними возникает взаимодействие, которое заключается в том, что при изменении скорости и траектории одного автомобиля водители других автомобилей также вынуждены изменять скорости и траектории своих автомобилей. Необходимость в изменении скорости и

траектории движения автомобиля для предотвращения столкновения с другим автомобилем называется конфликтной ситуацией. Степень конфликтности ситуации определяется величиной замедления или поперечного ускорения, которое необходимо реализовать для предотвращения столкновения. Поскольку основным маневром для избежания столкновения является торможение, в дальнейшем будет рассмотрен только этот случай.

Ситуация не считается конфликтной, если величина замедления не превышает $0,5 \text{ м/с}^2$. Эта величина замедления определяет минимальную дистанцию, уменьшение которой делает ситуацию конфликтной. Поэтому следует отметить, что наряду с опасным пространством перед автомобилем возникает конфликтное пространство, как показано на рис. 6.22. Ширина конфликтного пространства B_k незначительно, в пределах 1 м, превышает ширину габарита опасности $B_{оп}$. Поэтому в дальнейшем будет рассматриваться только конфликтная дистанция d_k . Ее величина должна быть такой, чтобы при аварийном торможении автомобиля-лидера следующий за ним автомобиль мог остановиться с замедлением не превышающим $0,5 \text{ м/с}^2$.

Определить это расстояние можно с помощью преобразованного уравнения (6.5). Подставив значения $j'_{\text{тр, max}} = 5 \text{ м/с}^2$ и $j''_{\text{тр}} = 0,5 \text{ м/с}^2$, получим d_k , м:

$$d_k = \tau_b V_a / 3,6 + V_a^2 / 14,4. \quad (6.10)$$

Значения конфликтной дистанции d_k превышают величину средней дистанции d , которая выдерживается в транспортном потоке между автомобилями. Важно определить величины замедлений, которые необходимо реализовать, чтобы избежать наезда при экстренном торможении автомобиля-лидера, при разных уровнях удобства управления автомобилем. Для этого, преобразуя уравнение (6.5), подставим значение $j'_{\text{тр, max}} = 5 \text{ м/с}^2$ и решим уравнение относительно $j''_{\text{тр}}$, м/с^2 . После преобразования получим

$$j''_{\text{тр}} = 3,6 V_a / (0,58 V_a^2 + 93,6 d_k). \quad (6.11)$$

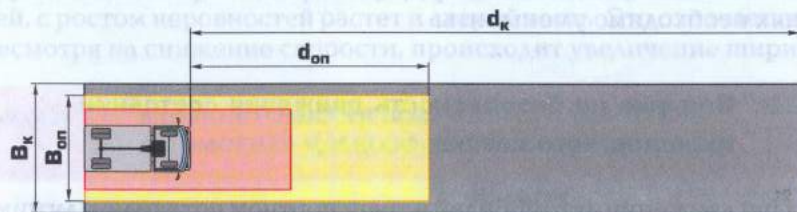


Рис. 6.22 Конфликтное пространство вокруг автомобиля:

$d_{он}$ — дистанция, соответствующая границе опасного пространства; d_k — дистанция, соответствующая границе конфликтного пространства; $B_{оп}$ — ширина опасного пространства; B_k — ширина конфликтного пространства

Таблица 6.15. ЗНАЧЕНИЯ СКОРОСТИ V_a , КОНФЛИКТНОЙ ДИСТАНЦИИ d_k , СРЕДНЕЙ ДИСТАНЦИИ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ d , ЗАМЕДЛЕНИЯ $j''_{\text{тр}}$, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАЕЗДА НА АВТОМОБИЛЬ-ЛИДЕР, ДЛЯ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ УДОБСТВА ДВИЖЕНИЯ

Уровень удобства	V_a , км/ч	d_k , м	d , м	$j''_{\text{тр}}$, м/с^2	Оценка конфликтности
A	Свыше 90	Свыше 600	Свыше 160	Свыше 1,5	Легкая
B	90...75	600...420	160...80	1,5...1,9	»
C	75...65	420...320	80...45	1,9...2,3	»
D	65...55	320...270	45...27	2,3...2,8	Средняя
E	55...50	270...180	27...16	2,8...3,1	»

Чтобы определить d_k , подставим в уравнение (6.10) время реакции водителя $\tau_b = 1,3$ и значения V_a , соответствующие уровням удобства движения в потоке A, B, C, D, E. Для вычисления $j'_{\text{тр}}$ подставим в уравнение (6.11) значения V_a и d_k , соответствующие уровням удобства движения A, B, C, D, E. Результаты вычислений приведены в табл. 6.15. Как можно видеть из этих данных, движение в транспортном потоке чревато конфликтными ситуациями, потому что конфликтная дистанция d_k значительно превышает среднюю дистанцию d между автомобилями в транспортном потоке.

Возникновение колебаний скорости при низких уровнях удобства движения (D, E, F) связано с увеличением замедления $j'_{\text{тр}}$ автомобиля, следующего за лидером. При движении колонны автомобилей замедление отдельных автомобилей по отношению к величине замедления автомобиля-лидера увеличивается по мере удаления от него.

Из приведенного следует вывод, что перестроение в потоке с низким уровнем удобства является возмущающим фактором, вызывающим колебания скорости. На рис. 6.23 показано, что встраивание автомобиля 3 в ряд между автомобилями 1, 2 приводит к уменьшению дистанции между этими автомобилями, т. е. дистанций 1—3 и 3—2. Чтобы увеличить ее до безопасного уровня, водитель 3 должен тормозить, вынуждая тормозить и водителя 1, а это, в свою очередь, вызывает замедление следующих за ними автомобилей. При самом низком уровне удобства движения F «втиснуться» в такой ряд можно только при условии, если следующие сзади автомобили останутся.

Из изложенного следует также важный вывод о том, что чем меньше перестроений совершают автомобили в потоке, тем выше средняя скорость потока и тем быстрее все достигнут своей цели. Попытки же отдельных участников ускорить свое движение путем

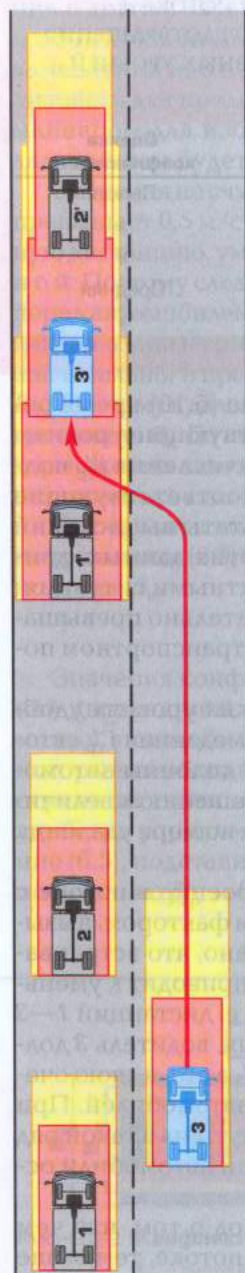


Рис. 6.23. Влияние смены ряда автомобилем 3 на конфликтность ситуации в транспортном потоке:

1, 2 — положение автомобилей в потоке перед началом перестроения автомобиля 3; 1', 2', 3' — положение тех же автомобилей по завершении перестроения автомобилем 3

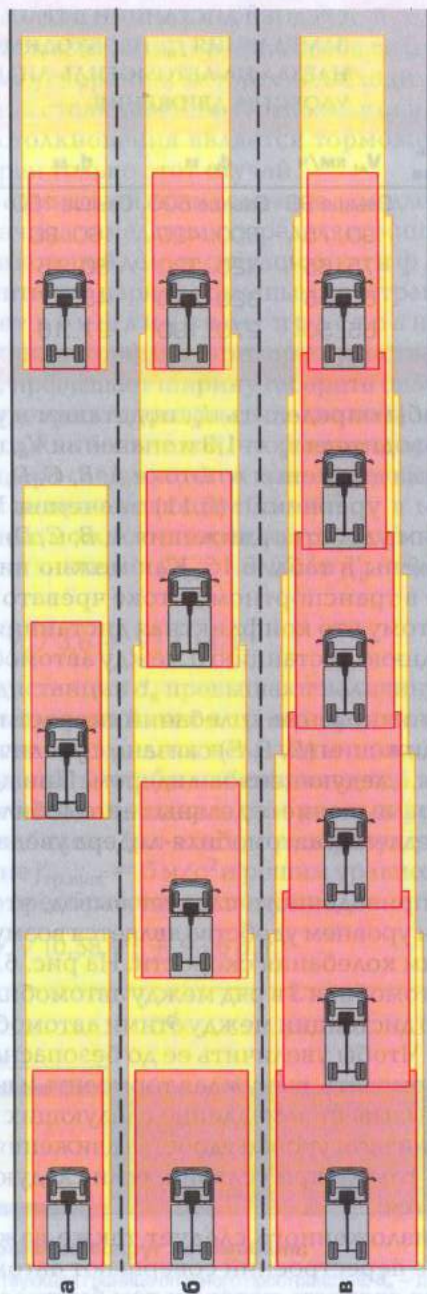


Рис. 6.24. Влияние выбираемой в зависимости от скорости дистанции на надежность управления:

а — надежное управление; б — ненадежное управление; в — управление в расчете на удачу

Таблица 6.16. ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ УДОБСТВА ДВИЖЕНИЯ (ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ N) НА КОЭФФИЦИЕНТ АВАРИЙНОСТИ $K_{ав}$

Показатель	Уровень удобства движения							
	А	В	С	Д	Е			
N , авт./ч	21	125	208	292	417	458	625	833
$K_{ав}$	0,4	0,75	1	1,4	1,75	1,8	1,0	0,6

перестроения из ряда в ряд приводят только к замедлению и потока в целом, и автомобилей, совершающих в нем изменения движения.

Увеличение интенсивности движения (снижение уровня удобства движения) повышает количество конфликтов и уровень их конфликтности. Соответственно возрастает и число ДТП. В табл. 6.16 приведены данные о влиянии уровней удобства движения на двухполосной дороге на коэффициент аварийности $K_{ав}$ для учетных ДТП. Как видно из приведенных данных, коэффициент аварийности растет до уровня удобства С. При дальнейшем ухудшении уровня удобства до D и E коэффициент аварийности снижается. Это связано с тем, что с уменьшением скорости снижается и тяжесть последствий ДТП. Поэтому при продолжающемся росте числа ДТП количество учетных ДТП уменьшается.

Изменение уровней удобства движения влияет и на распределение ДТП по видам (табл. 6.17). В свободных условиях движения (уровень А) основными видами ДТП являются опрокидывание и съезд с дороги. В частично связанном и связанном стационарном состояниях потока (уровни В, С) основным видом ДТП становится встречное столкновение при обгоне. При этом на высоком уровне остаются: опрокидывание, попутные касательные столкновения при обгоне, съезд с дороги. При дальнейшем ухудшении уровня удобства (D, E) основным видом ДТП становится попутное столкновение.

Таблица 6.17. ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ УДОБСТВА ДВИЖЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДТП ПО ВИДАМ

Уровень удобства движения	Распределение, %, ДТП по видам					
	Опрокидывание	Наезд на препятствие	Съезд с дороги	Попутные касательные столкновения	Встречные столкновения	Попутные столкновения
А	79,5	5,0	8,0	2,0	5,3	0,2
В, С	20,1	10,9	7,0	8,1	48,8	5,0
Д	5,2	6,0	3,0	7,5	18,2	60,1
Е	—	1,6	0,3	3,1	0,5	94,5

Вид ДТП определяется типами ошибок, допускаемых водителями. При уровне удобства движения *A* свободные условия движения позволяют водителям развивать высокие скорости. Поэтому основной ошибкой является превышение безопасной скорости, что приводит к опрокидываниям на дороге при маневрировании автомобилей с высоким расположением ЦМ или опрокидываниям после съезда с дороги. Статистика не выделяет опрокидывания после съезда с дороги. Поэтому столбцы табл. 6.17 «Опрокидывание» и «Съезд с дороги» следует рассматривать объединенно, т. е. в результате получим, что 87,5 % ДТП происходит либо по причине опрокидывания на дороге, либо в результате съезда с нее.

При переходе к уровням удобства *B, C* движение со скоростью, превышающей среднюю скорость потока, требует выполнения большого числа обгонов. Обгон — один из самых сложных маневров. Поэтому не удивительно, что основным видом ДТП становятся встречные столкновения, вызванные ошибками водителей в оценке возможностей выполнить обгон. Если учесть, что основная доля попутных касательных столкновений происходит при обгоне, то можно, объединив столбцы табл. 6.17 «Попутные касательные столкновения» и «Встречные столкновения», сделать вывод, что 56,9 % ДТП связано с ошибками при выполнении обгонов.

Переход к уровню удобства *D* означает, что скорость автомобиля заметно снижается, а транспортный поток состоит из отдельных групп (пачек) автомобилей. В этих условиях обгон еще возможен, но редко. Поэтому суммарная доля ДТП в этих же столбцах табл. 6.17 снижается до 25,7 %, что тоже немало. Однако основным становится движение в колонне, и тот факт, что основным видом ДТП являются попутные столкновения (60,1 %), свидетельствует о том, что водители неправильно оценивают безопасную дистанцию.

Наконец, при переходе к уровню удобства *E* (можно присовокупить и неприведенный в табл. 6.17 уровень *F*) увеличивается доля попутных столкновений до 94,5 %, что характеризует высокий процент водителей (виновников столкновений), которые ошиблись, выбирая дистанцию.

На рис. 6.24 показаны взаимные положения автомобилей в потоке, соответствующие надежному, ненадежному управлению и управлению в расчете на удачу.

На основании проведенного анализа можно сформулировать следующие правила вождения автомобиля в транспортном потоке:

- соблюдайте безопасную дистанцию. Чем плотнее поток, тем чаще ошибаются водители в выборе безопасной дистанции. Если при торможении возникают конфликтные ситуации среднего уровня и выше, необходимо внести коррекцию в оценку безопасной дистанции в сторону ее увеличения;

- перестраивайтесь из ряда в ряд только при необходимости повернуть направо, налево или обогнать остановившийся автомобиль;
- при необходимости повернуть налево или направо начинать перестроение надо тем раньше, чем плотнее поток;
- обязательно информируйте других участников движения о своих намерениях своевременным включением указателей поворота;
- внимательно наблюдайте за сигналами, подаваемыми другими участниками движения, и помогайте им выполнять перестроение, пропуская в свой ряд;
- регулярно смотрите в зеркало заднего вида — при уровнях удобства движения *A, B, C* это позволяет определить безопасный момент начала перестроения; при более низких уровнях удобства (*D, E...*) зеркало позволяет увидеть, пропускает вас автомобиль, движущийся в соседнем ряду, или нет.

6.3.3. Особенности управления автомобилем в темное время суток, при неблагоприятных погодных условиях

Препятствия, возникающие при езде в условиях недостаточной видимости. Несмотря на то, что интенсивность движения в темное время суток существенно снижается, интенсивность возникновения ДТП увеличивается вдвое. Это позволяет утверждать, что управление автомобилем в темное время суток значительно сложнее, чем представляется.

Когда мы едем по свободному участку дороги ночью с дальним светом фар, то видим вытянутое перед автомобилем длинное освещенное пространство, в котором возникают из темноты различные предметы. За пределами этой световой полосы длиной более 100 м и шириной около 15 м господствует полная темнота, поэтому водитель может наблюдать за дорогой только в пределах пространства, освещенного светом фар. В этой связи регулировать скорость автомобиля необходимо так, чтобы габарит опасности не превышал длины участка видимости. При ограничении видимости из-за пыли и тумана также нужно уменьшать скорость, с тем чтобы движение было безопасным.

Ночью поверхность дороги выглядит иначе, чем днем. Неровности, впадины, камешки бросают длинные тени, покрывающие дорогу пятнами. При этом создается впечатление, что дорога неровная и покрыта выбоинами. В этих условиях трудно отличить дорожное покрытие, находящееся в хорошем состоянии, от покрытия в плохом состоянии. Ночью оба покрытия выглядят почти одинаково, и особенно опасны поперечные канавки и большие камни.

Водитель на основании своих наблюдений должен прогнозировать состояние дороги. Если, например, он видит кучи камня, сложенные по краям дороги, то должен ожидать, что дорога впереди неисправна и ее ремонтируют. При изменении цвета дороги он может предположить, что изменилось состояние дорожного покрытия. Если на дороге стоит ограждение или красный фонарь, следует предположить, что здесь проводится ремонт дороги. Если поверхность дороги стала блестящей, то это означает въезд на мокрый, а поэтому, вероятно, и скользкий участок дороги.

Водитель не может знать, что происходит вне освещенного пространства, он делает только предположительные выводы. Всегда лучше предполагать худшие обстоятельства, осторожность никогда не будет помехой, а пренебрежение ею, как и чрезмерная самоуверенность, может привести к наихудшим результатам.

Ночью не следует смотреть в одну точку перед автомобилем, нужно переводить взгляд ближе и дальше по всей ширине дороги и в пределах освещаемого участка. Такое сканирование поля обзора задерживает наступление утомления и обеспечивает большую остроту зрения. При случае можно проверить, что при задержке взгляда на одной точке перед автомобилем быстро создается впечатление, что свет стал темнее, а дорога стала мутной и плохо видимой.

Повороты ночью также выглядят иначе, чем днем. Трудно определить радиус их кривизны, а следовательно, и безопасную скорость при проезде поворотов. В общем случае, повороты оцениваются как более опасные. На поворотах свет фар не поворачивается в направлении дороги и поэтому лучше освещает внешнюю сторону дуги поворота. Это необходимо учитывать и быть более внимательным. При движении на повороте расстояние видимости уменьшается, так как фары автомобиля освещают только короткий отрезок дороги, за которым может быть скрыто опасное препятствие. Следует учитывать это и соответственно снижать скорость.

Малоопытные водители обычно чрезмерно снижают скорость при движении на поворотах ночью. Причиной этому служит впечатление, что они едут с большей скоростью, так как ночью движение кажется более быстрым, чем днем. Это нормальная реакция. Гораздо хуже, когда высокая скорость является не результатом опыта и умения, а надеждой на благоприятный случай. Обычно водители преодолевают эту иллюзию по мере приобретения опыта вождения.

Ночью водители управляют автомобилем более нервно и грубо, чем днем. Это вполне объяснимо, так как при ограниченной видимости и недостаточном умении предвидеть развитие событий приходится реагировать быстрее. Но опытный водитель, умеющий предвидеть, ездит ночью так же безупречно и спокойно, как днем, и иногда предпочитает ночную езду как более спокойную из-за ред-

кого движения на дороге. Однако встречные автомобили затрудняют движение в ночное время вследствие возможности ослепления светом их фар и опасности столкновения при разъездах.

Хуже всего ехать в полутьме, когда только начинает рассветать или темнеть. На шоссе вы с трудом различаете препятствия, но вам кажется, что если включить фары, то будет еще хуже. Поэтому в такое время многие едут без освещения и только изредка включают ближний свет, хотя это большая ошибка. Во-первых, если даже вы не видите сами, то включенные фары позволяют увидеть вас. Кроме того, в сумерках, когда длинные тени мешают различать отдельные предметы, поможет дальний свет, хотя он и кажется недостаточно интенсивным. Если дальнего света и не хватит для полного освещения шоссе, то он поможет заметить препятствие, неожиданно возникшее перед машиной. Помните — лучше включить фары на час раньше, чем на минуту позже!

Ночная поездка требует большего напряжения, чем дневная. На шоссе встретите очень многих, пренебрегающих правилами движения и рискующих собственной безопасностью, в их числе неосвещенные дорожные машины, повозки, велосипедисты, автомобили, водители которых едут с одной неисправной фарой или не держат в порядке задний свет. Вы проезжаете мимо пешеходов, чья одежда сливается с окружающей темнотой. Если бы имелась возможность все время ехать с включенным дальним светом, все было бы проще. Но из-за встречных машин, водители вынуждены переключать свет, чтобы не ослеплять друг друга, т. е. большую часть пути приходится проезжать с ближним светом, при котором шоссе освещается недостаточно.

Идеальным было бы освещение, не ослепляющее водителя и освещающее всю дорогу между двумя автомобилями. Но создать его невозможно, поэтому необходимо уметь приспособиться к движению в условиях ограниченной видимости при разъезде.

Требования к техническому состоянию автомобиля. При езде ночью очень важны хорошее зрение и хорошие фары. Если зрение или фары с изъяном, это отразится на надежности езды. Чрезмерно напрягать зрение за рулем или быстро ехать с плохо светящимися фарами — это значит ехать в надежде на удачу.

Свое зрение водитель может улучшить только с помощью очков. Предусмотрительные автомобилисты постоянно имеют при себе в машине запасную их пару.

Необходимо также позаботиться о лампах, стеклах и правильной регулировке фар. Большинство водителей меняет лампы, только когда они перегорят и перестанут светить. Это неверно. От долгого пользования лампы теряют свои качества, хотя интенсивность свечения падает медленно и этого можно не заметить. Если посмотреть на старую использованную лампу, можно увидеть, что стеклянный

баллон у нее мутный. Поэтому в зависимости от того, сколько вы ездили ночью, старайтесь менять лампы каждые 15... 25 тыс. км пробега. Старые лампы можно использовать как предписанный резерв.

Стекло фары не должно быть треснутым, иначе рефлектор быстро загрязнится. Чистите стекло регулярно, особенно, если условия поездки способствуют их быстрому загрязнению. Слой пыли, грязи, снега, налипшие на стекло насекомые, безусловно, не способствуют хорошей освещенности дороги такой загрязненной фарой.

Кроме того, фары должны быть правильно отрегулированы. Только тогда они помогут ночью лучше видеть дорогу и при этом не будут ослеплять водителей встречных машин. Лучше всего регулировать направление света фар при наиболее типичной загрузке автомобиля. Правильно отрегулированные фары на ближнем свете не будут ослеплять встречного водителя, а дальний свет обеспечит наилучшую освещенность дороги.

С течением времени и увеличением пробега изменяется прогиб рессор и других упругих элементов подвески, и автомобиль «оседает», что влечет за собой изменение высоты пучков света, отбрасываемого рефлекторами фар. Поэтому следует хотя бы один раз в год проверять правильность установки фар своего автомобиля на станции диагностики.

Некоторые автомобили имеют приспособления для изменения угла наклона фар в зависимости от нагрузки. Не следует забывать использовать это полезное приспособление.

Так же как о чистоте стекол фар, при ночных поездках позаботьтесь и о прозрачности ветрового стекла. Опасность загрязненного стекла особенно остро проявляется, когда его осветят фары встречных автомобилей, уличные фонари, реклама. Мелкие брызги грязи рассеивают лучи света и снижают видимость. Не бывает оптически безукоризненных стекол. От водителя требуется не усугублять недостатки стекла и устранять грязь и следы капель с него, т. е. следить за исправной работой системы обмыва ветрового стекла. А если на автомобиле имеется и обмыв фар, то необходимо позаботиться о том, чтобы эта система также была исправной и заправленной обмывающей жидкостью. Всегда полезно иметь запас жидкости (воды) в машине. Не жалейте воды для обмыва попавшей на ветровое стекло грязи, это предохранит стекло от царапин, а владельца машины — от ослепления встречным светом фар.

Неприятное ощущение вызывает и отсвечивание приборов в стекле перед водителем. Освещение приборов не должно быть чрезмерным, в любом случае к нему нужно привыкнуть, так как о состоянии двигателя и автомобиля водитель должен знать и при ночном вождении.

Разъезд со встречным транспортом. Этот маневр при движении по дороге в ночное время в противоположность разъезду в дневное

время относится к самым опасным из всех маневров автомобиля. Без преувеличения можно утверждать, что разъезд никогда не бывает полностью безопасным и всегда скрывает в себе меньший или больший риск и от водителей зависит, чтобы этот риск был наименьшим.

При движении по ночному шоссе в свободных условиях первым признаком предстоящего разъезда является «зарез», появившееся вдали на дороге и означающее, что через 1... 2 мин произойдет встреча с автомобилем. Вскоре зарез становится ярче, превращаясь в ослепляющий свет, который почти полностью лишает вас видимости.

До тех пор пока фары приближающегося автомобиля выглядят как одна сильно светящаяся точка, расстояние до него еще значительное. Когда свет начинает разделяться на две светящиеся точки, это означает, что расстояние сократилось примерно до 400 м и необходимо приготовиться к разъезду.

При сближении автомобилей настолько, что свет их фар начинает ослеплять обоих водителей, следует переключить дальний свет фар на ближний, и водитель встречного автомобиля обязан сделать то же самое. Не следует, однако, слишком рано менять дальний свет на ближний, потому что при этом придется значительно снизить скорость. Бывает, что неумелые водители меняют свет за целый километр до встречи с другим автомобилем. Это только повышает опасность, так как ближний свет головных фар освещает путь на довольно коротком расстоянии.

В блеске света фар встречного автомобиля необходимо заметить находящиеся впереди препятствия, выступающие на светлом фоне как черные силуэты. Если водитель не видит препятствий, то имеет право допустить, что дорога на всем расстоянии до встречного автомобиля свободна. Поэтому не следует уменьшать скорость до момента, пока не начнете плохо видеть дорогу перед собой, т. е. пока не почувствуете затруднение в управлении автомобилем.

Когда мы хотим, чтобы встречный автомобиль сменил свет на ближний, необходимо сменить свет на своем автомобиле. Смена света на разумном расстоянии является достаточной и вежливой просьбой, которая должна быть тут же понята и выполнена и другой стороной. Бывает, что водитель встречного автомобиля не замечает, что он не перешел на ближний свет. Чтобы напомнить об этом, можно несколько раз «моргнуть» — включить и выключить дальний свет. Невыключение дальнего света фар при разъезде является серьезным нарушением Правил дорожного движения, которое сильно затрудняет движение для встречного автомобиля, что может стать причиной тяжелого дорожно-транспортного происшествия.

Первое условие сохранения безопасности при переходе на ближний свет — снижение скорости. Такой прием понятен (габарит опас-

ности не должен быть больше освещенного участка дороги), и большинство водителей делают это автоматически. Нога с педали скорости переносится на педаль тормоза в положении полной готовности.

Другое условие менее известно и даже противоречит распространенным рекомендациям, которые предписывают при переходе на ближний свет сразу же сместиться к правой стороне дороги. Это только увеличивает опасность, так как вероятность встретить препятствие на краю дороги больше, чем на середине. К тому же препятствие на середине дороги заметить легче, так как на фоне встречного автомобиля оно будет выглядеть как темный силуэт. Поэтому, пока встречная машина еще далеко, лучше выехать ближе к центру дороги и лишь при достаточном сближении (конечно это не должно напоминать лобовую атаку) необходимо съехать вправо. При этом уже практически наверняка можно определить наличие опасных препятствий в том месте, куда едет автомобиль. После разъезда нужно снова сместиться к центру до тех пор, пока дорога не станет хорошо видна.

При разъезде ночью с встречным автомобилем следует соблюдать больший интервал, чем тот, который кажется безопасным, потому, что встречный автомобиль может везти груз большой ширины или его кузов может оказаться значительно более широким, чем можно предположить, глядя на его фары.

При ослеплении водитель полностью утрачивает видимость дороги и последующие 10...200 м он преодолевает вслепую. Единственной рекомендацией безопасности в этих условиях является торможение при сохранении направления движения. Это единственное, что можно посоветовать.

Нужно заметить, что при чистом ветровом стекле ослепления не произойдет даже когда встречный автомобиль едет с дальним светом, если смотреть на дорогу определенным образом: необходимо, прищурив глаза, смотреть на правый край дороги и только краем глаза следить за встречным автомобилем, оценивая его движение.

Все современные автомобили оснащены фарами с асимметричным ближним светом, поэтому чем ближе к правому краю дороги расположен объект, тем на большем расстоянии он виден. Такое распределение света на проезжей части дороги предотвращает ослепление водителя встречного автомобиля, не уменьшая освещенности правого края дороги, на котором с большей вероятностью может оказаться какое-нибудь препятствие.

Если разъезд с другим автомобилем происходит на повороте вправо, возникает опасность ослепления водителя встречного автомобиля даже ближним светом фар, асимметричная правая часть пучка света которых будет направлена ему прямо в глаза. Несмотря на то, что это будет продолжаться только мгновение, его может

оказаться достаточно для создания опасной ситуации, тем более, что водитель встречного автомобиля также будет преодолевать поворот, и его ослепление даже на мгновение может иметь и для него, и для вас опасные последствия.

Поэтому на повороте влево нужно подготовиться к возможности ослепления и уже заранее смотреть на правый край дороги, стараясь избежать взгляда на фары подъезжающего к повороту встречного автомобиля, при этом необходимо соответственно уменьшить скорость.

При разъезде на перегибе дороги хорошо видно приближение встречного автомобиля, которое заметно по зареву, возникающему над дорогой. В то же время до появления автомобилей в зоне взаимной видимости включенный дальний свет не ослепляет водителей, но позволяет хорошо видеть дорогу. Чтобы в момент появления автомобилей в зоне видимости друг друга не произошло взаимного ослепления, оба водителя должны чуть раньше перейти на ближний свет.

Переключить фары на дальний свет можно только тогда, когда автомобили поравнялись. Включение дальнего света перед встречей вызывает ослепление водителя встречного автомобиля и поэтому квалифицируется как хулиганство.

Иногда водители взаимно придерживаются тактики выжидания при переключении света на ближний, и каждый из них считает «делом чести» выдержать дольше своего «противника». В результате их встреча и разъезд происходят при дальнем свете фар. Такие поступки — доказательство глупости и опасного риска. К сожалению, на дороге встречаются автомобили, управляемые водителями такой низкой культуры — они могут и не переключать свет фар и не отзываются на сигнал просьбы переключения фар на ближний свет. В этой ситуации не следует рисковать и производить разъезд в состоянии ослепления. Лучше задержаться на правой стороне дороги и переждать.

Необходимо научиться определять по фарам, какое транспортное средство приближается навстречу. Если видны две фары, значит это автомобиль. Если видна одна фара, то следует ожидать, что это мотоцикл без коляски. Но возможна и ошибка, и мотоцикл может оказаться автомобилем с неисправной фарой. Если светит одна левая фара, то при этом виден контур автомобиля, но когда светит только одна правая фара, опасность ДТП велика, потому что в этом случае левая сторона автомобиля оказывается неосвещенной, т. е. на нее можно наехать. Опытный водитель никогда не ездит с неисправной левой фарой, а, увидев автомобиль с одной фарой, всегда предполагает худшее и соответственно увеличивает интервал от левой стороны встречного автомобиля, смещаясь как можно дальше на правую сторону дороги.

Существует признак, по которому можно определить, что приближается мотоцикл, — дрожащий свет фары встречного транспортного средства, однако на всякий случай надо подготовиться к встрече с автомобилем, у которого не горит одна фара. Лучше в 1000 раз преувеличить опасность, нежели 1 раз допустить оплошность, так как именно этот единственный случай может оказаться роковым.

Рассмотренные ситуации относятся к уровню удобства А. При снижении уровня удобства движения ситуация изменяется существенным образом. При уровне удобства В средняя дистанция становится сопоставимой с расстоянием между встречными автомобилями, при котором необходимо переключать свет. Поэтому при уровнях удобств В и ниже включение дальнего света становится возможным в короткие промежутки времени.

Движение с ближним светом при сплошном встречном потоке утомляет и, несмотря на то, что встречные автомобили едут с ближним светом, глаза быстро устают. Наибольшую неприятность в таких условиях доставляет грязное или поцарапанное ветровое стекло. Когда оно загрязнено, его можно и нужно вымыть, но когда оно поцарапано, то в определенные моменты времени езда будет происходить вслепую. В такой ситуации лучше перенести поездку на дневное время и побыстрее заменить стекло.

Обгон. В ночное время обгон на дороге не так опасен, как разъезд со встречным автомобилем, если в поле зрения нет встречного автомобиля. Начинается этот маневр с момента, когда водитель обгоняемого автомобиля видит в зеркало заднего вида свет фар обгоняющего автомобиля.

При подъезде к обгоняемому автомобилю на расстояние, при котором свет начинает попадать в зеркала заднего вида, водитель, совершающий обгон, должен сменить дальний свет на ближний, чтобы не ослепить водителя обгоняемого автомобиля. Дорога видна и так, ее освещают фары обгоняемого автомобиля. Поровнявшись с обгоняемым транспортным средством, можно переключить свет фар на дальний, потому что обгоняемому транспортному средству этим уже не помешает.

Водитель обгоняемого автомобиля должен обезопасить себя от ослепления через зеркало заднего вида. Для этого необходимо отклонить голову немного в сторону. Отклонять наружные зеркала нельзя, потому что установить их вновь на темной дороге будет невозможно.

Когда обгоняющий автомобиль выдвинется немного вперед, водитель обгоняемого автомобиля должен изменить дальний свет на ближний и ехать с ближним светом фар до тех пор, пока не перестанет отчетливо видеть дорогу в свете фар автомобиля, едущего впереди. Только тогда он опять может включить дальний свет.

Подача звукового сигнала перед обгоном ночью не является необходимой, так как луч света фар предупреждает водителя впереди едущего автомобиля о намерении обгона.

Обгон ночью при наличии встречного автомобиля значительно усложняется, так как точность определения безопасного расстояния снижается. Об этом необходимо помнить водителям, принимающим решение идти на обгон.

Препятствия, которые могут встретиться ночью. Способность безошибочного распознавания препятствий или даже «предчувствия» их присутствия зависит от опыта водителя. Следует учитывать вероятность появления препятствий. Так при движении на большом удалении от населенных пунктов вероятность встречи с велосипедистом или пешеходом несоизмерима меньше, чем в населенном пункте. А в населенном пункте возможность появления такого препятствия в 22 ч значительно выше, чем в 4 ч утра.

На ночной дороге могут встретиться неосвещенные заграждения, перекрывающие дорогу в местах проведения ремонтных работ. Они обычно окрашены в яркий цвет, что облегчает их распознавание. Такую же опасность представляют оставленные на дороге без освещения катки и другие дорожные машины, неосвещенные велосипеды, стоящие без освещения грузовые и легковые автомобили.

Большая опасность грозит со стороны пешеходов, которые, не догадываясь о том, что они почти незаметны на темном фоне, легкомысленно идут по проезжей части дороги, предполагая, что водитель их обедет.

Поле зрения опытного водителя не может ограничиться исключительно пространством дороги, освещенным фарами. Необходимо уметь обнаруживать и более отдаленные препятствия, которые дают о себе знать разными способами.

Увидев два низких огонька, ярко светящихся зеленым или голубым светом, следует предположить, что это глаза кошки или собаки, сидящих на краю дороги. Не надо путать эти огоньки с красным светом катафота, установленного на велосипеде или сзади автомобиля. Велосипед можно отличить по вилянию из стороны в сторону, а автомобиль — по блеску заднего стекла или другой блестящей детали.

Если водитель видит в отдалении на высоте около 1 м над дорогой множество светлых точек поперек дороги, то можно ожидать, что это поворот, обозначенный столбиками или белыми ободками на деревьях. По ним можно определить крутизну поворота. Неожиданный резкий блеск с правой стороны над дорогой свидетельствует о приближении к отсвечивающему дорожному знаку, который, конечно, надо распознать.

При проезде ночью через неохраемый железнодорожный переезд водитель должен проявлять исключительную осторожность.

Никогда не следует въезжать на переезд с большой скоростью и не осмотревшись. Необходимо сбавить скорость до скорости пешехода и посмотреть направо и налево. Помните, что несоблюдение этой несложной предосторожности многим стоило жизни.

Движение на дороге ночью имеет и свои преимущества. Можно не опасаться коров и других домашних животных, которые находят в это время за оградой. Но зато возникает опасность появления на дороге лесных зверей, которые часто выходят на дорогу, привлеченные светом фар.

В некоторые периоды года большие хлопоты доставляют зайцы, которые неожиданно выскакивают на дорогу и бегут перед автомобилем в свете фар. Чтобы согнать их с дороги необходимо снизить скорость и на время включить ближний свет или даже стояночные огни.

Еще одно важное предостережение. Случается, что на середине дороги или городской улицы лежит пьяный человек. Такой лежащий на дороге человек, если его одежда не выделяется на фоне дороги (особенно на мокрой дороге), очень плохо виден не только при свете фар, но даже и при свете уличных фонарей. При взгляде на лежащего ночью на дороге человека создается впечатление, что лежит какой-то мешок, смятый лоскут бумаги, или что это просто какое-то пятно на мостовой. В том, что это человек, водитель обычно с ужасом убеждается только тогда, когда расстояние уже недостаточно для остановки автомобиля. Последним шансом в этом случае остается объезд. Поэтому, учитывая такую возможность, никогда не надо пренебрегать любым неопознанным с расстояния «предметом». Разумнее подозревать худший вариант, осторожность и предосторожность в таком случае может спасти человеческую жизнь.

А теперь о других огнях, приближающихся к нам при движении на дороге. Небольшой, но резкий свет с изменяющейся яркостью, несомненно, свидетельствует о едущем навстречу велосипедисте. Однако вблизи от населенного пункта это может быть также свет карманного фонаря в руках пешехода. Если водитель видит приближающийся красный свет, то следует ожидать встречи с ограждением на ремонтируемом участке дороги. Красный свет всегда служит сигналом тревоги или сигналом, обозначающим запрет проезда. Он может быть установлен органами дорожного контроля или дорожным мастером при повреждении дороги, а также в других случаях для ограничения или закрытия проезда.

Когда водитель видит на темной дороге падающий поперек нее пучок света, то это значит, что он приближается к перекрестку, к которому сбоку подъезжает другой автомобиль. Подобное впечатление может создать и автомобиль, едущий навстречу, но находящийся на повороте дороги. В таком случае водитель должен так рас-

считать скорость своего движения, чтобы встреча с автомобилем произошла не на повороте, а на прямом участке дороги.

Еще одно предостережение. Например, водитель видит, что едущий навстречу автомобиль имеет не только фары белого света, но и мигающий фонарь голубого цвета — это могут быть пожарная машина, автомобиль «Скорой помощи» или милиции. Эти автомобили, несмотря на Правила, не переключают фары на ближний свет. Зная об этом, нужно съехать на правую сторону дороги, остановиться и включить стояночный свет, чтобы максимально помочь проезду автомобиля, спешащего на помощь.

Остановка и стоянка. При остановке необходимо съехать на обочину дороги и включить стояночный свет. Это важно по следующим причинам. Прежде всего этим вы информируете водителей встречных автомобилей о том, что ваша машина стоит. Не менее важно и то, что в этом случае водитель встречного автомобиля хорошо видит ситуацию на дороге. А это закон общей дорожно-транспортной безопасности. К сожалению, часто водитель остановившегося автомобиля не только не переключает свет на стояночный, но и оставляет включенным дальний свет.

Для стоянки необходимо съехать с дороги. Это самый надежный способ избежать неприятностей. Если такой возможности нет, то необходимо съехать на обочину и обязательно оставить включенным стояночный свет.

Туман, метель. Самым опасным для водителя в ночное время является туман. Иногда туман бывает настолько густым и создает такую большую опасность, что необходимо прервать поездку и терпеливо ждать наступления дня или перемены погоды.

Если туман покрывает значительную часть местности, то он везде одинаково густ и по высоте слоя простирается выше автомобиля. Езда в таком тумане затруднительна и очень быстро истощает физические силы, вызывая нервное напряжение водителя. Фары совсем не освещают дорогу, их свет только врывается в туман яркими ослепляющими пучками. Поэтому в тумане следует ехать только при ближнем свете фар, который еще как-то освещает дорогу. Однако лучше использовать специальные противотуманные фары с низким и широким пучком желтого света, который лучше проникает через туман, чем белый свет обычных фар.

Иногда необычно густой туман до такой степени затрудняет движение, что совсем не видно края дороги. Тогда не остается ничего иного, как найти съезд с дороги и дождаться утра.

В тумане можно ошибиться при выборе дороги, так как перекрестки и разветвления заметить весьма трудно, как и невидимые дорожные знаки и указатели. Поэтому опытные водители стараются избегать ночной езды в тумане и предпочитают дождаться дневного времени, чем рисковать, двигаясь медленно и подвергая себя опасности.

Особым видом тумана являются испарения, скапливающиеся на высоте около 1 м над землей. Особенно часто они бывают в низко расположенных и лесистых местностях и не встречаются в местностях сухих и высоких. Движение через местность, покрытую испарениями, вынуждает непрерывно замедлять скорость, потому что под слоем испарений не видно поверхности дороги.

Во время тумана никогда нельзя оставлять автомобиль на стоянке без включенного света, так как это может послужить причиной серьезной катастрофы. Нельзя также обгонять в тумане, нельзя рисковать и ездить вслепую.

Подобные же трудности, как и туман, создает пыль на щебеночной дороге. Если впереди едет какое-то транспортное средство, обогнать его в облаках пыли невозможно. Необходимо дожидаться участка дороги с твердым покрытием.

Сильная метель тоже уменьшает видимость и вынуждает водителя включить ближний свет или противотуманные фары. В то же время метель не так мучительна и опасна, как туман, хотя и создает дополнительные трудности при выборе положения автомобиля относительно дороги, так как снег покрывает белой пеленой одинаково и дорогу, и обочины. Кроме того, заснеженная дорога может быть скользкой.

Дождь. Если водитель смог справиться с туманом и метелью, то дождь не представит больших трудностей при условии, что стеклоочистители ветрового стекла работают исправно. Дождь изменяет вид дорожного покрытия. Светлое и матовое в сухом состоянии асфальтобетонное или цементобетонное покрытие становится темным и блестящим, причем заметить на такой дороге темное препятствие очень трудно. Движение в этих условиях, даже если нет никаких препятствий, утомительно, у водителя создается впечатление, что он устремляется в темную бездну, пересекаемую блестящими каплями дождевых капель, сверкающих в свете фар. Большое неудобство создает свет встречных автомобилей. Несмотря на то, что головные фары освещают препятствия на значительном удалении, создается впечатление движения вслепую, что также усиливает утомление водителя.

На мокром дорожном покрытии всякие белые знаки, линии, островки безопасности, стрелки и т. п. становятся почти невидимыми днем и совершенно незаметными ночью. При этом, конечно, нельзя забывать, что во время дождя значительно усиливается скользкость проезжей части дороги.

Сонливость и галлюцинации. При длительной езде ночью усталость водителя проявляется несколько иначе, чем днем. Кроме сонливости и утомления возможно еще одно проявление усталости — галлюцинации, которые чаще возникают у опытных водителей, но редко встречаются у начинающих водителей, для которых управление автомобилем имеет эмоциональную привлекательность.

Водитель находится в пути много часов подряд. В свете фар он видит дорогу перед собой. Допустим, дорога свободная и пустая. Однообразие этого зрелища, сносное сначала, становится с течением времени нудным, затем раздражающим и, наконец, белое пятно света перед автомобилем начинает меняться в глазах, мигать, исчезать и колыхаться. Внезапно... в отдалении 100... 200 м перед автомобилем на дороге возникает дом, которого за мгновение перед этим не было. Инстинктивно водитель тормозит, иногда очень резко, и с изумлением убеждается, что никакого препятствия нет, просто это ему показалось. Дорога по-прежнему свободна.

Когда возникает сонливость и появляются галлюцинации, не следует вынуждать себя двигаться вперед «любой ценой», лучше применить единственное спасительное средство — устроить короткий отдых. Необходимо остановить автомобиль, выключить свет, оставив только стояночные огни, выйти из машины и отдохнуть. Достаточно 10... 20 мин такого отдыха, чтобы водитель мог спокойно ехать дальше.

6.4. Надежное управление

Имеется только один способ, чтобы надежно управлять автомобилем: в каждый момент времени резервы управления должны быть больше безопасных значений. Чтобы решить эту задачу, водитель должен регулировать скорость автомобиля, дистанцию и интервал. Выполнять обгон он должен только тогда, когда дистанция до встречного автомобиля не меньше безопасной. Совершать перестроение только в том случае, если после его завершения дистанция между автомобилями, следующими сзади и совершившими маневр, будет не меньше безопасной. Начинать движение через перекресток только в том случае, когда дистанция до автомобилей, следующих в поперечном направлении, равна безопасной или превышает ее.

Когда во всех перечисленных ситуациях резервы управления становятся меньше безопасных значений, появляется вероятность ДТП. Как быстро она реализуется, определяет случай: если повезет, можно достаточно долго нарушать условия безопасности; но если кому-то не повезет, то первое же нарушение может стать и последним.

Повышение навыков и умений при управлении автомобилем в нештатных ситуациях увеличивает безопасную скорость и уменьшает безопасные дистанцию и интервал. Однако выход за границы безопасности приводит к тем же последствиям, что и у менее опытного водителя. Разница состоит только в том, что ДТП происходит при более высокой скорости автомобиля.

Наиболее опасным является уменьшение резервов безопасности до нуля, когда «быть или не быть ДТП» становится делом случая. К сожалению, такая частая ситуация, как ограниченная видимость дороги, предоставляет всем, не понимающим этого, возможность ездить с нулевым резервом управления. Несколько менее опасным по последствиям ДТП является уменьшение до нуля резервов управления при выборе дистанции.

Выход за границы безопасности при управлении автомобилем равносильно игре в офицерскую рулетку, которая заключается в том, что в барабане револьвера оставляют один патрон и, провернув барабан, нажимают на курок, приставив револьвер к виску. Печальная статистика ДТП свидетельствует о том, что на дорогах нашей страны идет активная игра в «автомобильную рулетку». Ее отличие от офицерской рулетки в вероятности гибели. В первой вероятность равна $1/7$, во второй — $1/1000$, что и создает иллюзию безопасности. Люди, никогда бы не рискнувшие сыграть в офицерскую рулетку, не задумываясь, включаются в автомобильную. Этому способствует превратное представление о мастерстве водителя. В сознании большого числа водителей мастерство ассоциируется с рискованным поведением в дорожном движении. В связи с этим полезно привести слова легендарного летчика-испытателя, Героя Советского Союза Михаила Громова: «Осторожность — лучшая черта смелости». Можно посоветовать всем водителям сделать это выражение своим девизом.

Чтобы резервы управления всегда превышали безопасные значения, водитель должен уметь предвидеть развитие дорожно-транспортной ситуации и реакции автомобиля на управление, постоянно контролировать штатность возникающих ситуаций и в случае выхода за границы безопасности увеличивать резервы управления, изменяя скорость, дистанцию и интервал, прекращая обгон и перестроение.

Так, например, по ширине покрытия дороги можно определить расчетную (безопасную) скорость (см. в приложении табл. П.1) и не превышать ее на участках свободного движения. В случае же превышения ее на прямолинейных участках снижать скорость до расчетной на поворотах в условиях ограниченной видимости.

При этом следует помнить, что при реконструкции старых дорог нередко их уширение делают без увеличения расстояния видимости и радиусов поворотов. Помощь в распознавании таких несоответствий между шириной дороги и параметрами других ее элементов может оказать анализ штатности режимов движения. Если преодоление поворота посередине полосы движения затруднительно, значит безопасная скорость превышена.

Прогнозировать уменьшение коэффициента сцепления помогают такие внешние признаки, как изменение цвета покрытия доро-

ги. При увлажнении оно становится более темным и блестящим. Как уже отмечалось, в начале дождя дорога более скользкая, а после его окончания процесс увеличения коэффициента сцепления может растянуться на несколько часов.

Если на автомобиле имеется прибор для измерения температуры наружного воздуха, грамотное его применение окажет существенную помощь в предвидении гололедицы, которая возникает в диапазоне температур воздуха $-5... +1$ °C. Поэтому наблюдение за изменением температуры позволяет предвидеть снижение коэффициента сцепления и соответственно уменьшить скорость. Это бывает особенно важно в дальних поездках, когда автомобиль перемещается на сотни километров и может пересечь несколько температурных зон.

Если рулевое управление обладает хорошей реактивностью, то при снижении коэффициента сцепления усилие поворота рулевого колеса пропорционально уменьшается, информируя водителя об изменении ситуации, т. е. сигнализирует о необходимости снизить скорость.

Наблюдая за поведением других участников движения, необходимо также постоянно прогнозировать их возможные действия. Например, вы приближаетесь к остановке общественного транспорта и навстречу к остановке подходит автобус. По обочине (тропуару) с вашей стороны бежит человек. Можно почти наверняка предположить, что он, стремясь сесть в автобус, станет перебежать дорогу.

При большом скоплении людей, которое наблюдается на пешеходных переходах, возможность оценить действия всех пешеходов у водителя резко уменьшается, так как человек в состоянии надежно анализировать перемещения ограниченного числа объектов внимания — 7 ± 2 . При большем числе надежность анализа начинает снижаться, так как часть информации окажется потерянной. Поэтому в местах пересечения дороги пешеходами, водителю необходимо быть особенно осторожным.

Не менее важным является умение прогнозирования действий других водителей. Задача облегчается, когда все водители своевременно включают указатели поворотов. К сожалению, не все водители за рулем информируют других участников движения о своих намерениях. Бывают также отказы в системе сигнализации, а водитель не подозревает, что не включен указатель поворота, стоп-сигнал. Поэтому необходимо учиться прогнозировать действия других участников по незначительным отклонениям в их поведении. При этом всегда следует предполагать наихудший вариант развития событий, например:

- при движении в крайнем левом ряду многорядной дороги без разделительной полосы впереди идущий автомобиль тормозит.

Можно предположить, что либо перед ним тормозит автомобиль, либо он решил развернуть свой автомобиль. В обоих случаях он может остановиться;

- вы едете в первом ряду и догоняете автомобиль, который смещен влево и занимает часть первого и часть второго ряда, что позволяет опередить его справа. Приближается перекресток. Следует ожидать, что автомобиль повернет направо;

- вы едете в свободном левом ряду, обгоняя колонну автомобилей, двигающуюся в правом ряду. Следует ожидать, что кто-то из водителей захочет перестроиться в левый ряд, чтобы поехать быстрее;

- на двухполосной дороге вы догоняете автомобиль и собираетесь его обогнать. Одновременно замечаете, что обгоняемый автомобиль, в свою очередь, также догоняет автомобиль, велосипедиста, пешехода. Разумно предположить, что тот, кого вы собрались обогнать, также начнет обгон, объезд;

- на двухполосной дороге движущийся впереди автомобиль смещается частично на обочину и останавливается (на городской улице останавливается, прижимаясь к бордюру). Следует ожидать, что водитель собирается выйти из автомобиля.

При езде по городским улицам необходимо прогнозировать сигналы светофора. Этому помогает знание того, что наиболее типичный цикл работы светофора занимает 1 мин, в том числе 25 с включен зеленый свет в одном и красный свет в другом направлении и по 5 с при смене сигналов включен желтый свет. Подъезжая к светофору, водитель может оценивать оставшуюся продолжительность включения сигнала светофора.

Например, водитель находится от светофора далеко и горит красный сигнал, т. е. можно продолжать равномерное движение, рассчитывая на то, что запрещающий сигнал успеет смениться на разрешающий за то время, пока машина доедет до перекрестка. Если же в этой ситуации включен зеленый свет, то следует замедлить скорость таким образом, чтобы подъехать к перекрестку в момент нового включения разрешающего сигнала светофора.

Наибольшую опасность представляет ситуация, когда водитель находится недалеко от перекрестка, а включен зеленый сигнал. Если водитель не знает, как давно он включен, попытка проехать перекресток до смены сигнала часто приводит к перекрестным столкновениям.

Причины этого следующие. Чтобы успеть проехать перекресток на зеленый сигнал светофора, водитель увеличивает скорость. Поэтому в момент подъезда к перекрестку опасное пространство его автомобиля оказывается далеко за границами перекрестка (см. рис. 6.18). Иными словами, он едет наудачу, надеясь успеть проехать перекресток до смены сигнала. Если удача ему изменила, то это оз-

начает, что в поперечном направлении к перекрестку приближается еще один «игрок в автомобильную рулетку» (см. рис. 6.18) и они въедут на перекресток одновременно, не имея возможности остановить свои автомобили.

Таким образом, учитывая жизненную важность того, что надежное управление автомобилем заключается в предотвращении критических ситуаций, отметим, что в случае возникновения нештатных ситуаций для повышения надежности выхода из них необходимо предвидеть реакции автомобиля на действие внешних сил и ваши управляющие действия.

Прежде всего следует отметить, что за редким исключением, нештатные ситуации не возникают совершенно неожиданно, так как они являются следствием выхода за границы безопасности, езды с определенным уровнем риска. Большинство водителей делают это сознательно. Поэтому, если, например, за перегибом дороги появляется крутой поворот или на дороге стоит автомобиль, то это не является полной неожиданностью для водителя — превышая безопасную скорость, он должен предвидеть возможность таких ситуаций и быть готовым к выходу из них.

Если водитель представляет, какой поворачиваемостью обладает его автомобиль и как его управляющие действия влияют на величину поворачиваемости, он может предвидеть, чего ожидать: сноса или заноса. Это поможет ему быстрее среагировать на занос, что, как отмечалось выше, повышает надежность его стабилизации.

При возникновении сноса или заноса очень важно прогнозировать момент прекращения этого явления, чтобы с минимальной задержкой начать обратное движение рулевым колесом.

Когда автомобиль скользит по дуге, радиус которой превышает радиус поворота, он постепенно приближается к краю дороги. В этой ситуации важно предвидеть: хватит или не хватит ширины дороги для сохранения устойчивости управления автомобилем. Когда ширины дороги не хватает, бывает безопаснее самому направить автомобиль с дороги, чтобы он «спрыгнул» с нее, двигаясь прямо. В противном случае автомобиль сойдет с дороги боком и опрокинется.

Когда торможение уже не спасает, важно определить момент, когда следует прекратить торможение, и выполнить объезд, так как дальнейшая затяжка с выполнением маневра приведет к наезду на препятствие. При выполнении объезда на автомобиле с высоким расположением ЦМ на дороге с большим коэффициентом сцепления возможно опрокидывание автомобиля. В этой ситуации важно предвидеть приближение угла крена автомобиля к критическому значению и ограничивать поворот рулевого колеса.

Обобщая изложенное в этой главе, можно отметить, что для надежного управления необходимо знание свойств автомобиля; пони-

мание того, как они изменяются при выполнении управляющих действий; важна техника выполнения управляющих действий, доведенная до высокого уровня автоматизма и позволяющая сосредоточить внимание на анализе ситуации, а не на решении вопроса о том, какую нажать педаль. Важно иметь представление о типичных ДТП, в которых увеличивается вероятность ДТП; уметь определять и реализовывать безопасные режимы движения.

При соблюдении этих условий требуемый в настоящее время для овладения водительским мастерством накат в 100 тыс. км может быть сокращен в 2—3 раза.

Контрольные вопросы

1. Как изменяется надежность выполнения маневра при изменении скорости?
2. Как изменяется надежность выполнения маневра при изменении геометрических параметров маневра?
3. Как можно сформулировать условия надежного управления?
4. Что называется «динамическим габаритом» и «габаритом опасности»?
5. Что называется «конфликтным пространством»?
6. Чему равна безопасная дистанция при движении за однотипным автомобилем, при движении за легковым автомобилем?
7. Как изменяется расстояние объезда препятствия в сравнении с тормозным путем при увеличении скорости автомобиля?
8. Что называется «точкой возврата» при обгоне?
9. Как изменяется положение «точки возврата» по отношению к обгоняемому автомобилю при увеличении разности скоростей обгоняющего и обгоняемого автомобилей?
10. Изложите правила применения понятия «опасное пространство» для анализа ДТП.
11. Как влияет на аварийность ширина проезжей части, состояние обочин, приближенные к проезжей части дорожные сооружения, ширина обочин?
12. Как влияет на аварийность расстояние видимости?
13. Как влияет на аварийность радиус поворота?
14. Что называется «коэффициентом безопасности»?
15. Почему с увеличением крутизны продольного уклона растет аварийность?
16. Сформулируйте условие безопасного проезда перекрестка, железнодорожного переезда.
17. Как влияет на аварийность и тяжесть последствий ДТП коэффициент сцепления?
18. Как изменяется коэффициент сцепления от времени после начала дождя?
19. Как изменяется число ДТП от времени после прекращения дождя?
20. Какое влияние на аварийность оказывают неровности дороги?

21. Перечислите уровни удобства движения в транспортном потоке.
22. Что называется «конфликтной ситуацией»?
23. Что называется «конфликтной дистанцией»?
24. Почему в транспортном потоке возникают конфликтные ситуации?
25. Сформулируйте правила надежного управления в транспортном потоке.
26. Как изменяется распределение ДТП по видам по мере снижения уровня удобства движения в транспортном потоке?
27. Когда необходимо включать головное освещение?
28. Почему необходимо заменять лампы раньше, чем они перегорят?
29. При какой загрузке автомобиля следует регулировать направление светового луча фар?
30. Почему необходимо, чтобы ветровое стекло было чистым и непоцарапанным?
31. Что необходимо сделать при остановке автомобиля ночью?
32. Опишите правила разъезда со встречным транспортом ночью.
33. Опишите правила обгона ночью.
34. Какой свет необходимо включить в тумане, во время метели?
35. Что следует сделать, если одолевает сонливость?

Эффективность управления автомобилем

7.1. Показатели эффективности управления автомобилем

Надежность (безопасность) управления автомобилем — важное условие достижения цели управления. Целью управления является перемещение из одного пункта в другой. Управление автомобилем заключается в достижении цели наилучшим образом. Чтобы оптимизировать этот процесс управления, необходимо иметь критерии качества управления автомобилем. Рассмотрим, с помощью каких критериев можно решить эту задачу.

Так как назначение транспорта состоит в повышении скорости перемещения людей и грузов в пространстве, средняя скорость автомобиля является одним из показателей качества управления. Различают две средних скорости: техническую V_t и общую V_c . При вычислении первой учитывается только чистое время движения автомобиля, а для второй используется время поездки с учетом задержек в пути. При оценке качества управления в зависимости от поставленной задачи используют либо одну, либо другую среднюю скорость. Для оценки качества управления автомобилем более информативной является скорость сообщения V_c .

Чем меньше текущая скорость автомобиля отличается от скорости сообщения V_c , тем равномернее движение и тем эффективнее управление автомобилем. Равномерность движения автомобиля характеризуют два показателя, из которых первый, называемый «коэффициентом равномерности движения» K_v , равен отношению скорости сообщения V_c к максимальной скорости в поездке $V_{\max}$:

$$K_v = V_c / V_{\max}.$$

Чем меньше значение K_v , тем меньше скорость сообщения V_c в сравнении с максимальной скоростью $V_{\max}$ и тем ниже равномерность движения. При уменьшении равномерности движения происходит увеличение интенсивности разгона и торможения автомобиля.

Интенсивность изменения скорости автомобиля описывается изменением продольного ускорения j_x . Среднее ускорение за поездку равно нулю. В противном случае автомобиль либо не сможет остановиться, либо поедет назад. Неравномерность движения будет тем больше, чем больше размах колебания ускорения относительно среднего значения. Поскольку колебания ускорения носят случайный характер, размах колебаний ускорения характеризуется его среднеквадратичным отклонением от среднего значения.

Чтобы понять, как вычисляется среднеквадратичное отклонение ускорения, рассмотрим две кривые изменения продольного ускорения автомобиля j_x на рис. 7.1. Положительные значения соответствуют разгону автомобиля, нулевые — установившемуся движению либо остановке автомобиля, а отрицательные — торможению. Черная кривая соответствует более равномерному движению по сравнению с красной кривой.

Если измерить все ординаты кривых в n точках и сложить их, то получим ноль, так как сумма положительных ординат равна сумме отрицательных.

Чтобы охарактеризовать величину отклонений ускорения от среднего значения, необходимо исключить влияние знака ускорения. Для этого измеренные в n точках значения j_x возводим в квадрат. Полученные квадраты величин складываем и сумму делим на число слагаемых n , далее извлекаем квадратный корень. Полученная величина называется среднеквадратичным отклонением σ_j продольного ускорения j_x :

$$\sigma_j = \sqrt{(j_{x1}^2 + j_{x2}^2 + j_{x3}^2 + \dots + j_{xn}^2) / n}.$$

Ускорение каждого отдельного автомобиля оказывает отрицательное влияние на транспортный поток, заставляя водителей дру-

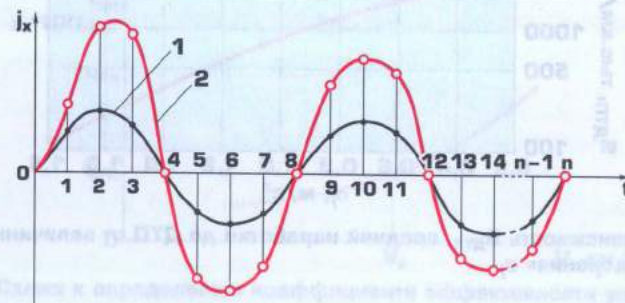


Рис. 7.1. Схема к определению среднеквадратичного отклонения σ_j величины продольного ускорения автомобиля:

1 — изменение ускорения j_x при небольшом значении σ_j ; 2 — изменение ускорения j_x при большом значении σ_j

гих автомобилей также изменять свою скорость. Это создает конфликтные ситуации и, как было рассмотрено ранее, замедляет движение потока.

Неравномерность движения каждого отдельного автомобиля вносит в поток беспорядок, нарушая его равномерное движение. Поэтому среднеквадратичное отклонение ускорения назвали «шумом ускорения», т. е. бесполезной величиной, которая чем меньше, тем лучше.

Увеличение «шума ускорения» означает увеличение числа конфликтных ситуаций. Поэтому между величиной «шума ускорения» и надежностью управления автомобилем существует статистическая связь (рис. 7.2). По величине «шума ускорения», с которым ездит водитель, можно получить прогноз его наработки до ДТП¹.

Другим показателем надежности управления автомобилем является оценка резервов управления, создаваемых водителем. Для этой цели измеряются резервы скорости, дистанции, интервала. Измерение выполняют органолептическим методом² специально подготовленные инструкторы. Шкала органолептических оценок приведена далее в табл. 10.2.

Для выполнения работы по перемещению автомобиля требуются затраты энергии, которая образуется при сжигании в двигателе топлива. Чем ниже расход топлива, тем лучше.

Путевой расход топлива q_s измеряют в литрах на 100 км пробега. Зависимость расхода топлива от скорости называется «топливной характеристикой установленного движения» (см. рис. 3.23). Расходуемое топливо с позиций теории управления преобразуется в скорость автомобиля. Если разделить скорость сообщения V_c на

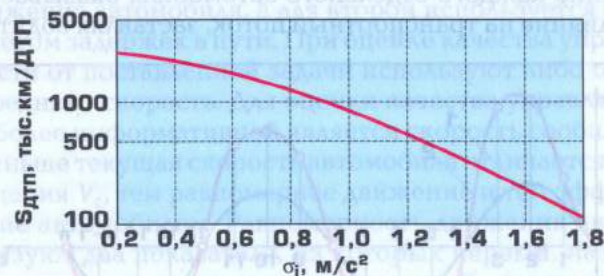


Рис. 7.2. Зависимость $S_{\text{ДТП}}$ средней наработки до ДТП от величины «шума ускорения» σ_j

¹ Нарботка до ДТП ($S_{\text{ДТП}}$) — средний пробег между ДТП равен отношению суммарного пробега всех автомобилей к числу ДТП. Средняя наработка до ДТП в России составляет около 180 тыс. км.

² Органолептический метод — это метод измерения с помощью органов чувств человека.

расход топлива q_s , то получим коэффициент преобразования топлива в скорость k_{qV} , $100 \text{ км}^2/\text{л} \cdot \text{ч}$:

$$k_{qV} = V_c / q_s. \quad (7.1)$$

Эксплуатационный расход топлива q_{s3} больше, чем расход q_{s0} при установившемся движении (рис. 7.3). Это вызвано тем, что автомобиль движется неравномерно, а при разгоне расход топлива сильно возрастает (см. рис. 3.23).

Применение экономичных методов вождения автомобиля позволяет снизить эксплуатационный расход топлива q_{s3} . Умение водителя экономично управлять автомобилем характеризует коэффициент эффективности управления k_y :

$$k_y = q_{s0} / q_{s3}, \quad (7.2)$$

где q_{s0} — путевой расход топлива при установившемся движении со скоростью сообщения V_c , л/100 км; q_{s3} — эксплуатационный расход топлива, л/100 км.

Найдем из уравнения (7.2) выражение для q_{s3} и, подставив его в уравнение (7.1), получим, что

$$k_{qV} = k_y V_c / q_{s0}. \quad (7.3)$$

Из соотношения (7.3) следует, что коэффициент преобразования топлива в скорость k_{qV} зависит от совершенства конструкции автомобиля, которое выражается через путевой расход топлива q_{s0} при установившемся движении, и от качества управления, выраженного через k_y . Расход топлива зависит от массы автомобиля. Чем больше нагрузка, тем больше путевой расход топлива. При буксировке прицепа, полуприцепа их собственная масса также увеличивает путевой расход топлива.

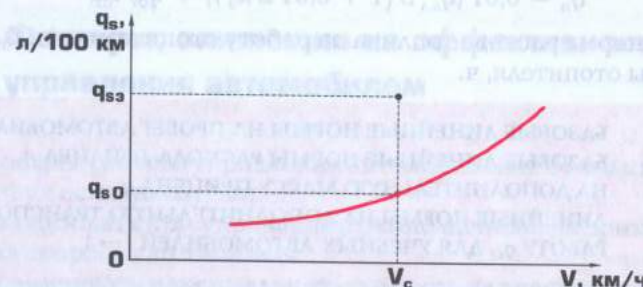


Рис. 7.3. Схема к определению коэффициента эффективности управления по кривой расхода топлива при установившемся движении на высшей передаче:

V — скорость; q_s — путевой расход топлива; V_c — скорость сообщения; q_{s0} — путевой расход топлива при установившемся движении со скоростью V_c ; q_{s3} — эксплуатационный расход топлива

В крупных городах из-за высокой плотности транспортного потока нарушается равномерность движения автомобиля, что приводит к увеличению расхода топлива. Когда частые остановки заложены в технологии работы автомобиля (как у маршрутного автобуса), расход топлива также повышен.

При ухудшении дорожных условий увеличивается сопротивление движению, а это повышает расход топлива. Снижение температуры воздуха увеличивает расход топлива. Отрицательное влияние на расход топлива оказывает также работа в горных условиях на высоте от 500 м и выше над уровнем моря.

При нормировании расхода топлива необходим учет перечисленных факторов. Для бортовых грузовых автомобилей и автопоездов нормативное значение расхода топлива q_n вычисляется по формуле

$$q_n = 0,01 (q_{с.л} S + q_{п.л} S + q_{т.л} M_{гр} S_{гр}) (1 + 0,01 \Sigma k_3),$$

где $q_{с.л}$ — базовая линейная норма топлива на пробег транспортного средства, л/100 км; $q_{п.л}$ — базовая линейная норма расхода топлива на дополнительную, собственную массу прицепа (полуприцепа), л/100 км; $q_{т.л}$ — линейная норма расхода топлива на дополнительную транспортную работу, л/100 км; S — общий пробег, км; $S_{гр}$ — пробег с грузом, км; $M_{гр}$ — масса груза, т; Σk_3 — сумма коэффициентов, учитывающих влияние дорожных, климатических и географических условий эксплуатации, %.

При нормировании расхода топлива число перевозимых в автобусах пассажиров не учитывается, в то же время учитывается дополнительный расход топлива на работу в зимнее время для отопителя, которым обычно оборудуются автобусы с дизельными двигателями. Нормативный расход топлива для автобусов определяется из выражения

$$q_n = 0,01 (q_{с.л} S (1 + 0,01 \Sigma k_3)) + q_{от} \tau_{от}$$

где $q_{от}$ — норма расхода топлива на работу отопителя, л/ч; $\tau_{от}$ — время работы отопителя, ч.

Таблица 7.1. БАЗОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ НОРМЫ НА ПРОБЕГ АВТОМОБИЛЯ $q_{с.л}$, БАЗОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВА НА ДОПОЛНИТЕЛЬНУЮ МАССУ ПРИЦЕПА $q_{п.л}$, ЛИНЕЙНЫЕ НОРМЫ НА ДОПОЛНИТЕЛЬНУЮ ТРАНСПОРТНУЮ РАБОТУ $q_{т.л}$ ДЛЯ УЧЕБНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ 1—4

Индекс автомобиля	$q_{с.л}$, л/100 км	$q_{п.л}$, л/100 км	$q_{т.л}$, л/100 км
1	31	—	2,0
2	25,5	—	1,3
3	26	1,3	1,3
4	25,5	1,3	1,3

Таблица 7.2. ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВочНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ k_3 , УЧИТЫВАЮЩИХ ДОРОЖНЫЕ, КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ

Характеристика условий	k_3 , %
Города с населением свыше 1 млн человек	До 10
Работа, требующая частых технологических остановок (в среднем более одной на 1 км пробега — маршрутные автобусы)	До 10
Работа в карьерах, движение по полю при сельскохозяйственных работах, вывоз леса (на лесных участках)	До 20
Работа в тяжелых дорожных условиях в период сезонной распутицы, снежных и песчаных заносов	До 35
Работа на загородных дорогах с усовершенствованным покрытием в хорошем состоянии	До -15
Эксплуатация заказных и ведомственных автобусов, не работающих на постоянных маршрутах	До -10
В зимнее время:	
южные районы	До 5
северные районы	До 15
районы Крайнего Севера	До 20
остальные районы	До 10
В горной местности при высоте над уровнем моря, м:	
500...1500	5
1501...2000	10
2001...3000	15
свыше 3000	20

Базовые линейные нормы расхода топлива и линейные нормы на дополнительную транспортную работу для учебных автомобилей 1—4 приведены в табл. 7.1, а значения поправочных коэффициентов k_3 — в табл. 7.2.

7.2. Факторы, влияющие на эффективность управления автомобилем

Для эффективного управления автомобилем необходимо выполнение двух основных условий:

- использовать при управлении экономичный алгоритм регулирования скорости автомобиля;
- ограничивать максимальную скорость на участках свободного движения таким образом, чтобы движение было более равномерным.

Ограничение скорости автомобиля водителем означает, что он должен реализовать модель поведения перевозчика, а не гонщика. И если на практике большая часть водителей реализует модель по-

ведения гонщика, то это связано с незнанием законов движения транспортного потока. Такие водители уверены в том, что, непрерывно маневрируя в потоке, можно существенно повысить скорость своего движения относительно потока.

Чтобы разобраться в этом вопросе, рассмотрим на рис. 7.4 графики зависимости скорости сообщения V_c от максимальной скорости V_{max} на свободных участках движения (при реализации модели поведения гонщика) для разных уровней удобства движения в потоке. За отсутствием подобных материалов для грузовых автомобилей и автобусов рассмотрим, как изменяется скорость сообщения при управлении легковым автомобилем с максимальной скоростью 160 км/ч при движении по двухполосной загородной дороге.

Действительно, при свободных условиях движения скорость сообщения V_c растет пропорционально максимальной скорости V_{max} . Однако уже на границе между свободными А и частично связанными В условиями после того, как V_{max} превысит 55 км/ч, рост скорости сообщения V_c начинает замедляться, и при V_{max} , равном 120 км/ч, V_c будет равна только 79,5 км/ч. Дальнейшее ухудшение условий движения ускоряет данный процесс. На границе между частично связанными В и связанными С условиями скорость сообщения V_c , несмотря на «героические усилия» водителя, снижается до 63 км/ч. При дальнейшем ухудшении уровня удобства движения увеличение V_{max} выше определенной скорости не вызывает даже самого незначительного увеличения скорости сообщения V_c . Для уровня удобства D такое значение V_{max} равно 90 км/ч, для E — 80 км/ч, для F — 70 км/ч. В то же время, если не превышать некоторой оптимальной скорости V_B, V_C, V_D, V_E, V_F , то скорость сообщения, как можно видеть из графика, снизится совсем немного. Очевидно, что при управлении грузовым автомобилем и автобусом рассмотренное явление проявится еще сильнее.

Далее определим влияние реализации модели поведения гонщика на расход топлива. Для решения этого вопроса служит второй график, на котором представлены зависимости путевого расхода топлива q_s от V_{max} . Самый низкий расход топлива — q_{s0} в свободных условиях, когда автомобиль может двигаться с постоянной скоростью. Чем ниже уровень удобства движения, тем быстрее увеличивается расход топлива. Таким образом, реализация модели поведения гонщика не приводит к повышению скорости сообщения V_c , но увеличивает расход топлива, т. е. уменьшает в соответствии с уравнением (7.1) эффективность преобразования топлива в скорость.

Попытка ехать в плотном транспортном потоке со скоростью, превышающей скорость потока, означает, что, чем больше разница между максимальной скоростью автомобиля и скоростью транспортного потока, тем интенсивнее необходимо разгоняться и тормозить и тем больше «шум ускорения». Возвращаясь к графику на

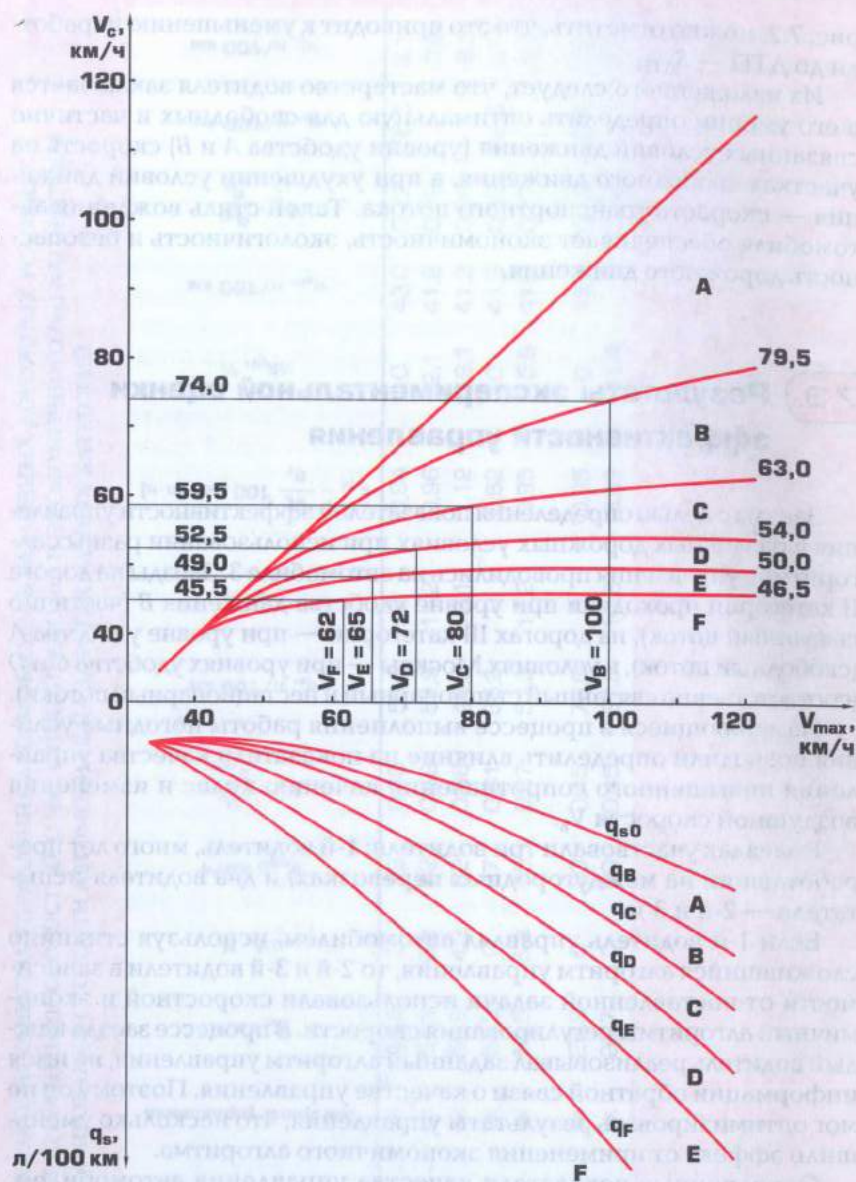


Рис. 7.4. Зависимость скорости сообщения V_c и путевого расхода топлива q_s от максимальной скорости на участках свободного движения V_{max} для разных уровней удобства движения:

A, B, C, D, E, F — уровни удобства движения; V_B, V_C, V_D, V_E, V_F — оптимальные значения V_{max} для соответствующих уровней удобства движения; q_{s0} — самый низкий расход топлива в свободных условиях; $q_A, q_B, q_C, q_D, q_E, q_F$ — путевые расходы топлива по мере ухудшения уровня удобства движения от A до F

рис. 7.2, можно отметить, что это приводит к уменьшению наработки до ДТП — $S_{\text{ДТП}}$.

Из изложенного следует, что мастерство водителя заключается в его умении определить оптимальную для свободных и частично связанных условий движения (уровни удобства A и B) скорость на участках свободного движения, а при ухудшении условий движения — скорость транспортного потока. Такой стиль вождения автомобиля обеспечивает экономичность, экологичность и безопасность дорожного движения.

7.3. Результаты экспериментальной оценки эффективности управления

Заезды с целью определения показателей эффективности управления в различных дорожных условиях при использовании разных алгоритмов управления проводились на автомобиле 3. Заезды на дороге II категории проходили при уровне удобства движения B (частично связанный поток), на дорогах III категории — при уровне удобства A (свободный поток), в условиях Москвы — при уровнях удобства C и D (соответственно связанный стационарный и нестационарный потоки).

Изменяющиеся в процессе выполнения работы погодные условия позволили определить влияние на показатели качества управления повышенного сопротивления качению колес и изменения воздушной скорости V_B .

В заездах участвовали три водителя: 1-й водитель, много лет проработавший на междугородных перевозках, и два водителя-испытателя — 2-й и 3-й.

Если 1-й водитель управлял автомобилем, используя стихийно сложившийся алгоритм управления, то 2-й и 3-й водители в зависимости от поставленной задачи использовали скоростной и экономичный алгоритмы регулирования скорости. В процессе заезда каждый водитель реализовывал заданный алгоритм управления, не имея информации обратной связи о качестве управления. Поэтому он не мог оптимизировать результаты управления, что несколько уменьшило эффект от применения экономичного алгоритма.

Осредненные показатели качества управления автомобилем, приведенные в табл. 7.3, показывают, что применение скоростного алгоритма управления всего на 5 % повысило скорость сообщения V_C в свободных условиях движения A . В случае применения экономичного алгоритма управления максимальная скорость V_{max} уменьшается значительно больше, чем снижается скорость сообщения, что вызывает увеличение коэффициента равномерности движения K_V .

ТАБЛИЦА 7.3. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ В РАЗЛИЧНЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СКОРОСТНОГО (СК), СТИХИЙНОГО (СТ) И ЭКОНОМИЧНОГО (ЭК) АЛГОРИТМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ АВТОМОБИЛЯ НА ДОРОГАХ РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ

Дорожные условия	Уровень удобства движения	Алгоритм управления	V_C , км/ч	ΔV_C , %	V_{max} , км/ч	$K_V = \frac{V_{\text{max}}}{V_C}$	q_B , л/100 км	Δq_B , %	$K_{qv} = \frac{q_B}{V} = \frac{1}{100} \frac{\text{л}}{\text{км}^2 \cdot (\text{л} \cdot \text{ч})}$	ΔK_{qv} , %	$q_{\text{до}}$, л/100 км	$K_q = \frac{q_B}{q_{\text{до}}}$	q_B , л/100 км	Δq_B , л/100 км
Дорога II категории	B	СК	56,3	0	93	0,60	59,6	0	0,94	0	43,0	0,72	56,5	3,1
		СТ	51,1	-9,2	82	0,62	52,9	11,2	0,96	-2,1	41,2	0,79		-3,6
		ЭК	53,9	-4,3	82	0,66	48,2	19,1	1,12	-19,1	41,3	0,86	59,5	-8,3
Дорога III категории	A	СК	53,3	0	87	0,61	65,2	0	0,82	0	41,3	0,63		5,7
		ЭК	50,5	-5,3	75	0,67	53,3	18,2	0,95	-15,8	41,0	0,77		-6,3
г. Москва	B, C	СК	26,9	0	60	0,45	76,0	0	0,35	0	33,0	0,43	65,5	10,5
		ЭК	26,7	0	60	0,45	67,8	10,8	0,39	-11,4		0,49		2,7

Таким образом, чем ниже скоростные и тормозные свойства автомобиля, тем быстрее перестает расти скорость сообщения V_c при увеличении максимальной скорости V_{max} на участках свободного движения.

Приведенные в табл. 7.3 данные показывают, что применение экономичного алгоритма управления при незначительном уменьшении скорости сообщения V_c заметно уменьшает путь расход топлива q_s .

Поскольку приходится сравнивать результаты заездов с разными значениями V_c и q_s , наиболее информативным показателем оказался коэффициент преобразования топлива в скорость k_{qv} , который позволяет одновременно учесть влияние обоих показателей.

Сравнение по показателю k_{qv} использованных алгоритмов управления показало высокую эффективность экономичного алгоритма. При этом следует отметить, что ухудшение условий движения (переход от дороги II категории, к дороге III категории и далее к движению по городу) уменьшает выигрыш от экономичного вождения (Δk_{qv}).

Норма расхода топлива на 100 км пути q_n была вычислена с учетом того, что на дороге II категории суммарный поправочный коэффициент Σk_z равен 0,95, на дороге III категории — 1 и в Москве — 1,1. Как следует из данных в табл. 7.3, применение скоростного алгоритма не позволяет уложиться в норму при движении по шоссе. В городских условиях даже применение экономичного алгоритма не спасает от перерасхода топлива.

Снижение расхода топлива является следствием повышения эффективности управления автомобилем, что отражается на величине коэффициента эффективности управления k_y .

Применение экономичного алгоритма управления проявляется в продолжительности движения на низших передачах $t_{нз}$ и накатом $t_{нк}$. В табл. 7.4 показано, что по сравнению со скоростным управлением при

ТАБЛИЦА 7.4. ВЛИЯНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ НА СУММАРНУЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА НИЗШИХ ПЕРЕДАЧАХ $t_{нз}$, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НАКАТОМ $t_{нк}$ И СРЕДНИЙ ПРОБЕГ МЕЖДУ ТОРМОЖЕНИЯМИ $S_{тр}$ НА ДОРОГАХ РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ

Дорожные условия	Алгоритм управления*	$t_{нз}$, %	$t_{нк}$, %	$S_{тр}$, км
Дорога II категории	ск	37,0	0	3,00
	эк	13,0	8,0	3,33
Дорога III категории	ск	64,0	0	1,11
	эк	21,5	6,5	2,22

* См. в названии к табл. 7.3.

ТАБЛИЦА 7.5. ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ f НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ДОРОГЕ III КАТЕГОРИИ

Состояние покрытия	f	Алгоритм управления*	V_c , км/ч	V_{max} , км/ч	q_n , л/100 км	Δq , %	k_{qv} , 100 км ² /л·ч	$t_{нз}$, %	$t_{нк}$, %	$S_{тр}$, км
Сухое, мокрое	0,015... 0,02	эк	50,5	77	53,3	0	0,95	28	6,5	2,28
Снежный накат	0,1...0,3	эк	45,4	70	61,2	14,8	0,74	47	—	1,33
		ст	34,2	65	61,6	15,2	0,56	30	—	2,13

* См. в названии к табл. 7.3.

экономичном вождении время движения на низших передачах $t_{нз}$ примерно в три раза меньше и к тому же используется движение накатом.

Другим характерным показателем является средний пробег между торможениями — $S_{тр}$. Из табл. 7.4 видно, что при экономичном вождении $S_{тр}$ увеличивается. Следует также отметить уменьшение пробега между торможениями $S_{тр}$ при ухудшении дорожных условий, так как дорога III категории изобилует крутыми поворотами, подъемами и спусками, участками ограниченной видимости.

В табл. 7.5 приведены данные о влиянии коэффициента сопротивления качению f на качество управления. Видно, что увеличение f повышает расход топлива, снижает среднюю и максимальную скорости, уменьшает пробег между торможениями.

Поскольку автопоезд с тентованным полуприцепом имеет большую лобовую площадь, встречный и попутный ветер оказывают очень большое влияние на скорость и расход топлива.

В табл. 7.6 приведены показатели качества управления для различных значений средней V_v и максимальной V_{vmax} воздушной скорости при встречном и попутном ветре, дующем со скоростью 5... 10 м/с (18... 36 км/ч). Как видно из приведенных в табл. 7.6 данных, разница в расходе топлива Δq_{sv} равна почти 30 %, а изменение коэффициента преобразования Δk_{qv} достигает 35 %.

ТАБЛИЦА 7.6. ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СИЛЬНОГО ВЕТРА НА СКОРОСТЬ АВТОМОБИЛЯ И РАСХОД ТОПЛИВА ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ДОРОГЕ II КАТЕГОРИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКОНОМИЧНОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ

Направление ветра	V_c	V_v	V_{max}	q_n	Δq_{sv} , %	k_{qv}	Δk_{qv} , %
		км/ч		л/100 км		100 км ² /л·ч	
Встречный	52,5	70...85	75	90...110	56,1	0	0,94
Попутный	60,7	25...45	85	40...60	41,8	29,7	1,45
							35

Таблица 7.7. ВЛИЯНИЕ МАСТЕРСТВА ВОДИТЕЛЯ НА КАЧЕСТВО РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧНОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ

Дорожные условия	Водитель	V_c , км/ч	V_{max} , км/ч	k_v	$q_{в}$, л/100 км	$\Delta q_{в}$, %	k_{qv} , 100 км ² / (л·ч)	Δk_{qv} , %	$t_{нз}$, %	$t_{тнз}$, %	$S_{тр}$, км
Дорога II категории	1-й	51,2	76,0	0,67	47,7	-4,2	1,07	0	15,4	4,9	2,7
	2-й	55,1	82,0	0,67	49,8	0	1,11	3,7	8,5	9,7	3,3
	3-й	56,6	87,0	0,65	48,6	-2,4	1,16	8,4	7,2	25,7	4,2
Дорога III категории	1-й	47,9	72,5	0,66	54,2	0	0,88	0	21,6	4,3	2,0
	2-й	50,5	77,5	0,65	52,6	-3,3	0,96	9,1	19,6	8,1	2,1
	3-й	53,3	82,0	0,65	54,3	-0,2	0,98	11,4	20,0	22,9	1,4

Умение реализовать экономичный алгоритм управления характеризует мастерство водителя. Поэтому интересно установить, за счет каких действий достигается большая эффективность управления при реализации экономичного алгоритма управления. В табл. 7.7 приведены сравнительные данные по управлению тремя водителями. Водитель 1-й использовал стихийный алгоритм, а 2-й и 3-й водители — экономичный алгоритм. Как можно видеть из табл. 7.7, повышение экономичности происходит при уменьшении времени движения на низших передачах $t_{нз}$, увеличении времени движения накатом $t_{нк}$ и пробега между торможениями $S_{тр}$.

7.4. Оптимизация процесса управления автомобилем

Чтобы иметь возможность оптимизировать процесс управления автомобилем, необходимо наличие на автомобиле маршрутного компьютера, который в процессе движения выдает по желанию водителя данные о значениях показателей качества управления.

Другим условием является определение задачи управления, которая может быть сформулирована одним из следующих способов:

- выдерживать заданный расход топлива и максимизировать скорость сообщения;
- выдерживать заданную скорость сообщения (равную скорости транспортного потока) и минимизировать расход топлива.

Оптимизация управления автомобилем заключается в постановке задачи управления, реализации определенного алгоритма, оценке информации обратной связи о достижении поставленной зада-

чи и соответственном регулировании параметров движения для достижения поставленной задачи.

Задавать расход топлива и максимизировать скорость сообщения целесообразно, когда удобство движения соответствует уровням А и В — свободный и частично связанный транспортный поток соответственно. При более низких уровнях удобства движения скорость сообщения определяется скоростью потока. Поэтому следует минимизировать расход топлива.

После начала движения компьютер начинает выдавать результаты измерений после прохождения первого километра пути. Однако оценивать качество управления необходимо после завершения ездового цикла, равного 5 км. Также не ранее чем через 5 км следует определять результаты внесения изменений в алгоритм управления. Это связано со следующим. Ездовой цикл включает три фазы движения: разгон, установившееся движение, замедление. Их продолжительность изменяется случайным образом. На отрезке длиной 5 км происходит осреднение продолжительности движения в отдельных фазах и, если сравнивать циклы каждые 5 км или на больших отрезках, то они оказываются подобными один другому. При сравнении на отрезке менее 5 км циклы начинают различаться и результаты измерений качества управления становятся несопоставимыми между собой.

Чтобы увеличить скорость сообщения V_c , необходимо повышать максимальную скорость на участках свободного движения. При уровнях удобства А и В показателем правильного выбора максимальной скорости V_{max} является величина коэффициента равномерности движения $k_v = V_c / V_{max}$.

Оптимальной максимальной скорости соответствует величина k_v от 0,7 до 0,75. Анализируя с учетом этого результаты экспериментальной оценки экономичного алгоритма управления (см. табл. 7.3 и 7.7), необходимо отметить, что максимальные скорости были выше оптимальных, так как k_v изменяется от 0,65 до 0,67. Это связано с тем, что в процессе заезда водитель не получал информации о величине коэффициента равномерности движения.

Для снижения расхода топлива необходимо уменьшать время движения на низших передачах, увеличивать время движения накатом и уменьшать число торможений — двигаться как можно равномернее, как можно точнее выполнять экономичный алгоритм управления в фазе разгона и установившего движения.

Замедление оказывает большое влияние на расход топлива. Поскольку при использовании экономичного алгоритма ускорение разгона оптимизируется, величина «шума ускорения» является индикатором оптимальности режима замедления. Если σ_i не превышает 0,65 м/с², замедление оптимальное. Увеличение σ_i до 0,8...1,0 м/с² означает, что имеются резервы снижения расхода топлива. Когда «шум ускорения» превышает 1 м/с², необходимо срочно вносить коррек-

цию в свои действия при торможении автомобиля, чтобы снизить уровень замедления. В этом случае вместе с увеличением расхода топлива снижается надежность управления автомобилем.

Таким образом, оптимизация управления автомобилем заключается в анализе показаний маршрутного компьютера. Если они не соответствуют поставленной задаче, необходимо внести изменения в свой алгоритм действий и снова сравнить полученный результат с заданием и т. д.

При снижении уровня удобства управления до уровня С и ниже, а также в условиях города актуальной становится задача определения соответствия скорости автомобиля скорости транспортного потока. Как и в случае, рассмотренном выше, помощь в решении задачи может оказать коэффициент равномерности движения k_v . При движении по шоссе рекомендуется, чтобы его величина оставалась в тех же пределах (от 0,7 до 0,75), а для города он должен быть от 0,4 до 0,5.

Другим источником информации является экспертная оценка того, как часто обгоняете вы и как часто обгоняют вас. С приобретением опыта точность этой оценки заметно повышается.

Постоянный контроль за расходом топлива позволяет диагностировать состояние автомобиля. Если расход топлива в течение определенного времени начинает расти, несмотря на все усилия по его снижению, то это сигнал необходимости проверки технического состояния автомобиля.

При движении в условиях сильного встречного или попутного ветра, заснеженного полотна дороги компьютер позволяет своевременно внести изменения в режим движения автомобиля с целью частичной компенсации неблагоприятных или использования благоприятных условий движения.

Контрольные вопросы

1. Перечислите показатели качества управления автомобилем.
2. Какой физический смысл коэффициента преобразования топлива в скорость k_{qv} ?
3. Какие значения коэффициента равномерности движения k_v являются оптимальными при движении по шоссе и в городе?
4. Как учитывается при нормировании расхода топлива грузовых автомобилей и автопоездов влияние массы перевозимого груза?
5. Почему увеличивается норма расхода топлива при движении в городах с населением более 1 млн человек?
6. В чем различие нормирования расхода топлива на автобусах, грузовых автомобилях и автопоездах?
7. Чем различаются модели поведения перевозчика и гонщика?
8. Как влияет на скорость сообщения и расход топлива максимальная скорость на участках свободного движения при разных уровнях удобства движения?

Особенности управления транспортным средством категории «D»

Транспортным средством категории «D» является автобус, управление которым связано с определенными особенностями, вытекающими из его назначения. Из них в первую очередь необходимо отметить высокие требования к надежности перевозки пассажиров, которая должна быть выше по сравнению с надежностью перевозки любых грузов.

Кроме того, автобус должен перемещаться по расписанию. Водитель автобуса не задает себе скоростной режим, этот режим задан расписанием движения. При высоких уровнях удобства движения (А и В) наличие расписания способствует повышению надежности управления, так как расписанием движения задается максимальная скорость на свободных участках.

При снижении уровня удобства движения до D и E выполнение расписания движения становится затруднительным и даже невозможным. В этих условиях водитель, если позволяет ситуация, идет на превышение установленной максимальной скорости. В результате надежность управления снижается.

Чтобы обеспечить пассажирам комфортные условия, «шум ускорения» не должен превышать $0,6 \dots 0,8 \text{ м/с}^2$. Во Франции при приеме на работу для проверки умения водителя автобуса применяется очень простое измерительное устройство. На горизонтально расположенную площадку устанавливают цилиндр, диаметр и высота которого подобраны таким образом, чтобы при превышении допустимого уровня ускорения цилиндр падал. Если при выполнении заданных маневров, связанных с разгоном, поворотом и торможением, цилиндр упадет, это означает, что водитель не прошел проверки.

Не менее важно создавать в салоне автобуса тепловой комфорт для пассажиров. В теплое время необходимо усиливать вентиляцию салона, стараясь не допускать при этом создания сквозняков. Для

этого открывают люки на крыше автобуса и боковые стекла. В холодное время задача обратная — необходимо плотно закрыть все люки и окна и использовать штатные средства отопления и вентиляции, регулируя подогрев воздуха таким образом, чтобы в салоне была комфортная температура.

При подъезде к остановке необходимо остановить автобус близко к бордюру (если он имеется), чтобы пассажиры могли на него выходить из автобуса и с него входить в автобус. Это повышает удобство выхода и входа, так как уменьшает высоту ступеньки.

Прежде чем начинать движение, водитель должен убедиться в том, что двери закрыты. Об этом информируют световые индикаторы на панели приборов, которые загораются при открывании дверей и гаснут при их закрывании. Одновременно необходимо наблюдать за ситуацией возле дверей через правое зеркало (или правые зеркала) заднего вида во избежание наезда на пассажиров, по каким-либо причинам не севших в автобус.

В зимний период при наличии снежного наката в районе остановок часто возникает зона повышенной скользкости. Из-за «полировки» снежного наката возможен занос автобуса, что создает опасность наезда его правым боком на стоящих на остановке пассажиров. Поэтому при подъезде к остановке в такой ситуации необходимо применять циклический способ торможения. Это уменьшит воздействие торможения на повышение скользкости покрытия и предотвратит занос автобуса. Городские автобусы работают с частыми остановками — до двух на один километр. Поэтому при многорядном движении не следует занимать ряды дальше второго, чтобы уменьшить влияние частых перестроений на надежность управления автобусом.

Для создания условий, исключающих необходимость интенсивных торможений, необходимо держать увеличенную дистанцию в транспортном потоке.

В заключение следует еще раз напомнить о том, что пассажиры доверяют водителю автобуса свою жизнь. Задача водителя — оправдать это доверие.

Контрольные вопросы

1. Как расписание движения автобуса влияет на надежность управления?
2. Какой уровень «шума ускорения» является допустимым при управлении автобусом?
3. Какими средствами должен создавать водитель автобуса комфортные условия в салоне?
4. Как необходимо останавливать автобус на остановке?
5. Какие технические средства позволяют водителю контролировать закрытие дверей?
6. Что происходит с поверхностью заснеженной дороги в районе остановки автобуса при блокировке колес?

Глава 9

Особенности управления транспортным средством категории «Е»

Транспортным средством категории «Е» является автопоезд, который отличается от бортового автомобиля эксплуатационными свойствами, усложняющими управление. Автопоезд длиннее одиночного автомобиля в 1,5—2 раза. Тягач и полуприцеп соединены одним шарниром, а в соединении с прицепом имеются два шарнира (рис. 9.1). Вследствие наличия шарнирных соединений поперечные перемещения автомобиля при движении вызывают соответствующие поперечные колебания полуприцепа и особенно прицепа. Существует критическая скорость, при достижении которой возникают автоколебания (незатухающие колебания с постоянной амплитудой) прицепа. Если критическая скорость меньше максимальной скорости автопоезда, возможно возникновение автоколебаний прицепа при рабочих скоростях движения. Возникновение затухающих колебаний прицепа, но с большой начальной амплитудой может произойти при резком изменении траектории тягача, например, при объезде препятствия.

При движении по кривым малых радиусов радиус траектории движения полуприцепа и прицепа заметно меньше, чем у тягача

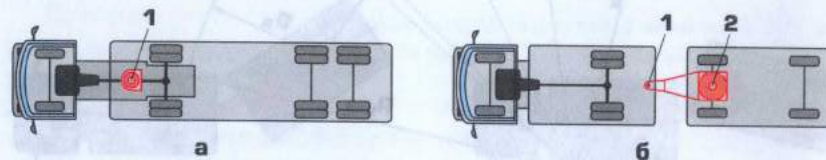


Рис. 9.1. Схема соединения тягача с прицепным составом:

а — соединение с полуприцепом; б — соединение с прицепом; 1 — шарнирное соединение тягача с прицепным составом; 2 — шарнирное соединение тележки с прицепом

(рис. 9.2). Поэтому траектория движения тягача на повороте отличается от траектории движения одиночного автомобиля — интервал между кромкой твердого покрытия и внутренним колесом дороги должен быть больше.

Обобщая, отметим, что динамическая ширина автопоезда больше, чем у одиночного автомобиля, что необходимо учитывать. В процессе движения необходимо с помощью зеркал заднего вида регулярно контролировать величину колебаний прицепа и при необходимости снижать скорость.

Увеличение полной массы автопоезда в сравнении с одиночным автомобилем снижает его скоростные свойства. При обгоне скорость автопоезда увеличивается медленнее, чем у одиночного автомобиля, а возврат на свою полосу движения возможен только после того, как не тягач, а прицеп уйдет от обгоняемого автомобиля на требуемую дистанцию. Поэтому путь обгона значительно удлинится. С учетом увеличения динамической ширины автопоезда надежность управления при обгоне снижается.

Увеличение полной массы автопоезда уменьшает максимальное замедление при торможении, а увеличение длины — повышает время срабатывания тормозов. Поэтому динамический габарит в направлении движения увеличивается, и при движении в транспортном потоке необходимо увеличивать дистанцию, а в условиях ограниченной видимости — больше снижать скорость.

Наличие шарнирных связей между тягачом и прицепом или полуприцепом (далее прицеп) ухудшает курсовую и траекторную устойчивость автопоезда при торможении, так как колеса тягача и прицепа могут скользить в поперечном направлении независимо

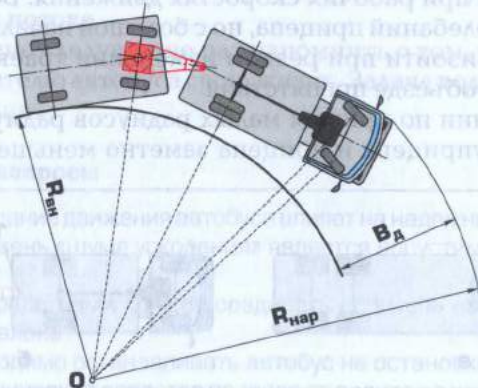


Рис. 9.2. Увеличение на повороте динамической ширины B_d автопоезда в сравнении с одиночным автомобилем:

$R_{вн}$ — внутренний радиус поворота; $R_{нар}$ — наружный радиус поворота

одно от другого. При этом возникает «складывание» автопоезда (рис. 9.3) (этот термин возник потому, что автопоезд складывается наподобие перочинного ножа). На рис. 9.3, а показано складывание автопоезда в результате заноса задней оси тягача, на рис. 9.3, б — заноса прицепа, а на рис. 9.3, в — снос прицепа в результате накачивания прицепа на тягач. При этом происходит снос передних колес прицепа.

В зависимости от типа складывания автопоезда изменяется алгоритм действий водителя, после того как он отпустит педаль тормоза.

При заносе тягача (см. рис. 9.3, а) необходимо, как и при заносе автомобиля, нажать на педаль сцепления и поворачивать рулевое колесо в сторону заноса. При этом полезно притормозить колеса прицепа. Однако выполнение последней рекомендации маловероятно, так как подтормаживание прицепа производится рычагом (см. рис. 3.3), для чего необходимо оторвать одну руку от руля и вращать его только другой рукой.

При заносе полуприцепа, заносе и сносе прицепа (см. рис. 9.3, б и в) необходимо, поворачивая рулевое колесо в сторону заноса, нажать на педаль скорости.

Один из сложных моментов при заносе прицепа и сносе прицепа заключается в том, что водитель не ощущает их, он может только увидеть отклонение прицепа в зеркала заднего вида. Поэтому очень важно умение предвидеть возможность такого поведения прицепа и проверять свой прогноз, поглядывая в зеркала заднего вида.

При прекращении торможения на какое-то время и, тем более, при нажатии на педаль скорости остановочный путь увеличивает-

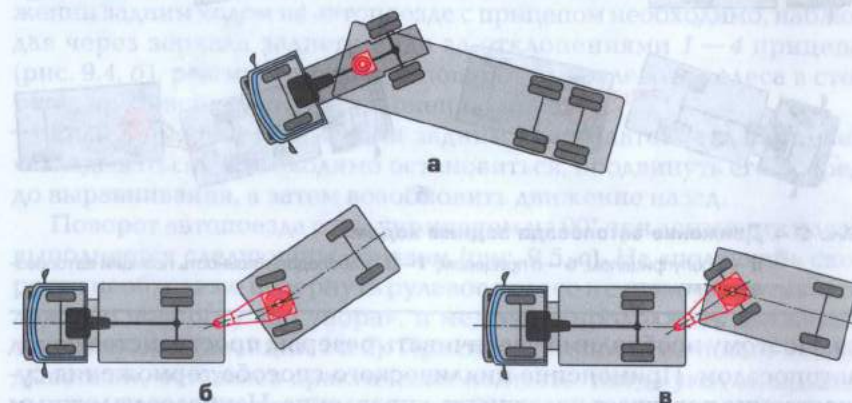


Рис. 9.3. «Складывание» автопоезда:

а — занос тягача; б — занос прицепа; в — снос прицепа

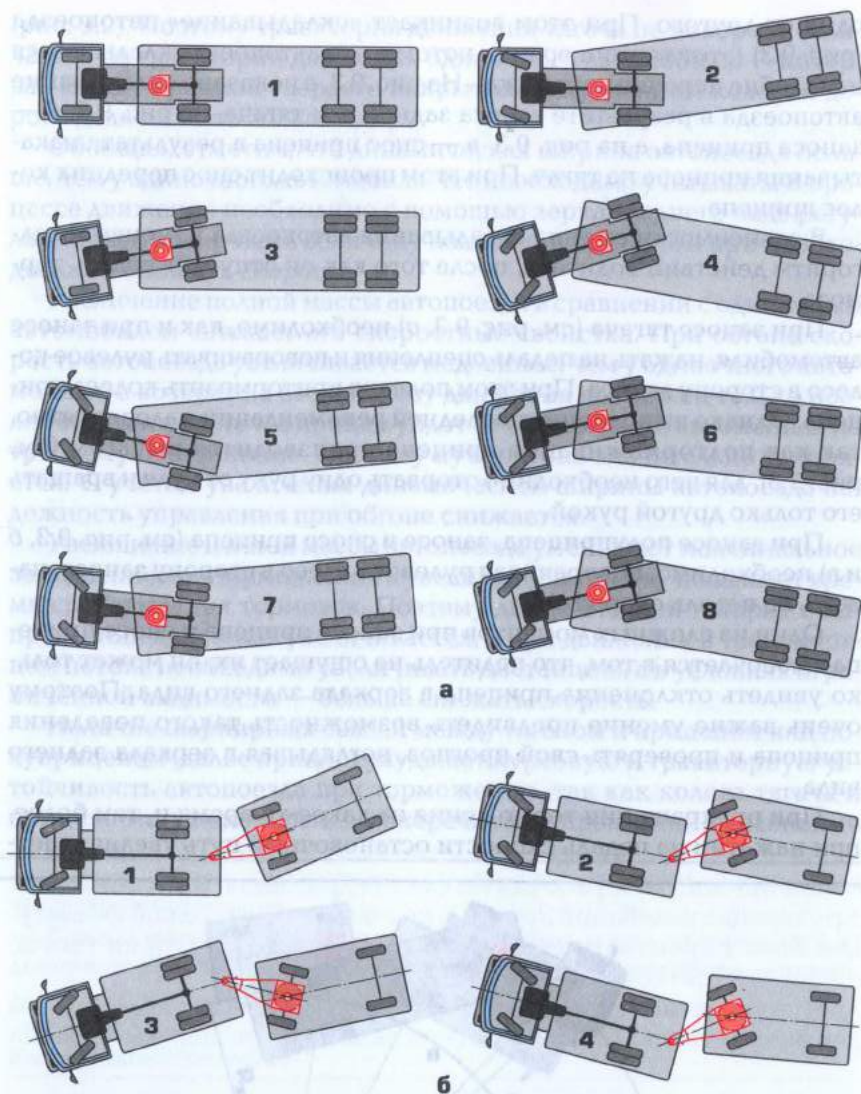


Рис. 9.4. Движение автопоезда задним ходом:

а — с полуприцепом; б — с прицепом; 1—8 — последовательность позиций автопоезда при маневре

ся. Поэтому необходимо увеличивать резервы пространства перед автопоездом. Применение циклического способа торможения существенно повышает надежность управления. Наиболее надежным является торможение автопоезда, оборудованного антиблокировочной системой.

При возникновении заноса тягача или прицепа на повороте алгоритм действий водителя сохраняется таким же, как и при торможении.

Наибольшую сложность представляет движение автопоезда задним ходом по причине наличия шарнирных соединений. В отличие от одиночного автомобиля, при отклонении полуприцепа или одноосного прицепа от заданной траектории рулевое колесо необходимо поворачивать в сторону отклонения полуприцепа (рис. 9.4, а). Полуприцеп быстро реагирует на поворот рулевого колеса, но не выходит на прямолинейную траекторию, а начинает отклоняться от нее в другую сторону. Поэтому прямолинейное движение автопоезда с полуприцепом или с одноосным прицепом задним ходом должно происходить следующим образом. Начиная движение при прямолинейном положении автопоезда (позиция 1), необходимо быстро переводить взгляд с одного зеркала заднего вида на другое. Как только станет заметным отклонение полуприцепа в одну сторону (позиция 2), необходимо тут же повернуть рулевое колесо на небольшой угол в эту сторону. Как только полуприцеп покажется в противоположном зеркале (положение 3), необходимо примерно на такой же угол повернуть рулевое колесо в сторону этого отклонения полуприцепа и т. д. Из изложенного следует, что при движении задним ходом водитель автопоезда должен практически непрерывно поворачивать на небольшие углы рулевое колесо, отслеживая отклонения полуприцепа (позиции 4—8).

Особенность движения задним ходом автопоезда с двухосным прицепом в соединении его с тягачом связана с появлением еще одного шарнира. Это приводит к тому, что рулевое колесо на таком автопоезде нужно, как на одиночном автомобиле, поворачивать в сторону, противоположную отклонению прицепа. Поэтому при движении задним ходом на автопоезде с прицепом необходимо, наблюдая через зеркала заднего вида за отклонениями 1—4 прицепа (рис. 9.4, б), реагировать на это поворотами рулевого колеса в сторону, противоположную отклонению прицепа.

Если в процессе движения задним ходом автопоезд начинает «складываться», необходимо остановиться, продвинуть его вперед до выравнивания, а затем возобновить движение назад.

Поворот автопоезда с полуприцепом на 90° при движении назад выполняется следующим образом (рис. 9.5, а). На «ползучей» скорости необходимо повернуть рулевое колесо в сторону, противоположную повороту «до упора», и медленно продолжать движение задним ходом (позиции 1 и 2). При этом автопоезд начинает «складываться», оставаясь практически на месте. Когда угол складывания станет равным приблизительно 90° , необходимо вернуть рулевое колесо в нейтральное положение и продолжить его поворот в противоположную сторону до упора (позиция 3). По мере «раскры-

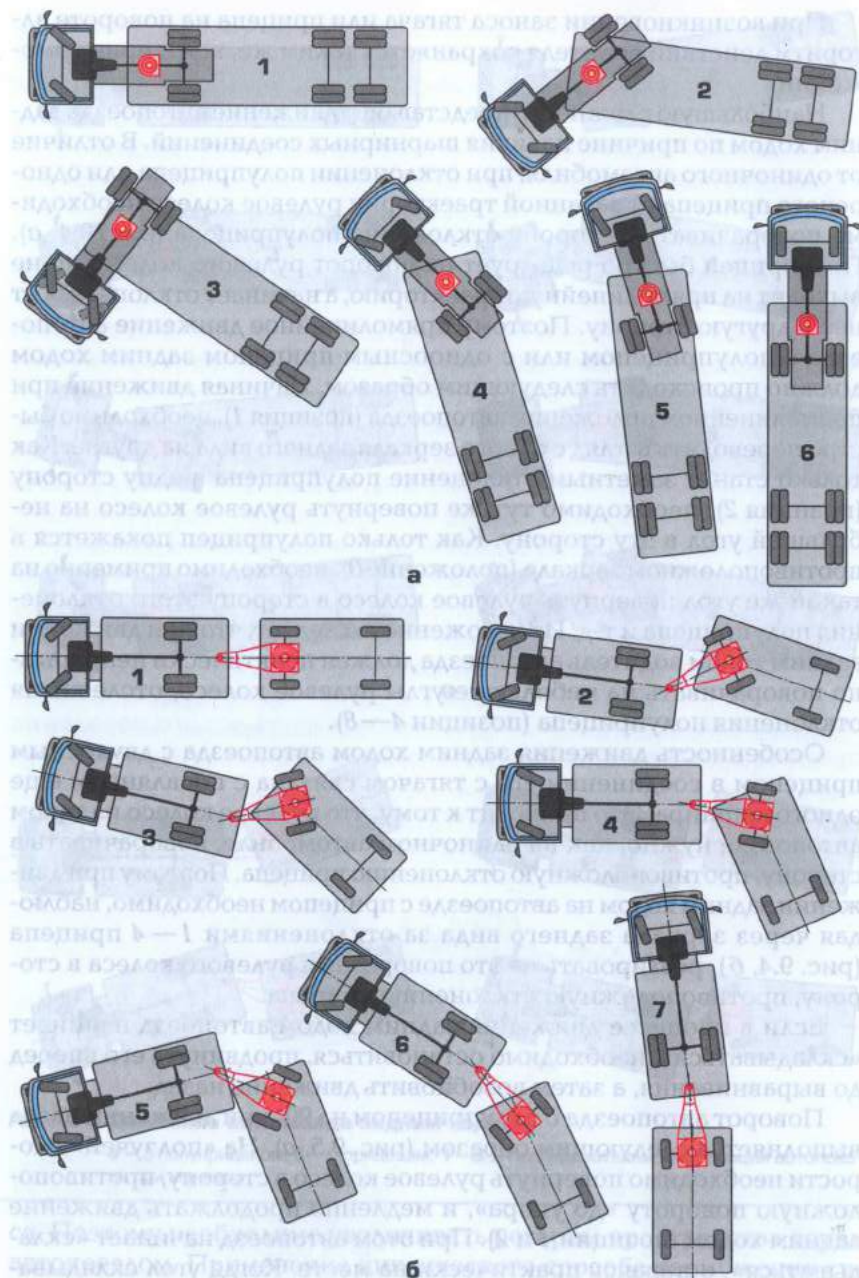


Рис. 9.5. Поворот автопоезда задним ходом на 90°:

а — с полуприцепом; б — с прицепом; 1–7 — последовательность позиций автопоезда при маневре

тия» автопоезда необходимо возвращать рулевое колесо к нейтральному положению (позиции 4 и 5). В момент выравнивания автопоезда рулевое колесо должно стоять прямо. Это позволит начать движение в новом направлении (позиция 6).

Для поворота на 90° при движении задним ходом автопоезда с прицепом (рис. 9.5, б) необходимо при движении с «ползучей» скоростью (позиция 1) повернуть рулевое колесо в сторону поворота до упора и продолжить медленно двигаться назад (позиция 2). При этом прицеп поворачивается, а автопоезд «складывается». В позиции 3, когда прицеп повернется примерно на 45°, необходимо быстро повернуть рулевое колесо до упора в противоположную сторону (позиция 4). В положении 5 необходимо вновь повернуть рулевое колесо в сторону поворота (позиция 6). При дальнейшем движении назад по мере «раскрытия» автопоезда необходимо возвращать рулевое колесо в нейтральное положение (позиции 6 и 7).

Контрольные вопросы

1. Какие особенности автопоезда отличают его от одиночного автомобиля?
2. Что такое «автоколебания прицепа»?
3. Какой маневр тягача может вызвать колебания прицепа?
4. В чем отличие траектории движения тягача автопоезда от траектории одиночного автомобиля на крутом повороте?
5. Что называется «складыванием» автопоезда?
6. Какой алгоритм действий водителя при «складывании» автопоезда в результате заноса тягача?
7. Какой алгоритм действий водителя при «складывании» автопоезда в результате заноса полуприцепа или прицепа?
8. В какую сторону необходимо поворачивать рулевое колесо при отклонении полуприцепа во время движения задним ходом?
9. В какую сторону необходимо поворачивать рулевое колесо при отклонении прицепа во время движения задним ходом?
10. Какова последовательность действий водителя при повороте полуприцепа на 90° во время движения задним ходом?
11. Какова последовательность действий водителя при повороте прицепа на 90° во время движения задним ходом?

Глава 10

«Век води — век учись»**10.1. Повышение мастерства при вождении автомобиля по дорогам общего пользования**

Вы познакомились с курсом теории управления автомобилем и в ближайшее время сможете получить удостоверение на право управления транспортным средством соответствующей категории или категорий. Помните, что вы получите только право на продолжение самостоятельного обучения водительскому мастерству.

Время, которое потребуется на приобретение мастерства, в значительной мере зависит от вашей способности применять теорию для подтверждения правильных и анализа ошибочных действий. Данный учебник поможет вам в этом. Мастер вождения должен уметь предвидеть изменение дорожно-транспортных ситуаций и реакцию автомобиля на управляющие действия. Без понимания основ теории управления автомобилем это невозможно.

Чтобы каждая поездка максимально способствовала росту мастерства, необходимо определить ее цель. При движении по дорогам общего пользования возможны только две цели: учебная и перемещение из одного пункта в другой. Водитель, который ставит перед собой цель гонщика, находясь на дороге общего пользования, относится к числу водителей самого низкого уровня водительского мастерства. Потому что мастерство водителя начинается с умения правильно выбрать цель своей поездки.

Выбрав цель, необходимо с учетом условий движения сформулировать задачу управления. Если предстоит поездка по шоссе в свободных или частично связанных условиях движения, можно поставить задачу ехать с заданным расходом топлива, стараясь максимально повысить среднюю скорость. При поездке по шоссе в связанном и, тем более, насыщенном транспортном потоке скорость сообщения определяется скоростью транспортного потока, и задача водителя, перемещаясь с этой скоростью, стараться максимально снизить расход топлива. Аналогично задачу управления следует

ставить и при движении по городу. Даже в свободных условиях скорость сообщения в городе определяется режимом работы светофоров. Повысить ее можно, только проезжая на красный сигнал, чего делать нельзя.

При постановке задачи надо определить для себя максимальную скорость на участках свободного движения. Если поставлена задача поддерживать определенную среднюю скорость, то максимальную скорость необходимо ограничивать, исходя из графика на рис. 7.4. Если стоит задача не превысить расход топлива, то максимальная скорость должна быть такой, чтобы расход топлива при установившемся движении не превышал заданной величины эксплуатационного расхода топлива.

Для управления должен использоваться экономичный алгоритм регулирования скорости автомобиля. Чтобы оптимизировать показатели качества управления автомобилем, необходима обратная связь с результатами управления, обеспечиваемая маршрутным компьютером (см. рис. 3.27), который выдает информацию о скорости сообщения, расходе топлива, «шуме ускорения», максимальной скорости, коэффициенте равномерности движения. Сравнивая данные, выданные компьютером, водитель может судить об успешности реализации выбранного плана действий.

Например, если задан расход топлива и результат превышает заданное значение, прежде всего необходимо обратить внимание на точность реализации экономичного алгоритма в режиме разгона, проверить соответствие алгоритму выбираемых при установившемся движении передач, выяснить, не превышает ли на участках свободного движения максимальная скорость. Если такие отклонения обнаружены, необходимо внести соответствующие коррективы и продолжать наблюдать за результатами.

При высоком уровне «шума ускорения» прежде всего необходимо обратить внимание на частоту и интенсивность торможений, а также на то, используется ли движение накатом. Частые и интенсивные торможения, как правило, связаны с тем, что не поддерживается безопасная дистанция, и скорость на участках свободного движения превышает среднюю скорость транспортного потока.

Если скорость сообщения задана, то задача ее достижения в условиях свободного и частично связанного потока несколько проще. Она сводится к выбору наименьшей скорости на участках свободного движения, при которой скорость сообщения соответствует заданному значению.

Наличие обратной связи, реализуемой с помощью компьютера, значительно ускоряет процесс совершенствования и закрепления необходимых навыков, потому что водитель постоянно работает на достижение заданного результата. При решении поставленной за-

дачи происходит закрепление правильных действий, при неудаче — выявляются ошибочные действия, которые удаляются из алгоритма управления в последующем.

Таблица 10.1. ШКАЛА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ НА ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ*

Показатель качества управления	«Отлично»	«Хорошо»		«Удовлетворительно»			«Неудовлетворительно»
	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Отношение скорости сообщения к эталонной**, не менее	0,98	0,98	0,96	0,93	0,9	0,86	Менее 0,86
Отношение расхода топлива к эталонному**, не более	1,02	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	Более 1,25
«Шум продольного ускорения», не более, м/с ²	0,65	0,8	0,9	0,95	1,0	1,05	Более 1,05
Значение оценочного показателя***, не менее	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0

* Итоговая оценка определяется по наихудшему из четырех измеренных показателей.

** Эталонное значение определяется как среднее по результатам не менее чем трех заездов, выполненных инструктором.

*** Шкала оценки надежности управления приведена в табл. 10.2.

Таблица 10.2. ШКАЛА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ В ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ СИТУАЦИЯХ, ВОЗНИКАЮЩИХ НА ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ПО БАЛЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Качественная характеристика надежности управления	Баллы	Оценка
Безопасно. Резервы управления больше безопасных значений. Инструктор не ощущает психической напряженности	5,0	«Отлично»
Неясно — отлично или хорошо	4,5	«Хорошо»
Безопасно. Резервы управления немного меньше безопасных значений. Желательно их увеличение. При уменьшении резервов инструктор ощущает небольшую психическую напряженность	4,0	
Неясно — хорошо или удовлетворительно	3,5	«Удовлетворительно»
Ненадежно. Резервы управления недостаточные, необходимо их увеличение. При уменьшении резервов инструктор ощущает психическую напряженность	3,0	
Неясно — удовлетворительно или плохо	2,5	
Опасно. Резервы управления минимальные или отсутствуют. Обязательно их увеличение. Инструктор ощущает высокую психическую напряженность	2,0	«Неудовлетворительно»

Наличие обратной связи позволяет также оценить реальность поставленной задачи. Например, если скорость сообщения, несмотря на все усилия, остается меньше заданной или расход топлива превышает установленное значение, то вполне возможно, что план действий выбран неправильно и необходимо внести в него изменения.

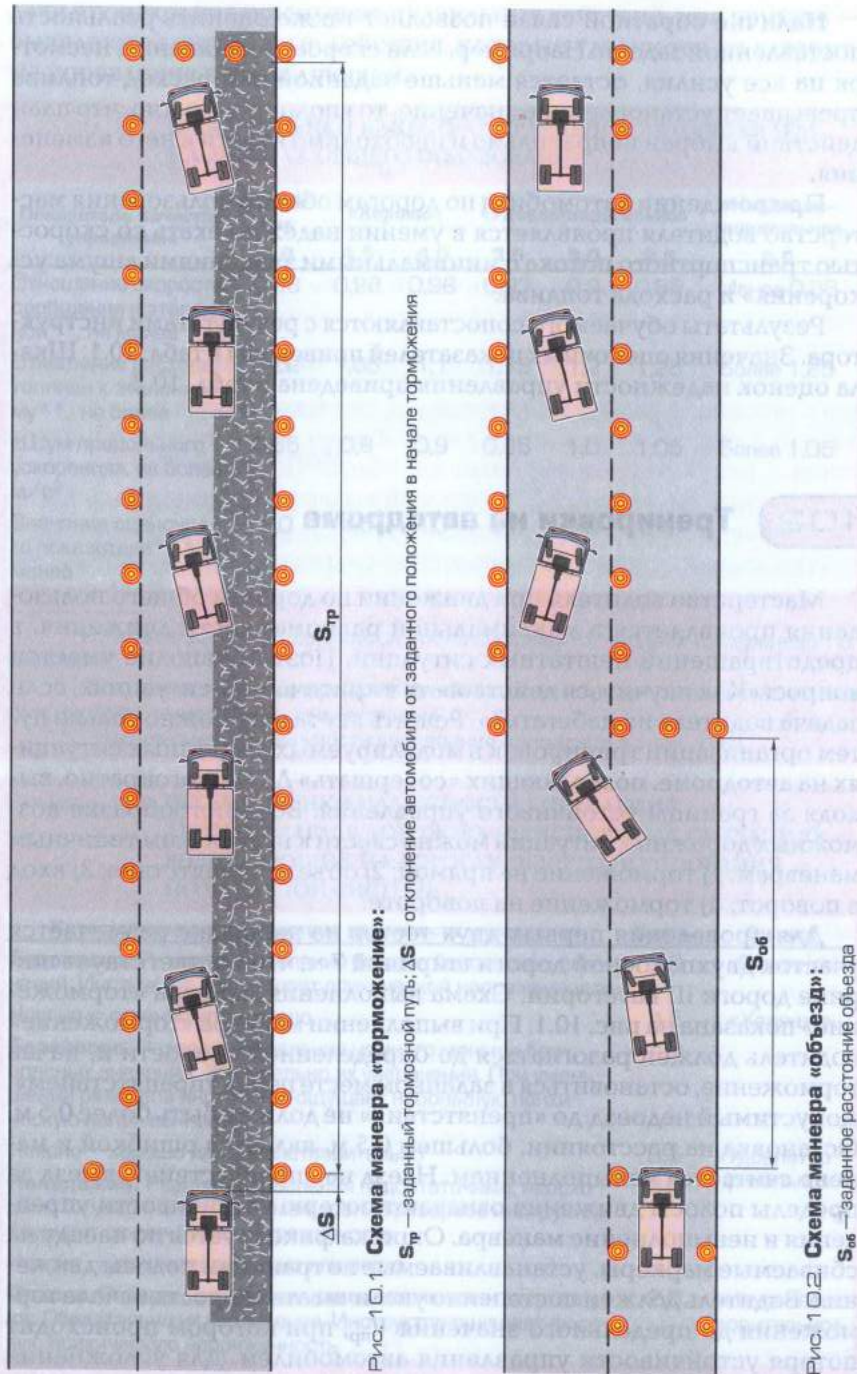
При вождении автомобиля по дорогам общего пользования мастерство водителя проявляется в умении надежно ехать со скоростью транспортного потока с минимальными значениями «шума ускорения» и расхода топлива.

Результаты обучаемого сопоставляются с результатами инструктора. Значения оценочных показателей приведены в табл. 10.1. Шкала оценок надежности управления приведена в табл. 10.2.

10.2. Тренировки на автодроме

Мастерство водителя при движении по дорогам общего пользования проявляется в максимальной равномерности движения, в предотвращении нештатных ситуаций. Поэтому вполне уместен вопрос: «Как научиться действовать в критических ситуациях, если задача водителя их избегать?». Решить эту задачу можно только путем организации тренировок в моделируемых аварийных ситуациях на автодроме, позволяющих «совершать» ДТП многократно, выходя за границы устойчивого управления. Все многообразие возможных дорожных ситуаций можно свести к нескольким типичным маневрам: 1) торможение на прямой; 2) объезд препятствия; 3) вход в поворот; 4) торможение на повороте.

Для проведения первых двух тестов на площадке размечается участок двухполосной дороги шириной 7 м, что соответствует ширине дороги III категории. Схема выполнения маневра «торможение» показана на рис. 10.1. При выполнении маневра «торможение» водитель должен разогнаться до определенной скорости и, начав торможение, остановиться в заданном месте перед «препятствием». Допустимый недоезд до «препятствия» не должен быть более 0,5 м. Остановка на расстоянии, большем 0,5 м, является ошибкой и маневр считается невыполнением. Наезд на «препятствие», выезд за пределы полосы движения означают потерю устойчивости управления и невыполнение маневра. Ошибка фиксируется по наезду на сбиваемые маркеры, устанавливаемые по границам полосы движения. Водитель должен постепенно увеличивать скорость начала торможения до предельного значения $V_{пр}$, при котором происходит потеря устойчивости управления автомобилем. Для усложнения



задачи создаются условия, при которых происходит занос автомобиля в процессе торможения. Это возможно путем создания под колесами левой и правой стороны автомобиля различных коэффициентов сцепления; отключения регулятора тормозных сил на задних колесах; отключения тормозов на одной стороне автомобиля.

Достижение $V_{пр}$ при торможении не означает, что в этих условиях отсутствует возможность избежать ДТП. Маневр «объезд» заключается в переходе на соседнюю полосу движения и позволяет избежать ДТП при расстояниях объезда, значительно меньших, чем тормозной путь. Схема выполнения этого маневра показана на рис. 10.2. При выполнении маневра «объезда» определяется максимальная скорость, при которой водитель может объехать препятствие и не выехать после этого за границы второй полосы движения. Задаваемые расстояния торможения $S_{тр}$ и объезда $S_{об}$ выбираются таким образом, чтобы максимальная скорость выполнения маневра была не менее 60 и не более 80 км/ч. При скорости менее 60 км/ч ошибки, допускаемые водителем, не столь наглядны, а при скорости выше 80 км/ч требуется большая площадка и значительно увеличивается участок разгона.

Измерителем качества выполнения маневра «торможение» является среднее замедление $\tilde{j}_{тр}$, вычисляемое по формуле, м/с²:

$$\tilde{j}_{тр} = V_{тр}^2 / 26 (S_{тр} \pm \Delta S), \quad (10.1)$$

где $V_{тр}$ — скорость автомобиля в начале торможения, км/ч; $S_{тр}$ — заданное расстояние торможения, м; ΔS — отклонение автомобиля от заданного положения в начале торможения, м.

Оценка производится путем сравнения наибольшего значения $\tilde{j}_{тр}$ с эталонным, за которое принимается результат, полученный инструктором. В качестве оценочного показателя торможения на прямой используется отношение лучшего результата, полученного тестируемым водителем, к эталонному:

$$K_{тр} = \tilde{j}_{тр. \max} / \tilde{j}_{эт}. \quad (10.2)$$

Измерителем качества выполнения маневра «объезд» является величина скорости начала объезда $V_{об}$.

Как и при торможении, оценка $V_{об}$ сравнивается с эталонным значением. В качестве оценочного показателя маневра «объезд» используется отношение лучшего результата, достигнутого тестируемым водителем, к эталонному, возведенное в квадрат:

$$K_{об} = (V_{об} / V_{эт})^2.$$

Необходимость возведения отношения $V_{об}$ и $V_{эт}$ в квадрат связана с тем, что поперечные силы, ограничивающие возможность выполнения маневра, пропорциональны квадрату скорости.

Схемы маневров «поворот» и «торможение на повороте» приведены на рис. 10.3. Как и в предыдущих случаях, задачей тестирова-

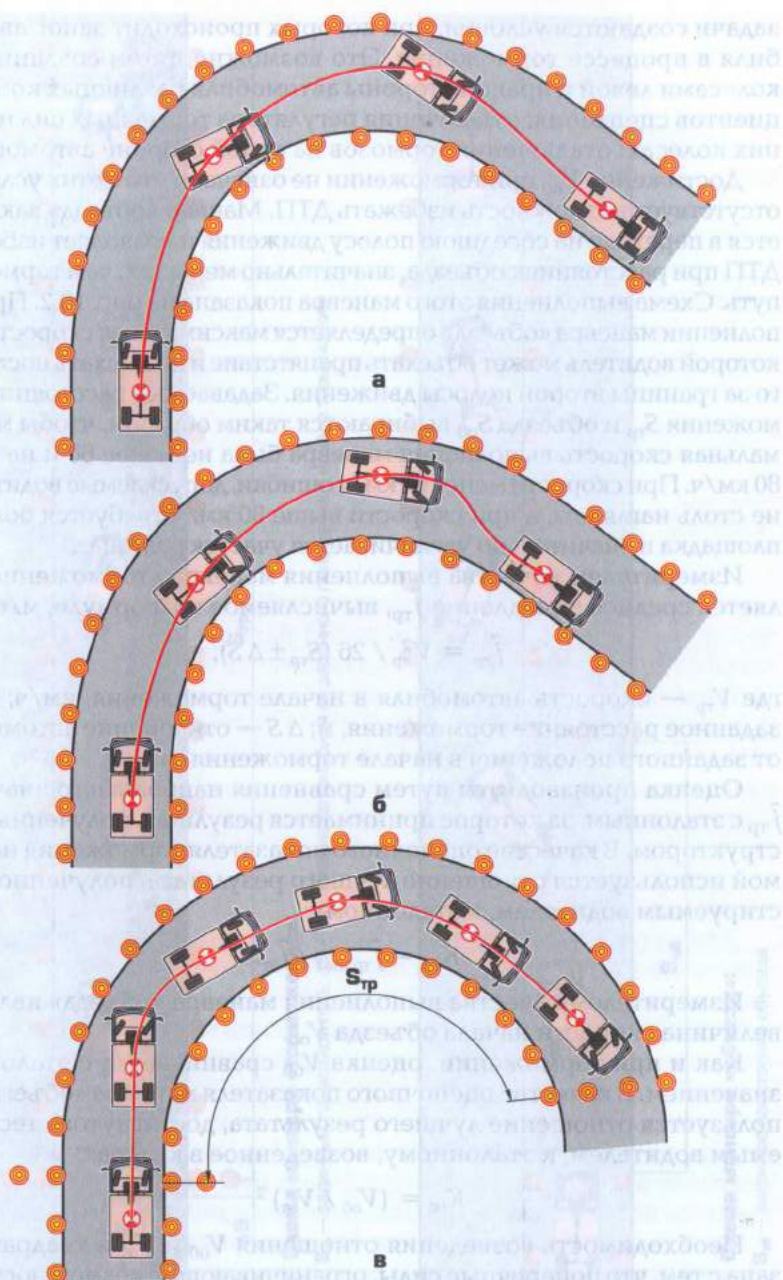


Рис. 10.3. Схемы маневров «поворот» и «торможение на повороте»:

а — занос на повороте; б — снос на повороте; в — торможение на повороте; $S_{тp}$ — заданное расстояние торможения

ния является определение предельной скорости на входе в поворот $V_{пр}$ и максимального среднего замедления $\bar{j}_{тp}$. При входе в поворот без торможения водитель не должен выехать за пределы размеченного участка дороги. При торможении на повороте он должен выполнить первое условие и не наехать на препятствие, остановившись в пределах 0,5 м от него.

Оценочным показателем при входе в поворот без торможения является квадрат отношения $V_{пр}$ к $V_{эт}$:

$$K_{пв} = (V_{пр} / V_{эт})^2.$$

При торможении на повороте оценочным показателем, как и при торможении на прямой, является отношение замедлений (10.2).

Опасность опрокидывания на повороте самая высокая, потому что для грузовых автомобилей и автобусов показатель отношения колеи к удвоенной высоте ЦМ (см. уравнение (2.42)) меньше единицы. В порожнем состоянии автомобиля высота ЦМ наименьшая, поэтому маневр «поворот» выполняется без груза. В противном случае необходимо устанавливать страховочное приспособление (рис. 10.4).

При выполнении маневров и скоростных заездов на автодроме качество управления определяется максимальной скоростью выполнения маневра, максимальным замедлением при торможении, минимальным временем прохождения трассы. Оценку получают путем сопоставления результата обучаемого с результатом инструктора (табл. 10.3).

Тренировки выполнения маневров в критических ситуациях позволяют решать несколько задач. Они расширяют границы безопасного управления; повышают надежность управления автомобилем в возможных нештатных ситуациях; повышают точность оценки штатности ситуации. Последнее является наиболее важным результатом.

Очень полезны тренировочные заезды в типичных ситуациях в переходный период, когда, например, наступает зима и дорога в одно мгновение становится скользкой, или после длительного перерыва в управлении автомобилем.

По достижении стабильного состояния мастерства водителю, как и спортсмену, необходимо поддерживать достигнутый уровень. Для этого он должен

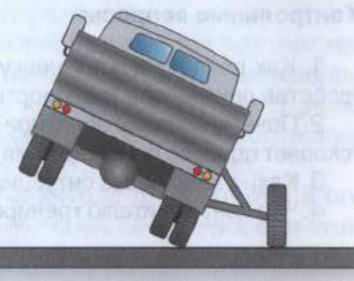


Рис. 10.4. Выполнение маневра «поворот» с опрокидыванием автомобиля на страховочное приспособление

Таблица 10.3. ШКАЛА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

Показатель	Значение показателя качества управления, соответствующее оценке						
	«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительно»			«неудовлетворительно»	
Баллы	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Оценочный показатель*, не менее	0,98	0,96	0,94	0,9	0,86	0,82	0,78 и менее

* Оценочными показателями для разных маневров являются:
разгон, скоростное вождение

$$(t_{\text{эт}}/t_{\text{мин}})^2,$$

где $t_{\text{эт}}$ — эталонное время прохождения участка разгона, трассы скоростного вождения обучающим (водителем-инструктором), с; $t_{\text{мин}}$ — минимальное время прохождения участка разгона, трассы скоростного вождения обучаемым, с;

торможение

$$\tilde{j}_{\text{тр.мах}}/\tilde{j}_{\text{эт}},$$

где $\tilde{j}_{\text{тр.мах}}$ — максимальная величина среднего замедления, достигнутого обучаемым, м/с²; $\tilde{j}_{\text{эт}}$ — максимальная величина среднего замедления, достигнутого обучающим, м/с²;

объезд, поворот

$$(V_{\text{мах}}/V_{\text{эт}})^2,$$

где $V_{\text{мах}}$ — предельная скорость выполнения маневра обучаемым, км/ч; $V_{\text{эт}}$ — предельная скорость выполнения маневра обучающим, км/ч.

прежде всего регулярно участвовать в дорожном движении. Чтобы сохранять навыки действий в критических ситуациях, требуется периодически тренироваться на автодроме.

Контрольные вопросы

1. Как влияет на постановку задачи управления автомобилем уровень удобства движения в транспортном потоке?
2. Почему наличие обратной связи о качестве управления автомобилем ускоряет процесс приобретения мастерства?
3. Какие аварийные ситуации моделируются на автодроме?
4. Что дает водителю тренировка в выполнении критических маневров?

Заключение

Итак, в результате изучения курса основ теории управления автомобилем можем сформулировать общие выводы относительно мастерства вождения и измерений его показателей.

Прежде всего отметим, что мастерство водителя проявляется в его умении правильно определить цель управления автомобилем и с учетом условий движения поставить задачу управления, т. е. определить план действий и реализовать его с наименьшими отклонениями. Мастерство водителя проявляется на трех уровнях.

На первом уровне мастерство проявляется в степени автоматизма выполнения операций с органами управления (педалями, рычагом коробки передач, рулевым колесом), в умении сохранять обратную связь с положением рулевого колеса при рулении.

На втором уровне операции по перемещению органов управления реализуются в виде действий по регулированию движения автомобиля. Мастерство водителя на этом уровне проявляется в степени автоматизма действий при управлении автомобилем в штатных режимах с использованием экономичного и скоростного алгоритмов регулирования скорости автомобиля.

При возникновении нештатных режимов движения мастерство водителя на втором уровне проявляется в поддержании максимальной надежности управления в результате умения предвидеть реакции автомобиля на свои управляющие действия и способности вносить необходимые корректировки в алгоритм управления.

На третьем уровне мастерство водителя проявляется в его умении реализовать выбранный план действий, обеспечив при этом надежное управление автомобилем. В случае невозможности реализации плана водитель должен внести в него необходимые изменения.

В заключение считаю важным еще раз привести слова человека, неоднократно выходившего победителем из самых опасных ситуаций, Героя Советского Союза, заслуженного летчика-испытателя Михаила Громова: «Осторожность — лучшая черта смелости».

Приложение

Таблица П.1

Показатели расчетной интенсивности и скорости движения на автомобильной дороге в зависимости от ее категории

Категория дороги	Среднесуточная годовая интенсивность движения в обоих направлениях, авт./сут	Расчетные скорости, км/ч			Число полос движения
		основная	допускаемые на трудных участках	горная местность	
I	Более 7000	150	120	80	4 и более
II	3000...7000	120	100	60	2
III	1000...3000	100	80	50	2
IV	200...1000	80	60	40	2
V	Менее 200	60	40	30	1

Таблица П.2

Параметры поперечного профиля дорог разных категорий

Показатель	Категория дороги				
	I	II	III	IV	V
Расчетная скорость, км/ч	150	120	100	80	60
Число полос движения	4 и более	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,5	3,0	4,5
Ширина проезжей части, м	2×7,5 и более	7,5	7,0	6,0	4,5
Ширина обочин, м	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75
Ширина земляного полотна, м	27,5 и более	15,0	12,0	10,0	8,0

Таблица П.3

Минимальные значения коэффициента сцепления шин на мокрой дороге

Условия движения	При сдаче	При эксплуатации
Легкие	0,4	0,35
Затрудненные	0,5	0,4
Опасные	0,6	0,46

Таблица П.4

Краткие технические характеристики учебных автомобилей

Индекс автомобиля	Состояние массы	Масса, т	Габариты, м		Число осей	Двигатель	N _{ном} , мин ⁻¹	Удельная мощность, л.с./т	Число передач
			длина	ширина					
1	Снаряженная Полная	4,2 10,4	6,7	2,5	2	С искровым зажиганием	3200	35,9 14,4	5
2	Снаряженная Полная	8,2 18,2	9,1	2,5	3	Дизель	2600	26,2 11,5	10
3	Снаряженная Полная	12,8 32,8	14,0	2,5	2 + 2 пп*	Дизель	2100	19,8 8,6	8
4	Снаряженная Полная	14,1 34,3	17,3	2,5	3 + 2 п**	Дизель	2600	18,3 8,6	10

* Полуприцеп.

** Прицеп.

Список литературы

1. Бабков В.Ф. **Дорожные условия и безопасность движения:** Учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1993. — 271 с.
2. **Безопасность дорожного движения** / В.В. Амбарцумян, В.Н. Бабанин, О.П. Гуджоян, А.В. Петридис / Под ред. чл.-кор. РАН проф. В.Н. Луканина. — М.: Машиностроение, 1997. — 288 с.
3. Ваганов В.И., Рывкин А.А. **Вождение автотранспортных средств:** Учебник водителя. — М.: Транспорт, 1990. — 224 с.
4. Вайсман А.И. **Здоровье водителей и безопасность дорожного движения:** Учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1979. — 137 с.
5. Вайсман А.И. **Гигиена труда водителей автомобилей.** — М.: Медицина, 1988. — 192 с.
6. Ерохов В.И. **Экономичная эксплуатация автомобиля.** — М.: ДОСААФ, 1986. — 129 с.
7. Куперман А.И. **Безопасное управление автомобилем.** — М.: Транспорт, 1989. — 160 с.
8. Лукошьявичене О.Я. **Моделирование дорожно-транспортных происшествий.** — М.: Транспорт, 1988. — 96 с.

Показатель	Классификация дорог				
	I	II	III	IV	V
Максимальная скорость, км/ч	150	120	100	80	60
Число полос движения	4 и более	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,5	3,0	2,5
Ширина проезжей части, м	15,75 и более	7,5	7,0	6,0	4,5
Ширина обочины, м	3,75	3,25	2,5	2,0	1,75
Ширина развязки, м	27,5 и более	15,0	12,0	10,0	8,0

Условия движения	Плотность	Пропускная способность
Легкие	0,4	0,35
Среднетяжелые	0,5	0,4
Опасные	0,8	0,48

УЧЕБНИК ВОДИТЕЛЯ

В новой серии впервые представлены издания, допущенные Министерством образования Российской Федерации в качестве учебников для подготовки водителей автотранспортных средств



ПО ВОПРОСАМ
ОПТОВЫХ
ПРИБОРСТЕНИЙ
ОБРАЩАЙТЕСЬ
ПО ТЕЛЕФОНАМ:
(495) 261-07-23
267-64-93
648-05-07

ISBN 978-5-7695-8043-7



основы управления
автомобилем и безопасности
2 000994 062785