

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

Факультет «Магистратура»

**В. А. МОЛОДЦОВ, Н.В. ПЕНЬШИН, А. А. ГУСЬКОВ**

**ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА  
В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ  
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Утверждено Методическим советом ТГТУ  
в качестве учебного пособия для студентов магистратуры,  
обучающихся по направлению  
190700.68 «Технология транспортных процессов»



---

Тамбов

• Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ» •  
2014

УДК 653.13 (075.8)  
ББК 0311-082.05я73  
М754

Рецензенты:

Доктор технических наук, доцент кафедры  
«Техническая механика и детали машин» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
*Ю. В. Родионов*

Старший государственный инспектор  
УГАН НОТБ ЦФО Ространснадзора  
*А. В. Иванов*

Авторы:

*В.А. Молодцов, Н.В. Пеньшин, А.А. Гуськов*

**Молодцов, В. А.**

М754      Транспортная инфраструктура в решении проблем безопасности дорожного движения : учеб. пособие / В. А. Молодцов, Н. В. Пеньшин, А.А. Гуськов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 83 с.

В учебном пособии рассматриваются основные принципы повышения транспортно-эксплуатационных качеств существующих дорог, обеспечения безопасности дорожного движения, повышения пропускной способности дорог и эффективности их использования. Значительное внимание уделяется рассмотрению инновационных подходов в решении проблем безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах и улиц.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров 190700.68 «Технология транспортных процессов» (магистерская программа «Безопасность дорожного движения»).

Подготовлено в соответствии с Федеральным образовательным стандартом 190700.68 «Технология транспортных средств».

Утверждено Методическим советом ТГТУ

(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_)

## 1. Характеристика улично-дорожной инфраструктуры

В настоящее время дорожная сеть страны включает в себя федеральные дороги, на долю которых приходится 5,4% всей протяженности; дороги субъектов Российской Федерации (63,5%), ведомственные и, частные дороги (31,1%) [8].

Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием на 1 тыс. кв. км территории за последние 15 лет увеличилась с 38 до 43 км. Для сравнения в США – 600 км, Канаде – 300, Финляндии – 230, Германии – 1800 км. На 1 тыс. жителей плотность автомобильных дорог в России составила 5,3 км, тогда как в Финляндии – 10 км, США – 13 км, Франции – 15,1 км. Существующая отечественная дорожная сеть обеспечивает перемещение грузов со среднесуточной скоростью 300 км в сутки, а в странах Европы значение этого показателя превышает 1 тыс. км в сутки.

В 2004 г. протяженность федеральных дорог составила 47,1 тыс. км, что на 0,8% больше, чем в 2003 г. В течение года была увеличена протяженность участков дорог с шероховатой поверхностной обработкой покрытия – на 361,8 км (на 2,4%), наружным освещением в населенных пунктах и на пересечениях – на 253,7 км (на 12,9%). Установлены повышенный колесоотбойный брус на искусственных сооружениях – 21,0 тыс. пог. метров (+ 6,1%) и ограждения барьерного типа – 796,0 км (+ 9,7%), укреплены обочины – на 1,5 тыс. км (+ 2,9%). Число сигнальных столбиков на бровке земляного полотна возросло на 40,5 тыс. штук (на 8,9%), дорожных знаков и указателей – на 11,5 тыс. (на 3,1%). Проведенные организационно-планировочные и инженерные мероприятия по совершенствованию организации движения транспортных средств и пешеходов способствовали устранению четвертой части (22,5%) выявленных участков концентрации ДТП.

Немаловажное значение для снижения аварийности на дорогах имеют мероприятия, обеспечивающие нормальные условия труда и отдыха водителей. За 2004 г. количество расположенных на федеральных автодорогах организаций торговли увеличилось на 762 единицы (+20,5%), пунктов питания – на 273 (+7,9%), пунктов связи – на 203 (+31,8%), моечных пунктов – на 40 (+22,9%), медпунктов – на 53 (+11,0%), площадок отдыха с эстакадой – на 55 (+10,3%). Были введены в эксплуатацию 71 мотель и кемпинг (прирост по сравнению с 2003 г. составил 19,2%), 221 автозаправочная станция (+5,7%) и 135 станций технического обслуживания автомобилей (+15,0%).

Вместе с тем, федеральные дороги, в основном (свыше 80% протяженности), имеют 2, 3 и 4-ю категории, из них более трети нуждаются в

реконструкции. На этих дорогах эксплуатируются 58 деревянных мостов и одна паромная переправа. Многие федеральные автомобильные дороги работают на пределе пропускной способности.

Результаты обследований показывают, что в целом состояние дорожной инфраструктуры следует считать неудовлетворительным. Каждый четвертый километр дорог требует усовершенствования. Только 85% дорожной сети оснащены дорожными знаками, из которых 40,0% не отвечают требованиям стандартов, 80% светофорных объектов исчерпали срок эксплуатации. В необходимых местах нередко отсутствуют направляющие и защитные ограждения. Не решены вопросы организации стоянок и пешеходного движения вблизи различных предприятий, сооружений обслуживания дорожного движения (сервис) и в населенных пунктах.

Негативные последствия роста уровня автомобилизации страны наиболее ярко проявились в городах, и особенно в мегаполисах, где сосредоточена максимальная численность транспортных средств. В настоящее время на легковой транспорт приходится свыше 20% суммарного объема перевозок вместо ожидавшихся 10-15%. Результат этого – существенная перегрузка дорожной сети в больших городах и мегаполисах России, которая способствует значительным экономическим и социальным потерям.

Уровень автомобилизации в целом по стране составляет более 200 автомобилей на 1000 жителей, тогда как, например, в Москве его величина превысила 300. Структура и протяженность сети улиц и дорог городов создаются на основе генеральных планов развития, ориентированных на определенный уровень автомобилизации. В течение длительного времени в нашей стране приоритет в развитии транспортного обслуживания отдавался общественному пассажирскому транспорту. Расчетный уровень автомобилизации принимался от 60 до 100 авт./1000 жителей, исходя из которого создавалась дорожная инфраструктура современных российских городов. Современный уровень обеспечения потребности в движении горожан на собственном транспорте не превышает 20%. Для удовлетворения их спроса требуется увеличение пропускной способности сети не менее чем в 5 раз, а емкости парковок – более чем в 10 раз.

По оценкам специалистов к 2020-2025 гг. в российских городах ожидаемый уровень автомобилизации составит  $550 \pm 50$  авт./1000 жителей, что в 1,5 раза выше уровня, достигнутого сегодня, на большей части территории России, и в 5-8 раз выше уровня, в расчете на который создавалась улично-дорожная сеть. В связи с этим требуется пересмотр всей стратегии развития городов и городского транспорта с точки зрения организации движения транспорта и пешеходов.

Основными недостатками сложившейся дорожной инфраструктуры российских городов являются несовершенство схем улично-дорожной сети городов, малая удельная плотность магистральных и неразвитость сети местных улиц; низкая пропускная способность улиц и пересечений; совмещенное движение общественного пассажирского транспорта, легкового и грузового движения при отсутствии специализированных дорог и маршрутов для движения грузовых автомобилей; применение для регулирования движения устаревших методов и технических средств, ориентированных на движение транспортных потоков малой плотности; практическое отсутствие системы обеспечения парковок в городе; отсутствие системы информационного обеспечения городского движения. Проводимые мероприятия в области организации дорожного движения в городах, в основном реализуются на отдельных участках и не увязаны в единую систему.

В городах совершается семь из десяти ДТП и около половины всех наездов на пешеходов. На низком уровне находится эксплуатационное состояние проезжей части, тротуаров и пешеходных дорожек городов. Протяженность улиц, проездов, набережных составляет 224,9 тыс. км, из которых с твердым покрытием – всего 68,4%, усовершенствованное покрытие имеют лишь 57,1% уличной сети. Не отвечает потребностям оснащенность городов техническими средствами организации движения. В целях кардинального улучшения состояния обеспечения безопасности дорожного движения в городах необходимо существенно увеличить протяженность улиц и дорог, что потребует корректировки действующих нормативных документов по проектированию, планировке и застройке магистральных улиц, площадей, транспортных узлов.

Опыт европейских стран, Южной Америки, США и Канады показывает, что для решения транспортных проблем города при уровне автомобилизации 800-1000 авт./1000 жителей необходимо, в первую очередь, предусмотреть строительство сети внеуличных скоростных магистралей, выполняющих основную транспортную нагрузку по связи города с пригородной сетью дорог и обеспечению осуществления больших объемов перевозок по территории города, а также позволяющих «обходить» не только центральную часть города, но и территории с высоким уровнем загрузки движения. Увеличение плотности уличной сети возможно также за счет разукрупнения межмагистральных территорий и формирования сети жилых улиц в районах новой и реконструируемой застройки, разукрупнения коммунально-складских и производственных зон. В районах массовой жилой застройки необходимо увеличить протяженность жилых улиц, улучшающих не только транспортное обслуживание территорий, но и облегчающих проблему парковок автомобилей постоянного городского населения.

Одной из насущных проблем современных городов остается низкий уровень организации и обеспечения безопасности движения пешеходов. Отсутствует должное количество дорожных знаков, информирующих водителей о приближении к пешеходному переходу и регламентирующих пешеходное движение, а также светофоров, регулирующих движение по их требованию. Отстает от потребностей количество надземных и подземных пешеходных переходов; их расположение на проезжей части, как правило, неудобно. Требуется развития протяженность тротуаров и пешеходных дорожек, улучшение их эксплуатационного состояния. Серьезную проблему представляет отсутствие или недостаточное освещение проезжей части.

Анализ ситуации с организацией движения транспорта и пешеходов свидетельствует о необходимости реализации дополнительных мер в области нормативного правового регулирования. В частности, требуется уточнить компетенцию органов местного самоуправления по вопросам организации дорожного движения на соответствующих территориях; скорректировать действующие и создать новые нормативные документы по проектированию, планировке и застройке магистральных улиц, площадей, транспортных узлов городской территории для приведения нормативно-технической базы в соответствие с ожидаемым уровнем автомобилизации для обеспечения передвижения транспортных потоков без ущерба для качества жизни горожан.

## **2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

### **2.1. Факторы, влияющие на работу и состояние автомобильной дороги**

На состояние автомобильной дороги влияет много факторов, которые должны учитываться при ее проектировании и организации работ по ремонту и содержанию. После ввода в эксплуатацию на дорогу одновременно воздействуют нагрузки от проходящих транспортных средств, грунтовые и поверхностные воды, природно-климатические факторы, а также хозяйственная деятельность людей в районе проложения дороги [1].

Строительство любой автомобильной дороги способствует экономическому развитию районов, по которым она проходит:

- появляются новые населенные пункты, предприятия;

- активизируется и совершенствуется хозяйственная деятельность, социальная и культурная жизнь существующих населенных пунктов;

- улучшается связь между населенными пунктами, районами и областями.

Все это приводит к росту интенсивности движения и нагрузок на дорогу, в результате чего ускоряется ее износ.

Автомобильная дорога должна быть, прежде всего, устойчивой к воздействию нагрузок от транспортных средств, для пропуска которых она предназначена. Нагрузки от транспортных средств являются динамическими. Действие таких нагрузок особенно опасно для дорожной одежды в период сильного переувлажнения ее основания и земляного полотна. В связи с этим для предупреждения разрушения дорожной одежды в весенний период на дорогах низших категорий ограничивают проезд тяжелых грузовых автомобилей до полного высыхания низа дорожной одежды.

Дороги I - III категорий должны обеспечивать проезд в любое время года. Недостаточная прочность земляного полотна дорожной одежды и плохое качество материалов отдельных ее слоев приводят при динамическом воздействии нагрузки к снижению ровности дорожного покрытия, появлению на нем волн и выбоин. Все это вызывает значительное снижение скоростей движения.

Отрицательное влияние на устойчивость верхнего слоя дорожного покрытия оказывает процесс резкого торможения большегрузных автомобилей. Примером такого отрицательного воздействия являются волны (гребенка) на автобусных и особенно троллейбусных остановках.

Основное негативное воздействие на дорогу оказывает вода. Переувлажнение низа дорожной одежды и земляного полотна приводит к быстрому разрушению дороги и нарушению нормального транспортного процесса. Замерзающая вода разрушает верхние слои дорожного покрытия. Поэтому одной из основных задач дорожников является обеспечение отвода от дороги как поверхностных, так и грунтовых вод. Сохранность дороги зависит от эффективности работы всей системы водоотвода.

Устойчивость конструктивных элементов дороги также зависит от природно-климатических условий района проложения дороги. Наиболее подвержены природно-климатическому воздействию грунтовые дороги и плохо уплотненные щебеночные и гравийные дорожные покрытия, несущая способность которых резко уменьшается при их переувлажнении. Туман, гололед, снежные заносы, паводки резко ухудшают транс-

портно-эксплуатационные качества дорог и даже могут прервать проезд по ним.

В районах с жарким климатом, высокой температурой на поверхности дорожного покрытия, доходящей иногда до 70...80° С, асфальтобетон размягчается, а в результате проезда транспортных средств происходит деформация верхнего слоя дорожного покрытия, снижается ровность, резко меняются сцепные качества дорожного покрытия. Поэтому при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог должно детально учитываться влияние природно-климатических условий.

Одновременное влияние всех факторов, воздействующих на дорогу, особенно заметно сказывается на изменениях, происходящих в дорожной одежде вследствие старения битума, усталости материалов, изменений водно-теплового режима дорожных конструкций и др.

## **2.2. Основные транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги**

Транспортно-эксплуатационное состояние дороги характеризуется комплексом показателей, от которых зависит эффективность работы, как автомобильной дороги, так и автомобильного транспорта.

Можно выделить следующие группы переменных во времени показателей, характеризующих транспортную работу автомобильной дороги, технико-эксплуатационные качества дорожной одежды и земляного полотна, общее состояние автомобильной дороги и условия движения по ней, эффективность транспортной работы дороги.

**К первой группе показателей** относятся интенсивность, состав и объем движения, пропускная и провозная способность автомобильной дороги, скорость движения и время сообщения.

*Интенсивность движения  $N$* , авт./ч или авт./сут, - число автомобилей, проходящих через некоторое поперечное сечение автомобильной дороги за единицу времени (час, сутки). Интенсивность движения является очень важным и сложным показателем, изменяющимся во времени (в течение часа, суток, недели, месяца и года). В зависимости от интенсивности движения устанавливают категорию автомобильной дороги, выбирают сроки выполнения ремонта дороги и мероприятия по организации дорожного движения.

*Объем движения* - суммарное число автомобилей, проходящих через данный участок дороги за определенный период времени, измеряемый путем непрерывных наблюдений.



*Состав движения* (транспортного потока)  $p$ , % - распределение в процентном отношении всего транспортного потока по видам транспортных средств (легковые автомобили, автобусы, грузовые автомобили: тяжелые, средние, легкие). Состав движения зависит от района проложения дороги, наличия промышленных предприятий, дня недели и сезона. Состав движения оказывает существенное влияние на выбор мероприятий по организации дорожного движения.

*Грузонапряженность дороги (брутто)*  $Q$ , т/год или т/сут, - суммарная масса грузов и транспортных средств, проходящих по данному участку дороги в обоих направлениях в единицу времени.

*Грузонапряженность дороги (нетто)* - общая масса грузов, перевозимых по данному участку дороги в обоих направлениях в единицу времени и на единицу пути. Показатель грузонапряженности дороги чаще всего применяют для оценки работоспособности дорожной одежды.

*Пропускная способность автомобильной дороги*  $P$ , авт./ч, - максимальное число автомобилей, которое может пропустить данный участок дороги или дорога в целом в единицу времени. Пропускная способность является важнейшим показателем в проектировании поперечного профиля и геометрических элементов дороги.

*Провозная способность дороги*  $M$ , пасс./ч или т/ч, - максимальная масса грузов или максимальное число пассажиров, которые могут перевезти через данный участок автомобильной дороги в единицу времени.

*Коэффициент загрузки дороги движением*  $z$  - отношение интенсивности движения к пропускной способности рассматриваемого участка дороги. Этот показатель является одним из основных при расчете числа полос движения и размеров геометрических элементов.

*Скорость движения*  $v$ , км/ч, - важнейший качественный показатель транспортной работы автомобильной дороги и ее состояния.

В зависимости от целей и задач, при решении которых используется показатель скорости движения, различают скорость движения расчетную; конструктивную; мгновенную; эксплуатационную; техническую; расчетную, принимаемую при организации движения; оптимальную; нормируемую.

*Расчетной* скоростью движения называется максимально безопасная скорость движения одиночного автомобиля на сухом дорожном покрытии при достаточном расстоянии видимости, допускаемая на дороге рассматриваемой категории. На величину расчетной скорости движения проектируют все геометрические элементы автомобильных дорог и в первую очередь элементы плана и продольного профиля дороги.

Значение расчетной скорости движения устанавливаются на основании технико-экономических расчетов.

В мировой практике проектирования автомобильных дорог, в первую очередь скоростных автомобильных магистралей, намечается тенденция снижения расчетных скоростей движения. Это объясняется тем, что высокие скорости, близкие к расчетным, не наблюдаются в реальных условиях, а затраты на обеспечение таких высоких скоростей движения очень велики.

Значение расчетной скорости движения при разработке проекта реконструкции дорог часто принимают меньшим, чем при проектировании новых дорог. Это вызвано тем, что дорога будет проходить в сложившихся условиях застройки и местности. Поэтому изменение плана и продольного профиля дороги под нормируемую расчетную скорость движения обычно приводит к большим затратам.

*Конструктивная* скорость движения автомобиля представляет собой максимальную скорость движения, развиваемую автомобилем данной конструкции. Конструктивная скорость движения зависит от типа автомобиля, удельной мощности его двигателя.

*Мгновенная* скорость движения - это фактическая скорость, измеренная в конкретных створах дороги. Мгновенная скорость движения представляет собой скорость движения одиночных автомобилей или транспортного потока на данном коротком участке дороги в рассматриваемый промежуток времени. Значение мгновенной скорости движения характеризует фактические условия движения в конкретном месте дороги и в данный момент времени.

*Скорость сообщения* показывает среднюю скорость движения на данном маршруте с учетом задержек, вызванных наличием пересечений в одном уровне, железнодорожных переездов или взаимным влиянием автомобилей в потоке. Скорость сообщения является основным показателем транспортной работы дороги.

По скорости сообщения можно определить продолжительность движения между рассматриваемыми пунктами отправления и назначения. При технико-экономических расчетах данные о скоростях сообщения являются основными для обоснования мероприятий по улучшению условий движения.

*Техническая* скорость движения показывает среднюю скорость движения на данном маршруте без учета задержек, вызванных наличием пересечений в одном уровне или другими факторами, и определяется в основном размерами геометрических элементов дороги.

По технической скорости движения можно оценивать условия движения на отдельных маршрутах и комплексное влияние дорожных условий на скорость движения. Значение технической скорости движения во многом определяется видом транспортных средств, поэтому существенно зависит от состава движения.

*Расчетная скорость, принимаемая при организации движения*, представляет собой скорость движения, на которую рассчитывается работа всех систем управления движением, исходя из которой выбирается вид дорожного знака и размеры элементов разметки проезжей части. Обычно эта скорость принимается равной скорости 85 %-ной обеспеченности, т.е. скорости, которую превышают 15 % автомобилей. К этой скорости также относится значение ограничения минимальной или максимальной скорости, выбираемой в зависимости от местных условий движения.

Под *оптимальной* скоростью движения понимается скорость движения, при которой обеспечиваются наиболее эффективные условия транспортной работы дороги и автомобильного транспорта, а также благоприятные условия для работы водителей. Характерным примером оптимальной скорости движения является скорость движения, соответствующая оптимальной загрузке дороги движением и составляющая примерно 55 % скорости движения в свободных условиях.

К *нормируемым* скоростям движения относят значения скоростей движения, принимаемые как стандартные при технических или технико-экономических расчетах. В этом смысле расчетная скорость движения также является одной из разновидностей нормируемых скоростей.

К нормируемым скоростям движения можно отнести значения скорости при определенном типе дорожного покрытия, которые используют при технико-экономических расчетах. К нормируемым скоростям движения можно также отнести скорость сообщения общественного транспорта, используемую для расчетов по организации работы этого вида транспорта.

*Время сообщения*, ч или мин, - продолжительность движения по рассматриваемому маршруту (дороге) без учета остановок в пути, учитываются только задержки, вызванные наличием других автомобилей и ожиданием на перекрестках.

Продолжительность движения в очереди, %, - часть общего времени сообщения, которое автомобиль движется в стесненных условиях (в очереди).

*Удельное время сообщения* (темп движения), мин/км, - средняя продолжительность проезда 1 км дороги транспортным потоком; определяется по средней скорости сообщения.

**Ко второй группе показателей** относятся прочность дорожной одежды и земляного полотна, ровность и шероховатость дорожного покрытия, сцепление шины с дорожным покрытием, износостойкость дорожного покрытия, работоспособность дорожной одежды.

*Прочность дорожной одежды и земляного полотна* - характеристика несущей способности дорожной одежды рассматриваемой конструкции; оценивается модулем упругости  $E$ , МПа.

*Шероховатость дорожного покрытия* - наличие на поверхности дорожного покрытия малых неровностей, не отражающихся на деформации шины и обеспечивающих повышение коэффициента сцепления с шиной; определяется размером микровыступов и остротой угла вершины микровыступа.

*Ровность дорожного покрытия  $S$* , см/км, - качественное состояние поверхности проезжей части, обеспечивающее высокие транспортно-эксплуатационные свойства дороги (комфортность, безопасность). Оценивается по сравнению с установленной нормой колебаний по высоте в поперечном и продольном профилях, измеряется по размеру просвета между поверхностью дорожного покрытия и рейкой в продольном и шаблонном в поперечном направлениях или с помощью специальных приборов.

*Коэффициент сцепления шины колеса автомобиля с дорожным покрытием  $\varphi$*  - показатель, характеризующий сцепные качества дорожного покрытия; представляет собой отношение окружного тягового усилия на ободу ведущего колеса к вертикальной нагрузке на колесо, при котором начинается проскальзывание (пробуксовывание) колеса.

*Работоспособность дорожной одежды* - эксплуатационный показатель дороги, показывающий суммарную массу в брутто тоннах пропущенных по дороге транспортных средств между капитальными ремонтами.

*Износостойкость дорожного покрытия*, мм/год, - показатель, характеризующий сопротивляемость дорожных покрытий воздействию автомобильного движения.

**К третьей группе показателей** относятся надежность, проезжаемость, срок службы дороги, относительная аварийность, коэффициенты аварийности и безопасности, расстояние видимости.

*Надежность автомобильной дороги* - свойство, одним из показателей которого является вероятность безотказной работы автомобильной дороги. При этом безотказность может характеризоваться с точки зрения прочности дорожной одежды, пропускной способности дороги, расчетной скорости движения и т.п.

*Проезжаемость дороги* - возможность движения по дороге с заданной скоростью в разные периоды года.

*Срок службы автомобильной дороги* - период времени от сдачи построенной дороги в эксплуатацию до ее реконструкции или между капитальными ремонтами.

*Относительная аварийность* - показатель, характеризующий уровень аварийности на дороге; выражается в числе дорожно-транспортных происшествий на 1 млн. прошедших автомобилей; позволяет оценивать степень опасности отдельных участков дорог.

*Коэффициент аварийности  $K_{ав}$*  - безразмерный показатель, применяемый для выявления опасных участков дорог, имеющих разные комбинации условий движения;

представляет собой отношение числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн. км суммарного пробега автомобилей на каком-либо участке дороги к числу дорожно-транспортных происшествий на горизонтальном прямом участке с ровным шероховатым покрытием шириной 7,5 м и укрепленными обочинами.

*Коэффициент безопасности  $K_{без}$*  - безразмерный показатель, характеризующий опасность отдельных участков дорог на основании изменения скоростного режима на дороге; представляет собой отношение скорости движения, обеспечиваемой тем или иным участком дороги, к наибольшей возможной скорости въезда на него с предшествующего участка дороги.

*Обеспеченность видимости на дороге, %*, - показатель, характеризующий число участков с необеспеченной видимостью по отношению к протяжению дороги.

**К четвертой группе показателей** относится себестоимость перевозок и экономические потери от дорожно-транспортных происшествий.

*Себестоимость перевозок* - показатель эффективности работы автомобильного транспорта в рассматриваемых дорожных условиях; измеряется в стоимостных единицах, отнесенных к 1 т • км, 1 авт. • ч, 1 авт. • км (коп./т • км), коп./авт. • ч, коп./авт. • км).

*Дорожная составляющая себестоимости перевозок* - условный показатель, характеризующий долю расходов на ремонт и содержание дорог в общей себестоимости.

*Транспортная составляющая себестоимости перевозок* - условный показатель, характеризующий расходы автомобильного транспорта по обеспечению перевозок пассажиров и грузов.

*Потери от дорожно-транспортных происшествий* - показатель, характеризующий экономические потери страны от гибели и ранения людей, порчи грузов и автомобилей.

Для комплексной оценки транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог применяют систему технико-экономических показателей состояния дороги и условий движения на ней:

I группа показателей используется для оценки технического состояния дороги и степени ее пригодности для выполнения своих функций;

II группа - для оценки степени безопасности движения на дороге;

III группа - для оценки дороги в отношении обслуживания автомобильного транспорта и соответствия дороги той категории, к которой она отнесена;

IV группа - для оценки дороги в отношении обеспечения ее обустройства для обслуживания проезжающих и предоставления им необходимых удобств.

**К I группе показателей** относятся следующие:

- коэффициент службы дороги

$$K_{cl} = v_{\phi} / v_p, \quad (2.1)$$

где  $v_{\phi}$ ,  $v_p$  - соответственно фактическая и расчетная скорость движения, км/ч;

- коэффициент проездежности

$$K_n = S_{\phi} / S_p, \quad (2.2)$$

где  $S_{\phi}$ ,  $S_p$  - соответственно фактическое и расчетное (допустимое) показание толчкомера, см/км;

- коэффициент скользкости дорожного покрытия

$$K_{ск} = \varphi_{\phi} / \varphi_p, \quad (2.3)$$

где  $\varphi_{\phi}$ ,  $\varphi_p$  - соответственно фактический и расчетный (допустимый) коэффициент сцепления дорожного покрытия;

- коэффициент изношенности дорожного покрытия

$$K_{изн} = h / H_0, \quad (2.4)$$

где  $h$ ,  $H_0$  - соответственно средний и допустимый износ дорожного покрытия, мм/год;

- коэффициент прочности дорожного покрытия

$$K_{пр} = E_{ф} / E_p, \quad (2.5)$$

где  $E_{ф}$ ,  $E_p$  - соответственно фактический и расчетный модуль упругости дорожного покрытия, МПа.

- Ко II группе показателей относят следующие:

- коэффициент безопасности

$$K_{без} = K_{без.ф} / K_{без.р}, \quad (2.6)$$

где  $K_{без.ф}$ ,  $K_{без.р}$  - соответственно фактическое и допустимое значение коэффициента безопасности;

- коэффициент аварийности

$$K_{ав} = K_{ав.ф} / K_{ав.р}, \quad (2.7)$$

где  $K_{ав.ф}$ ,  $K_{ав.р}$  - соответственно фактическое и допустимое значение коэффициента аварийности;

- стоимостной коэффициент аварийности

$$K_{ст} = K_{ст.ф} / K_{ст.р}, \quad (2.8)$$

где  $K_{ст.ф}$ ,  $K_{ст.р}$  - соответственно фактическое и допустимое значение стоимостного коэффициента аварийности.

- К III группу показателей относятся следующие:

- коэффициент обслуживания подвижного состава

$$K_{об} = T_{ф} / T_p, \quad (2.9)$$

где  $T_{ф}$ ,  $T_p$  - соответственно фактическая и расчетная пропускная способность сооружений по обслуживанию транспортных средств (станций технического обслуживания, заправочных, мастерских) в расчете на 1000 км дороги;

- коэффициент обеспечения транспортных средств топливом

$$K_{зап} = Z_{ф} / Z_p, \quad (2.10)$$

где  $Z_{\phi}$ ,  $Z_p$  - соответственно фактическое и расчетное число сооружений по обеспечению транспортных средств топливом в расчете на 1000 км дороги;

- коэффициент интенсивности движения

$$K_{\text{инт}} = N_{\phi}/N_p, \quad (2.11)$$

где  $N_{\phi}$ ,  $N_p$  - соответственно фактическая и расчетная (для данной категории дороги) интенсивность движения, авт./ч;

- коэффициент загрузки дороги движением

$$K_z = z_{\phi}/z_p, \quad (2.12)$$

где  $z_{\phi}$ ,  $z_p$  - соответственно фактическое и допустимое значение коэффициента загрузки дороги движением;

- коэффициент времени сообщения

$$K_t = t_{\phi}/t_p, \quad (2.13)$$

где  $t_{\phi}$ ,  $t_p$  - соответственно фактическая и расчетная продолжительность движения на рассматриваемом маршруте, ч.

К IV группе показателей относятся следующие:

- коэффициент обеспечения пассажиров автобусов местами для ожидания

$$K_{\text{авт}} = a_{\phi}/a_p, \quad (2.14)$$

где  $a_{\phi}$ ,  $a_p$  - соответственно фактическое и требуемое число павильонов и станций для ожидания пассажирами автобусов на 1000 км дороги;

- коэффициент обслуживания пассажиров дальнего следования

$$K_{\text{сл}} = P_{\phi}/P_p, \quad (2.15)$$

где  $P_{\phi}$ ,  $P_p$  - соответственно фактическое и расчетное число пассажиров, водителей и сопровождающего персонала, проезжающего по дороге в сутки;

- коэффициент обеспечения площадками для стоянок и отдыха

$$K_{\text{отд}} = O_{\phi}/O_p, \quad (2.16)$$

где  $O_{\phi}$ ,  $O_p$  - соответственно фактическая и расчетная пропускная способность в сутки бытовых устройств для принятия пищи и отдыха в расчете на 1000 км дороги;



- коэффициент санитарно-гигиенического обслуживания

$$K_{\text{сан}} = C_{\text{ф}}/C_{\text{р}}, \quad (2.17)$$

где  $C_{\text{ф}}$ ,  $C_{\text{р}}$  - соответственно фактическая и расчетная пропускная способность санитарно-гигиенических устройств (туалетов, душевых) из расчета на 1000 км дороги.

Перечисленные показатели позволяют проводить всестороннюю оценку транспортно-эксплуатационных качеств дорог и разрабатывать мероприятия по их улучшению.

### 2.3. Характеристики транспортных средств

Автомобильная дорога предназначена для движения транспортных средств. Поэтому все элементы автомобильной дороги должны обеспечивать безопасное и эффективное движение транспортных средств.

Дороги общего пользования не проектируют на движение таких транспортных средств и машин, как тракторы, сельскохозяйственные машины, негабаритные автопоезда и автопоезда для перевозки специальных негабаритных грузов, автомобилей со сверхнормативной нагрузкой на ось.

Элементы продольного профиля, плана, пересечений в одном и разных уровнях проектируют с учетом общих габаритных размеров транспортных средств и их динамических и тормозных возможностей. Дорожную одежду, мосты и путепроводы проектируют на расчетную весовую нагрузку от грузового автомобиля.

По автомобильным дорогам движутся разные типы грузовых и легковых автомобилей, поэтому элементы дорог проектируют или на наиболее характерный в транспортном потоке автомобиль, или на движение расчетного автомобиля.

Для предупреждения несоответствия между элементами автомобильных дорог и конструкцией автомобилей должны быть жестко нормированы требования к габаритным размерам и массе автомобилей. В настоящее время таким нормативным документом является Инструкция по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом по дорогам Российской Федерации, утвержденная Минтрансом России, МВД России и Федеральной автомобильно-дорожной службой РФ 27.05.1996 (с изм. от 22.01.2004) № 1146, в которой нормированы

максимально возможные габаритные размеры грузовых автомобилей и их масса.

В соответствии с указанной Инструкцией все транспортные средства в зависимости от осевых масс подразделяют на две группы:

- группа А - транспортные средства с осевыми массами наиболее нагруженной оси свыше 6 до 10 т включительно, предназначенные для эксплуатации на дорогах I - III категорий, а также на дорогах IV категории, одежды которых построены или усилены под осевую массу 10 т;

- группа Б - транспортные средства с осевыми массами наиболее нагруженной оси до 6 т включительно, предназначенные для эксплуатации на всех дорогах.

Транспортное средство с грузом или без груза считается тяжеловесным, если его весовые параметры превышают хотя бы один из следующих показателей:

- по осевой массе (нагрузке на дорогу, передаваемой колесами одиночной, наиболее нагружаемой оси) - значения, приведенные в табл. 2.1;

- по полной массе - значения, приведенные в табл. 2.2;

Таблица 2.1

Расстояние между осями, м	Осевая масса на каждую ось, т, не более	
	Транспортные средства группы А	Транспортные средства группы Б
Свыше 2	10	6
Свыше 1,65 до 2 включительно	9	5,7
Свыше 1,35 до 1,65 включительно	8*	5,5
Свыше 1 до 1,35 включительно	7	5
До 1	6	4,5

\* Для контейнеровозов - 9 т.

- при движении по мостовым сооружениям - значения, приведенные в табл. 2.3.

Инструкция № 1146 предусматривает возможность движения по дорогам высших категорий (I - III) транспортных средств группы А. Дорожные одежды этих дорог проектируют на нагрузку от транспортных средств этой группы. Дорожные одежды автомобильных дорог остальных категорий рассчитывают на нагрузку от транспортных средств группы Б.

Габаритные размеры транспортных средств по длине не должны превышать:

- одиночных автомобилей, автобусов, троллейбусов и прицепов - 12 м;
- автопоездов в составе автомобиль - прицеп и автомобиль - полуприцеп - 20 м;
- двухзвенных сочлененных автобусов и троллейбусов - 18м.

Габаритные размеры транспортных средств по ширине не должны превышать 2,5 м, для рефрижераторов и изотермических кузовов допускается 2,6 м.

За пределы разрешенных габаритных размеров по ширине могут выступать:

- приспособления противоскольжения, надетые на колеса;
- зеркала заднего вида, элементы крепления тента, сконструированные с отклонением от нормативов, входя при этом в габарит;
- шины вблизи контакта с дорогой, эластичные крылья, брызговики колес и другие детали, выполненные из эластичного материала, при условии, что указанные элементы конструкции или оснастки выступают за габарит не более 0,05 м с любой стороны.

Таблица 2.2

Виды транспортных средств	Полная масса, т	Расстояние между крайними осями транспортных средств, м, не менее	
		группы А	группы Б
<i>Одиночные автомобили, автобусы, троллейбусы</i>			
Двухосные	18	12	3
Трехосные	25	16,5	4,5
Четырехосные	30	22	7,5
<i>Седельные автопоезда, (тягач с полуприцепом)</i>			
Трехосные	28	18	8
Четырехосные	36	23	11,2
Пятиосные и более	38	28,5	12,2
<i>Прицепные автопоезда</i>			
Трехосные	28	18	10
Четырехосные	36	24	11,2
Пятиосные и более	38	28,5	12,2
<i>Сочлененные автобусы и троллейбусы</i>			
Двухзвенные	28	-	10

- Примечания: 1. Для одиночных автомобилей (тягачей) не допускается превышение полной массы более 30 т.
2. Предельные значения полной массы транспортных средств допустимы при равномерном их распределении по осям с отклонением в осевых нагрузках не более 35%, а для передней оси - не более 40%.
3. Промежуточные между табличными значения параметров следует определять путем линейной интерполяции.

Таблица 2.3

Расстояние между крайними осями, м	Полная масса, т
Более 7,5	30
Более 10	34
Более 11,2	36
Более 12,2	38

- Примечания: 1. Для одиночных автомобилей (тягачей) не допускается превышение полной массы более 30 т.
2. Предельные значения полной массы транспортных средств допустимы при равномерном их распределении по осям с отклонением в осевых нагрузках не более 35 %, а для передней оси - не более 40 %.
3. Промежуточные между табличными значения параметров следует определять путем линейной интерполяции.

Габаритные размеры транспортных средств по высоте не должны превышать 4 м.

К крупногабаритным относятся также транспортные средства, имеющие в своем составе два и более прицепа (полуприцепа), независимо от ширины и общей длины автопоезда.

К отрицательным последствиям приводят нарушения не только наибольших высотных габаритных размеров, но и минимально допустимых. Так, с отрицательным влиянием нарушения габаритных размеров автомобилей столкнулись дорожники США, когда автомобильными фирмами в погоне за прибылью стали создаваться полуспортивные легковые автомобили, обеспечивающие низкое положение глаз водителя. Это привело к увеличению числа дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом в пределах вертикальных кривых дороги из-за резкого снижения расстояния видимости.

При проектировании мостов и путепроводов принимают более высокие расчетные нагрузки, чем при проектировании дорог, обеспечи-

вающие возможность пропуска одиночных транспортных средств большой грузоподъемности.

При расчете мостов принимается нормированная нагрузка - условная колонна автомобилей и одиночной гусеничной повозки, габаритные размеры и массу которых выбирают с учетом перспективы развития автомобильных транспортных средств. Расчетная колонна автомобилей состоит из ряда следующих друг за другом на равном расстоянии нормальных автомобилей, среди которых имеется один утяжеленный.

При сдаче моста в эксплуатацию проводят испытание его на устойчивость под действием нормативной нагрузки. Для этого полностью загруженные большегрузные автомобили размещают на мосту, одновременно измеряют деформации конструкций моста.

### 3. ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ И ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

#### 3.1. Надежность и проезжаемость автомобильных дорог

*Надёжность* автомобильной дороги характеризуется вероятностью обеспечения среднегодовой технической скорости движения транспортного потока, близкой к оптимальной в течение нормативного срока (межремонтного периода между капитальными ремонтами дорожной одежды) службы дорожной одежды. Количественно эта вероятность выражается числом автомобилей в составе транспортного потока, движущихся со скоростью не ниже оптимальной, отнесенным к общему числу автомобилей [1].

Можно говорить о надежности отдельных элементов дороги: дорожной одежды, геометрических элементов, искусственных сооружений. Поэтому надёжность автомобильной дороги определяется надежностью ее отдельных элементов.

В настоящее время наиболее детально вопросы надежности разработаны для дорожных одежд. Основой оценки надежности является учет случайных изменений прочностного состояния дорожной одежды.

На рис. 3.1 показан пример изменения надежности усиленной нежесткой дорожной одежды в зависимости от ее срока службы.



Рис. 3.1. Изменение надежности дорожной одежды в зависимости от срока службы:

$t_p$  - расчетный срок службы дорожной одежды

На графике видно резкое уменьшение надежности после 12 лет эксплуатации дорожной одежды. Уменьшение надежности начинается после расчетного срока службы  $t_p$  дорожной одежды.

При росте интенсивности движения по геометрической прогрессии расчетный срок службы определяют по формуле

$$t_p = I + \frac{I}{\lg q} \lg \left( \frac{I q^{T_{cl}} - I}{T_{cl} q - I} \right), \quad (3.1)$$

где  $q$  - знаменатель геометрической прогрессии, описывающий рост интенсивности движения от года к году;  $T_{cl}$  - срок службы, лет.

Кривая, представленная на рис. 3.1, описывается уравнением

$$p = 1 - r_i, \quad (3.2)$$

где  $p$  - надежность дорожной одежды по прочности;  $r_i$  - степень деформируемости дорожной одежды:

$$r_i = 1 - \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \int_{K_{np1}}^{K_{np2}} \exp \left[ -\frac{(K_{np} - \bar{K}_{np})^2}{2\sigma_k^2} \right] dK_{np}, \quad (3.3)$$

где  $\sigma_k$  - среднее квадратическое отклонение коэффициента прочности на участках с остаточными деформациями;  $\bar{K}_{np}$  - среднее значение коэффициента прочности на участке с остаточными деформациями, обычно  $\bar{K}_{np} = 0,7$ ;  $K_{np} = E_{\phi}/E_{тр}$ ;  $E_{\phi}$ ,  $E_{тр}$  - соответственно фактический и требуемый модуль упругости дорожной одежды;  $K_{np1}$ ,  $K_{np2}$  - численные значения коэффициентов прочности, в пределах которых определяют величину  $r_i$ .

Надежность тесно связана с понятием *отказа*, под которым понимается событие, заключающееся в потере работоспособности объекта.

Для дорожной одежды под отказом понимается событие, при котором нарушается возможность выполнения транспортным потоком определенной удельной работы,  $t \cdot \text{км/ч}$  или  $t \cdot \text{км/сут}$ . Отказ дорожной одежды может возникнуть при снижении ее прочности, ухудшении ровности и сцепных качеств дорожного покрытия. Учитывая, что появление отказов дорожной одежды происходит не сразу, а по мере ее эксплуатации, меро-

приятия по улучшению состояния дорожных одежд следует выполнять стадийно.

В начальный период эксплуатации дороги уровень ее надежности наивысший и определяется принятой конструкцией дорожной одежды и основания.

В процессе эксплуатации характеристики дорожного покрытия не остаются постоянными, происходит снижение первоначального качества дорожного покрытия.

В момент необходимости капитального ремонта дорожное покрытие достигает своих предельных технических характеристик, при этом дальнейшая эксплуатация дороги становится невозможной, т.е. возникает отказ. Этот момент характеризуется нижним предельно допустимым уровнем надежности. В случае невыполнения средних ремонтов нижний предел наступает быстро вследствие интенсивного прогрессирующего разрушения дорожного покрытия. При выполнении работ по содержанию дорог и средних ремонтов отдалаются сроки проведения капитального ремонта и, следовательно, увеличивается общий срок службы дорожного покрытия. Сроки проведения текущих и средних ремонтов являются технико-экономическим понятием. Путем периодических ремонтов повышается надежность покрытия до экономически целесообразного уровня.

Таким образом, возникающие на дороге отказы устраняют ремонтами. Общая долговечность всей дороги складывается из суммы сроков службы конструкции, определяемых временем наступления промежуточных отказов.

После исчерпания возможностей конструкции по обеспечению требуемых эксплуатационных характеристик на основе ремонтов и содержания необходим перевод этой конструкции в новое качественное состояние на основе реконструкции, т. е. устройства более капитального дорожного покрытия.

Рекомендуется следующая зависимость для оценки уровня надежности битумоминерального покрытия:

$$p = \exp\left(-\frac{ht_p}{m}\right), \quad (3.4)$$

где  $h$  - текущее значение площади, подверженной деформации, тыс. м<sup>2</sup>;  $t_p$  - время, необходимое для ремонта 1000 м<sup>2</sup> дорожного покрытия одной бригадой, ч;  $m$  - число ремонтных бригад.

Понятие надежности может быть применено и к таким элементам дороги, как поперечный профиль и геометрические элементы. В этом случае под отказом следует понимать событие, когда интенсивность движе-



ния превышает пропускную способность дороги при рассматриваемых дорожных условиях.

В соответствии с теорией надежности надежность дороги в целом оценивается надежностью ее составных элементов (дорожной одежды и покрытия, искусственных сооружений, земляного полотна, геометрических элементов).

Дорога, имеющая несколько полос движения, при небольшой интенсивности движения представляет собой резервируемую систему, в которой исключается полный отказ, так как имеется возможность переключения движения на действующую проезжую часть.

Более узким понятием является *проезжаемость дороги*. Под проезжаемостью автомобильной дороги понимается возможность проезда одиночных автомобилей разных типов с минимально допустимой скоростью в разные периоды года.

Условия проезда существенно меняются в течение года для одной и той же дороги. Дороги высших категорий должны обеспечивать круглогодичную проезжаемость. На дорогах I категории благодаря оперативному содержанию дороги обеспечивают практически одинаковые условия проезда как в летний, так и в осенне-зимний периоды. По этим дорогам возможен проезд всех типов автомобилей, выпускаемых отечественной автомобильной промышленностью с нагрузкой, не превышающей расчетную. Ограничения проезжаемости могут быть только для специальных или сверхтяжелых транспортных средств, имеющих большую массу, так как толщина дорожной одежды и конструкция искусственных сооружений не всегда рассчитываются на пропуск таких нагрузок. В этом случае следует говорить о проезжаемости дороги для рассматриваемого типа транспортных средств.

Дороги более низких категорий имеют ограниченную проезжаемость для разных типов автомобилей. Наличие крутого подъема не влияет на проезжаемость по дороге легковых автомобилей, но оказывает большее влияние на режим движения тяжелых грузовых автомобилей.

Проезжаемость дороги при наличии кривых малых радиусов в плане зависит от габаритных размеров автомобилей. Могут возникнуть ситуации, при которых для проезда крупногабаритных автомобилей потребуется осуществление специальных мероприятий по уширению проезжей части.

Дорога может оказаться полностью или частично непроезжаемой для транспортных средств, имеющих большие габаритные размеры по высоте.

На некоторых дорогах возможны случаи полного отсутствия проезжаемости вследствие временного затопления в весенний период, заносов снегом зимой.

Характерным случаем отсутствия проезжаемости для отдельных видов транспорта является период появления на некоторых дорогах низких категорий пучин.

Решающее влияние на проезжаемость дорог оказывают природно-климатические условия. Так, например, появление гололеда приводит к резкому снижению проезжаемости дорог часто на длительные периоды (иногда на 8...12 ч).

Наиболее существенное влияние оказывают природно-климатические условия на проезжаемость грунтовых дорог. В сухое время года такие дороги имеют хорошую проезжаемость, однако в весенний и осенний периоды становятся практически не проезжаемыми для обычных автомобилей.

На условия проезжаемости таких дорог влияют типы грунтов.

Таким образом, на проезжаемость автомобильных дорог оказывают влияние следующие факторы: состояние и прочность дорожной одежды; состояние проезжей части; природно-климатические условия.

Опыт эксплуатации дорог с незначительной интенсивностью движения показывает, что с экономической точки зрения имеет смысл закрывать движение на отдельных дорогах низких категорий в неблагоприятные периоды. Этот способ снижения стоимости строительства дорог широко используется дорожниками Индии. Вместо водопропускных труб строят лотки, обеспечивающие пропуск воды в период паводка. Большую часть года эти лотки проезжаемы, так как реки оказываются полностью пересохшими.

Весьма полезным является наличие в дорожно-эксплуатационных участках карт или схем степени проезжаемости дорог для разных транспортных средств. Сведения о проезжаемости дорог необходимы для планирования маршрутов пассажирских и грузовых перевозок автотранспортными предприятиями. Учет показателей надежности и проезжаемости автомобильных дорог позволяет давать более полную характеристику транспортно-эксплуатационного состояния дороги.

### **3.2. Ровность дорожного покрытия**

Ровность дорожного покрытия является одним из основных показателей, характеризующих удобство движения по дороге и оказывающих

решающее влияние на скорость движения автомобилей и транспортную работу дороги в целом.

При плохом состоянии дорожного покрытия значительно ухудшаются условия движения: появляются вредные для водителя и автомобиля вибрации, существенно усложняются условия работы водителя, так как ему длительное время приходится отслеживать состояние проезжей части, часто изменяя траекторию движения, осуществляя торможение и разгоны. Всем этим внимание водителя отвлекается от других важных с точки зрения безопасности дорожного движения элементов дороги и автомобиля. Поэтому ухудшение ровности дорожного покрытия приводит к повышению аварийности.

Простейшим прибором для определения ровности дорожного покрытия и основания является трехметровая рейка (рис. 3.2, *а*).

Степень ровности дорожного покрытия оценивается по зазору между нижней плоскостью рейки, уложенной на проезжую часть, и поверхностью дорожного покрытия.

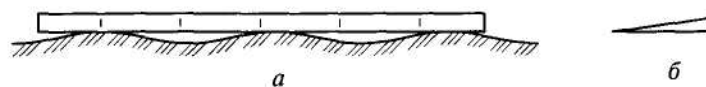


Рис. 3.2. Трехметровая рейка (*а*) с мерным клином (*б*)

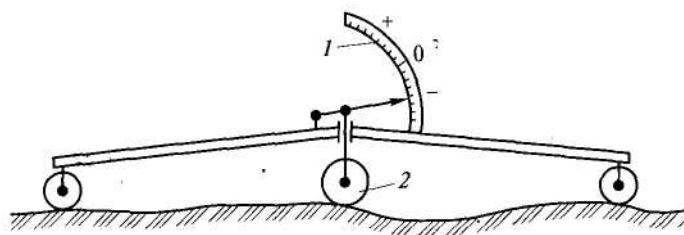


Рис. 3.3. Передвижная двухопорная рейка ПКТ-1:  
*1* - шкала замера неровностей; *2* - колесо-индикатор

Просветы под трехметровой рейкой измеряются с помощью клина (рис. 3.2, *б*) в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга. Места приложения рейки должны равномерно располагаться по длине участка измерений. Общее число из-

мерений просветов под рейкой на участке измерений должно быть не менее 120. Максимальный просвет под рейкой допускается не более 5 мм.

Основным недостатком такого способа определения ровности дорожного покрытия является высокая трудоемкость и недостаточная точность.

К более совершенным приборам измерения ровности дорожного покрытия относятся двухопорная рейка ПКР-1 (рис. 3.3) и прибор РК-1 (рис. 3.4).

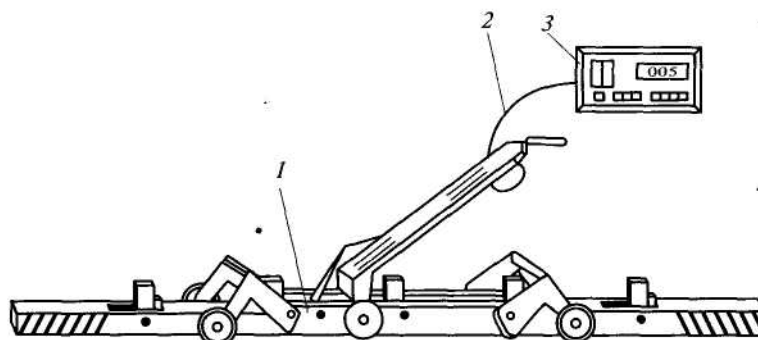


Рис. 3.4. Прибор РК-1:

1 - измерительная рейка; 2 - электрический кабель;  
3 - электронный измерительный блок

При измерении ровности дорожного покрытия двухопорная рейка (см. рис. 3.3) прокатывается по проезжей части и через равные расстояния (обычно через 1...3 м) регистрируются размеры просветов.

Прибор РК-1 (см. рис. 3.4) предназначен для оценки ровности дорожного покрытия при приемке выполненных дорожно-строительных и ремонтных работ.

Прибор состоит из измерительной рейки 1 длиной 3 м и электронного измерительного блока 3, соединенного с рейкой посредством гибкого электрического кабеля 2. На рейке установлены пять бесконтактных датчиков линейных перемещений, размещенных вдоль рейки через 50 см. К корпусу рейки прикреплены поворотные кронштейны, на которых установлены колеса. В середине рейки закреплен рычаг управления. На заднем колесе установлен бесконтактный датчик для регистрации пройденного пути. На лицевой панели электронного блока установлен двоич-

ный переключатель, служащий для ввода значения допускаемого просвета для данного типа дорожного покрытия путем набора цифр.

На контролируемом участке дороги рейку перемещают и через определенные расстояния прикладывают к дорожному покрытию. В месте измерения просветов производят запись размеров просветов в память прибора с суммированием их числа в трех диапазонах: до предельного значения просвета, от предельного до двукратного значения и свыше этого значения.

В приборе предусмотрена сигнализация при обнаружении просветов свыше двукратного значения заданного предела (место брака дорожного покрытия). Диапазон измерений дорожных просветов составляет 0...50 мм.

Ровность дорожного покрытия также может быть измерена путем суммирования колебаний кузова движущегося автомобиля относительно его заднего моста.

Приборы для оценки ровности дорожного покрытия по сумме сжатия рессор называют толчкомерами.

Существуют разные конструкции толчкомеров: ТХК-2, ПКРС-2, ТЭД-2М, ИВП-1М и др.

Толчкомер конструкции ТХК-2 (рис. 3.5) устанавливают в кузове автомобиля над его задним мостом.

Колебания рессор через гибкий трос передаются на барабан счетного механизма толчкомера. Ровность дорожного покрытия оценивают суммарным сжатием рессор автомобиля на участке дороги длиной 1 км при постоянной скорости движения 50 км/ч. Регистрация показаний толчкомера осуществляется на бумажной ленте печатающего устройства счетного механизма, включаемого в нужный момент времени. Производительность толчкомера ТХК-2 составляет 170 км/смена.

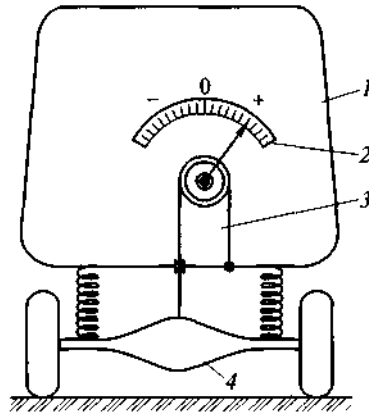


Рис. 3.5. Толчкомер ТХК-2:  
 1 - кузов автомобиля; 2 - шкала замера неровностей;  
 3 - трос; 4 - задний мост автомобиля

По результатам измерений строят линейный график ровности дорожного покрытия (толчкограмму).

Установлена устойчивая корреляционная зависимость между показаниями толчкомера ТХК-2 и средним размером просвета под трехметровой рейкой:

$$S_{ТХК} = 7,1h^{1,7}, \quad (3.5)$$

где  $S_{ТХК}$  - показания толчкомера, см/км;  $h$  - средний размер просвета под трехметровой рейкой, мм.

Динамометрическая установка ПКРС-2 (рис. 3.6) состоит из прицепного одноколесного прибора, оборудованного датчиком ровности дорожного покрытия и установленного в автомобиле пульта управления.

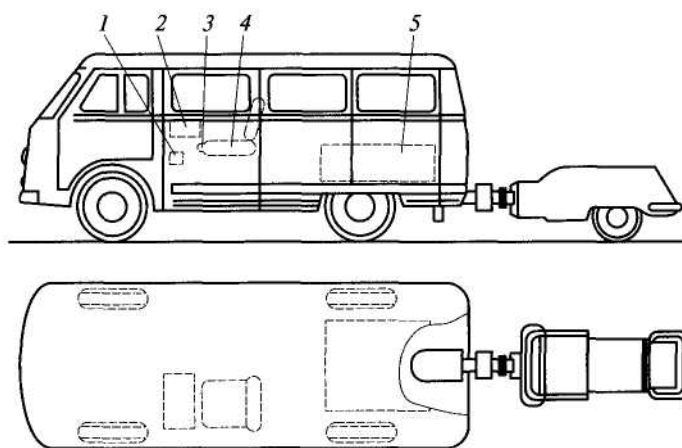


Рис. 3.6. Динамометрическая установка ПКРС-2:  
 1 - тормозная педаль прицепа; 2 - пульт управления; 3 - рычаг водополива;  
 4 - место оператора; 5 - бак для воды

Измерения производят в следующем порядке. Включают электропитание записывающего устройства, развивают скорость движения автомобиля до 50 км/ч до начала контролируемого участка, включают записывающее устройство.

На графике записывающего устройства фиксируют значения показателя ровности дорожного покрытия (в см/км).

В случае несоответствия постоянной скорости движения автомобиля по каким-либо причинам значению 50 км/ч полученные при этой скорости движения, например при 60 км/ч, показания приводят к значению показателя при скорости 50 км/ч по формуле

$$S_{50} = \frac{S_v + 1,52v_{cp} - 75,76}{0,0094v_{cp} + 0,533}, \quad (4.6)$$

где  $S_v$  - показание толкомера при фактической скорости движения, см/км;  $v_{cp}$  - средняя скорость движения автомобиля,  $v_{cp} = 35...65$  км/ч.

Результаты измерений сравнивают с минимально допустимыми, в результате чего выявляют участки с неудовлетворительной ровностью дорожного покрытия.

Динамометрический прицеп типа ПКРС-2У представляет собой, как и установка ПКРС-2, одноколесный прицеп, буксируемый автомобилем. Благодаря наличию сцепки, изготовленной в виде параллелограмма, наружная рама прицепа постоянно сохраняет положение, параллельное поверхности дорожного полотна. Прицеп используют в составе передвижной дорожной лаборатории КП-514МП или любого транспортного средства, снабженного бортовым компьютером. Показатель ровности дорожного покрытия определяют по суммарному перемещению колеса прицепа относительно инерционной массы его корпуса на единицу длины дороги.

Достоинствами электронного толчкомера с дистанционным управлением ТЭД-2М (рис. 3.7) являются следующие:

- использование муфты прямого и обратного хода, полностью исключая люфты по сравнению с другими толчкомерами;
- использование индуктивного или оптического датчика импульсов, позволяющего осуществлять счет до 1000 имп./мин;
- использование электронного счетчика импульсов толчкомера, собранного на интегральных микросхемах с цифровой индикацией на световом табло;
- наличие электронного секундомера (таймера), синхронно работающего со счетчиком импульсов;
- наличие запоминающего устройства счета импульсов и времени;
- дистанционное управление, позволяющее оператору находиться в любой точке кузова автомобиля.

Толчкомер ТЭД-2М состоит из двух основных узлов: механической части датчика импульсов и электронного счетчика импульсов с таймером в блоке дистанционного управления.

Механическая часть датчика импульсов состоит из приводного барабана 7, соединенного с муфтой 3 прямого и обратного хода. Вращение приводного барабана на оси 2 осуществляется под воздействием вертикальных перемещений троса 9, один конец которого закреплен через пружину 5 к корпусу прибора 6, второй - к заднему мосту 10 автомобиля через отверстие 8 в днище кузова автомобиля.



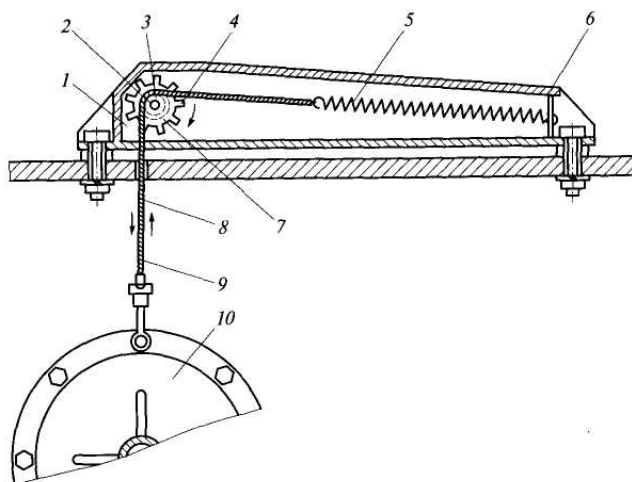


Рис. 3.7. Толчкомер ТЭД-2М:

- 1 - датчик; 2 - ось; 3 - муфта прямого и обратного хода; 4 - обтюратор; 5 - пружина;  
 6 - корпус прибора; 7 - приводной барабан; 8 - отверстие в днище кузова;  
 9 - трос;  
 10 - задний мост автомобиля

При воздействии неровностей на движущийся автомобиль происходит вертикальное перемещение заднего моста автомобиля относительно кузова, которое фиксируется муфтой 3 прямого и обратного хода путем вращения обтюратора 4 только в одном направлении. Лепестки обтюратора проходят в непосредственной близости от датчика 1, за счет чего сигнал с выхода датчика поступает на электронный счетчик. Вертикальное перемещение троса на 1 см дорожного покрытия дает один импульс на электронный счетчик.

При длине измеряемого участка менее или более 1 км показания толчкомера приводят к нормированной единице измерения см/км:

$$S_H = \frac{S_1 L_H}{L_1}, \quad (3.7)$$

где  $S_1$  - показания толчкомера;  $L_H$  - нормированная длина участка, км;  $L_1$  - длина контролируемого участка, км.

При измерении ровности дорожного покрытия проезд автомобиля должен осуществляться по полосам наката. Число проездов по каждой

полосе движения (в прямом и обратном направлении) должно составлять для дорог I, II категорий три проезда; III, IV категорий - два проезда; V категории - один проезд.

Дорожное покрытие удовлетворяет требуемым условиям эксплуатации по ровности при величине фактического показателя ровности дорожного покрытия меньше предельно допустимого значения или равного ему (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Интенсивность движения, авт./сут.	Категория дороги	Тип дорожной одежды	Предельно допустимый показатель продольной ровности дорожного покрытия, см/км			Допустимое число просветов под трехметровой рейкой, превышающих указанные в СНИП 3.06.03-85, %
			по прибору ПКРС-2	по толчкоммеру ТХК-2, установленному на автомобиле		
				УАЗ-2206	ГАЗ-31022 «ГАЗель»	
Более 7000	I	Капитальный	540	100	220	6
3000 - 7000	II	То же	660	120	270	7
1000 - 3000	III	»	860	170	350	9
		Облегченный	1100	240	460	12
500 - 1000	IV	То же	1200	265	500	14
200 - 500		Переходного типа	-	340	510	-
До 200	V	Низший	-	510	720	-

Требования отечественной нормативной документации к ровности дорожных покрытий автомобильных дорог соответствуют следующим значениям *IRI*: для дорог I, II категорий значение показателя *IRI* не должно превышать 4,5...4,7 м/км, для III категории - 5,3...5,5 м/км, для IV категории - 6,3...6,5 м/км.

Ровность дорожного покрытия оказывает большое влияние на скорость движения. По мере ухудшения ровности происходит снижение

скорости движения автомобилей всех типов. Эта зависимость с достаточной точностью может быть описана уравнениями:

для легковых автомобилей при  $5 < S < 8000$  см/км

$$v = 70,0 - 0,016 S; \quad (3.8)$$

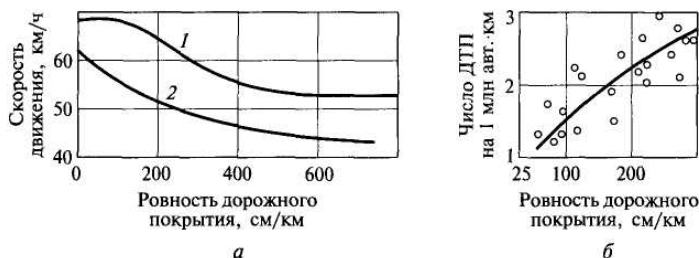


Рис. 3.8. Влияние ровности дорожного покрытия на скорость движения (а) и аварийность (б):

1 - для легковых автомобилей; 2 - для грузовых автомобилей

для грузовых автомобилей при  $5 < S < 8000$  см/км

$$v = 55,0 - 0,023 S, \quad (3.9)$$

где  $S$  - показания толчкомера, см/км.

Общий анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях показывает, что с ухудшением ровности дорожного покрытия число дорожно-транспортных происшествий возрастает. Однако рост дорожно-транспортных происшествий наблюдается до некоторого предела, затем происходит резкое снижение числа происшествий вследствие уменьшения скорости движения автомобилей из-за плохой ровности дорожного покрытия.

Установлена следующая зависимость для оценки числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт. • км при  $80 < S < 300$  см/км:

$$N_{ДТП} = 0,0915 S^{0,5}, \quad (3.10)$$

где  $S$  - показание толчкомера при скорости 50 км/ч, см/км.

Основными причинами дорожно-транспортных происшествий на участках дорог с неудовлетворительной ровностью дорожного покрытия

являются взаимное столкновение автомобилей, движущихся на малой дистанции, при резком торможении переднего автомобиля перед неровностью (или выбоиной), а также столкновения автомобилей при внезапных заездах на полосу встречного движения при объезде неровностей.

Возможны также дорожно-транспортные происшествия в ночное время вследствие ослепления водителей отраженным светом фар от поверхности воды, заполняющей неровности.

Практика показывает, что при очень высокой ровности дорожного покрытия водители склонны к превышению безопасных скоростей движения. Поэтому в настоящее время наряду с решением проблемы обеспечения высокой ровности дорожного покрытия ставится задача разработки мероприятий по предупреждению водителей о превышении безопасной скорости движения.

Одним из таких мероприятий является устройство шумовых и трясущих поперечных полос на опасных участках дорог.

Шумовые поперечные полосы получают путем поверхностной обработки дорожного покрытия битумно-щебеночной смесью с крупностью щебня 5...15 и 15...25 мм. Трясущие поперечные полосы шириной 0,5...1 м и высотой 5...10 см выполняют из асфальтобетона. Использование таких полос приводит к значительному снижению скоростей движения автомобилей.

Необходимо сочетание создания хорошей ровности дорожного покрытия с обустройством дороги, обеспечивающим оптимальную эмоциональную напряженность водителя.

Конечным результатом ухудшения ровности дорожного покрытия является рост себестоимости автомобильных перевозок. Получена следующая зависимость относительной себестоимости перевозок от ровности дорожного покрытия:

Показания толчкомера, см/км	20	100	250	500	1000
Относительная себестоимость перевозок, %	100	110	127	156	227

Ухудшение ровности дорожного покрытия, отражаемое показаниями толчкомера  $S$ , см/км, связано с количеством грузов  $Q$ , млн. т брутто, которое может пропустить дорога, линейной зависимостью:

$$S = \alpha Q + \beta. \quad (3.11)$$

Значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  в уравнении (4.16) зависят от типа дорожного покрытия:

Дорожные покрытия	$\alpha$	$\beta$
Усовершенствованные: капитальные (нежесткие)	9	60
облегченные	23,5	90
Переходные: обработанные вяжущим	47	140
необработанные	110	270

Продолжение эксплуатации дорожных покрытий при показаниях толчкомера, превышающих 500 см/км, ведет к прогрессирующему ухудшению их ровности, появлению выбоин вплоть до разрушения дорожных покрытий.

Требования к предельно допустимому снижению ровности дорожного покрытия нормируются по минимуму суммарных приведенных расходов автомобильного транспорта на перевозки грузов и дорожного хозяйства, на ремонты дорожных покрытий.

Таблица 3.2

Тип дорожного покрытия	Предельно допустимые показатели толчкомера, см/км, при интенсивности движения, авт./сут,				
	Менее 500	500...1000	1000...2000	2000...3000	Более 3000
Асфальтобетонное, цементобетонное	-	220...270	160...220	130...160	130
Гравийное и щебеночное, обработанные органическими вяжущими	400	290...400	290...400	180...200	-

Таблица 4.3

Тип дорожного покрытия	Показание толчкомера, см/км, для дорог		Состояние дорожного покрытия
	I, II категорий	III категории	
Асфальтобетонное	Менее 50	Менее 50	Отличное
	50...100	50...150	Хорошее
	100...200	150...300	Удовлетворительное
	Более 200	Более 300	Неудовлетворительное
Цементобетонное	Менее 50	Менее 75	Отличное
	50...100	75...200	Хорошее
	100...200	200...300	Удовлетворительное
	Более 200	Более 300	Неудовлетворительное

При этом учитывается ежегодный прирост интенсивности движения, снижение скорости на неровных покрытиях и ряд других факторов. Дифференцированные требования к предельным допустимым показаниям толчкомера в период эксплуатации дороги, установленные по минимуму суммарных приведенных расходов, указаны в таблице 3.2.

Показания толчкомера дают возможность оценить состояние дорожного покрытия (табл. 3.3).

При нормировании межремонтных сроков необходим учет уменьшения срока службы дорожного покрытия до очередного ремонта в связи с ростом интенсивности движения. С учетом этого задача нормирования может быть решена как возвращение ровности дорожного покрытия путем проведения среднего ремонта к исходному уровню до достижения некоторого предельного значения ровности  $S_{пред}$ .

Поддержание ровности дорожного покрытия позволяет существенно снизить расходы как на ремонт автомобилей, так и на ремонт дорожной одежды.

### **3.3. Скользкость и шероховатость дорожного покрытия**

Скользкость дорожного покрытия - важная характеристика транспортно-эксплуатационного состояния дороги. Критерием скользкости дорожного покрытия является *коэффициент сцепления*. Недостаточное сцепление шины колеса с дорожным покрытием является, как правило, первопричиной дорожно-транспортных происшествий с тяжелыми последствиями.

Статистика показывает, что вследствие низкого значения коэффициента сцепления в весенний и осенний периоды происходит до 70 % всех дорожно-транспортных происшествий, в летний период - 30 %. Вместе с тем коэффициент сцепления мало влияет на скорость движения.

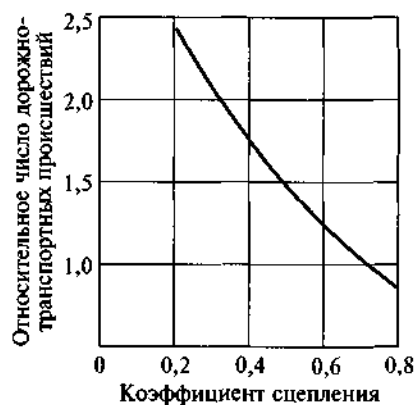


Рис. 3.9. Влияние коэффициента сцепления на аварийность

Так, снижение скорости движения при увлажнении дорожного покрытия не превышает 10...12 км/ч. Проведенные в США исследования на участке автомобильной магистрали после увлажнения дорожного покрытия показывают незначительные уменьшения средних скоростей движения (всего на 3...5 км/ч).

Наиболее резкое снижение скорости (на 20 км/ч) наблюдается при появлении гололеда, поскольку водители в этот период наиболее осторожны. Для рекомендации водителям безопасных режимов движения, а также для выявления участков дорог с низкими сцепными качествами необходимы данные о значении коэффициента сцепления.

Коэффициент сцепления измеряют с помощью портативных (малогабаритных) приборов, динамометрических установок и методом торможения.

При измерении коэффициента сцепления *портативными приборами* не требуется специальных установок и автомобилей. С помощью этих приборов возможно измерение коэффициента продольного сцепления на площадях ограниченного размера.

Недостатком портативных приборов являются малые размеры резинового элемента, имитирующего протектор автомобильной шины. По этой причине такие приборы не используют для измерения коэффициента сцепления грубошероховатой поверхности. Другим недостатком портативных приборов является моделирование качения колеса автомобиля с низкими скоростями.

Коэффициент продольного сцепления дорожного покрытия измеряют не менее чем на трех участках на каждом километре каждой полосы движения. В каждом месте делают по три измерения. При наличии между измерениями расхождений, превышающих 0,05, число измерений увеличивают до пяти. За показатель скользкости принимают среднее арифметическое значение коэффициента сцепления. Результаты измерений на всем протяжении сдаваемого участка наносят на линейный график.

Определение коэффициента сцепления с помощью *динамометрических установок* производят при движении автомобиля с определенной скоростью. Существует много конструкций динамометрических установок. Как правило, установки состоят из одноколесного прицепа. Наиболее совершенной является динамометрическая установка типа ПКРС-2 (см. рис. 4.6).

Динамометрическими тележками определяют коэффициент сцепления по силе тяги, необходимой для протаскивания по дорожному покрытию заторможенного колеса с заданной постоянной скоростью. Сила сцепления шины тележки и дорожного покрытия при торможении  $P_x$ , Н, определяется динамометром.

Коэффициент продольного  $\varphi_l$  сцепления определяют по формуле

$$\varphi_l = P_x / G, \quad (3.12)$$

где  $G$  - вертикальная нагрузка, которая передается колесом на дорогу, Н.

В тележках подобной конструкции направление усилий совпадает с плоскостью качения колеса.

Измерение коэффициента продольного сцепления следует производить не ранее чем через 2 недели после окончания устройства дорожного покрытия.

На дорогах и улицах, находящихся в эксплуатации, испытания следует проводить при движении испытательного колеса по полосе наката левых колес транспортных средств, использующих данную полосу движения, а на дорогах и улицах с вновь устроенным дорожным покрытием - в пределах всей ширины полосы движения.

На каждом из испытываемых участков длиной не менее 1 км последовательно выполняют не менее пяти испытаний.

Во Франции для определения коэффициента продольного сцепления применяют установку Grip Tester. С ее помощью проводят измерение сил трения колеса с гладким протектором на влажном дорожном покрытии при движении с коэффициентом проскальзывания 15 %.



Установка представляет собой прицеп, буксируемый автомобилем, оснащена персональным компьютером типа Notebook для записи, обработки и хранения результатов измерений.

Скорость движения при выполнении измерений 15...30 км/ч, производительность 60 км/смена.

При отсутствии специальных динамометрических прицепов и портативных приборов разрешается определение коэффициента сцепления методом тормозного пути или по отрицательному ускорению.

Для контроля сцепления дорожного покрытия по отрицательному ускорению необходимо оборудование автомобиля регистрирующей аппаратурой и акселерометром - прибором, измеряющим отрицательное ускорение в процессе торможения. Автомобиль с установленным акселерометром разгоняют до определенной скорости (40...50 км/ч), а затем резко тормозят. Через 3...4 с торможение прекращают и берут отсчет по акселерометру.

Коэффициент продольного сцепления определяют по формуле

$$\varphi_l = j/g, \quad (3.13)$$

где  $j$  - отрицательное ускорение,  $\text{м/с}^2$ ;  $g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Однако приведенная зависимость справедлива только для горизонтальных участков дороги и прямолинейного движения автомобиля.

Для измерения коэффициента сцепления *методом тормозного пути* автомобиль разгоняют по увлажненному дорожному покрытию до скорости не выше 40...50 км/ч и в момент пересечения намеченного створа тормозят до полной остановки. Коэффициент продольного сцепления в этом случае определяют по длине измеренного тормозного пути:

$$\varphi_l = \frac{K_3 v^2}{254 S_T} \pm i, \quad (3.14)$$

где  $K_3$  - коэффициент эффективности торможения, для легковых автомобилей  $K_3 = 1,2$ ;  $v$  - скорость в начале торможения, км/ч;  $S_T$  - длина тормозного пути, м;  $i$  - продольный уклон дорожного покрытия (знак «минус» для движения на подъеме, знак «плюс» для движения на спуске), отн. ед.

Результаты измерений методом тормозного пути несколько превышают значения, полученные с помощью динамометрического прицепа.

Существенное влияние на коэффициент сцепления оказывает температура воздуха.

В качестве эталона принимают коэффициент сцепления, полученный при температуре воздуха 20 °С.

При определении коэффициента сцепления при других температурах вводят поправки:

Температура воздуха, °С.....	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Поправка.....	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	0	+0,01	+0,01	+0,02	+0,02

Состояние дорожного покрытия по сцепным качествам оценивают путем сравнения фактического значения коэффициента продольного сцепления с его предельно допустимым значением. Дорожное покрытие удовлетворяет требованиям эксплуатации, если фактическое значение коэффициента сцепления оказывается больше предельно допустимого значения или равным ему. Предельно допустимое значение коэффициента продольного сцепления установлено в ГОСТ Р 50597 - 93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения» и составляет 0,3 при измерении шиной без рисунка протектора и 0,4 при измерении шиной, имеющей рисунок протектора.

С целью повышения коэффициента сцепления устраивают поверхностную обработку, обеспечивающую высокую шероховатость, или устраивают дорожные покрытия, способствующие быстрому отводу поверхностного стока с дороги.

Требуемые значения коэффициента сцепления для дорог I - III категорий в зависимости от особенностей их участков и условий движения при увлажненной поверхности дорожного покрытия приведены в табл. 3.4.

Появление приборов, позволяющих измерять коэффициент поперечного сцепления, дает возможность нормирования значений этого коэффициента. В ряде стран (Великобритания, Франция и др.) коэффициент поперечного сцепления принят в качестве основного показателя сцепных качеств дорожного покрытия, так как он более точно отражает взаимодействие шины колеса автомобиля с дорожным покрытием в момент дорожно-транспортного происшествия.

Исследования показывают, что значения коэффициента сцепления зависят от многих факторов, связанных с состоянием дорожного покрытия, шины, условиями взаимодействия шины с дорожным покрытием. Существенное влияние на коэффициент сцепления оказывают скорость

движения, рисунок протектора, давление в шинах, нагрузка на колесо, режим торможения и особенно тип дорожного покрытия, его состояние, температура и шероховатость.

Таблица 3.4

Условия движения	Характеристика участков дорог	Коэффициент продольного сцепления $\varphi_1$
Легкие	Участки прямые или на кривых в плане радиусами 1000 м и более, горизонтальные с продольными уклонами не более 30 %, с элементами поперечного профиля, с укрепленными обочинами, без пересечений в одном уровне, при загрузке не более 0,3	0,45
Затрудненные	Участки на кривых в плане радиусами 250...1000 м, на спусках и подъемах с уклонами 30...60 %, в зонах сужений проезжей части, а также участки, отнесенные к легким условиям движения при уровне загрузки в пределах 0,3...0,5	0,45...0,5
Опасные	Участки с видимостью менее расчетной; подъемы и спуски с уклонами, превышающими расчетные; зоны пересечений в одном уровне; участки, отнесенные к легким и затрудненным условиям, при уровнях загрузки свыше 0,5	0,6

### 3.4. Природно-климатические факторы и транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги

Автомобильные дороги как транспортные сооружения работают при постоянном воздействии природно-климатических факторов и дви-

жения транспортных средств. Наиболее значительно изменяются транспортно-эксплуатационные качества дорог по сезонам года.

В зимний период решающее влияние на условия движения оказывают снежные заносы, гололед, туман, низкая температура, короткая продолжительность светлого времени суток.

Близкими по влиянию на транспортно-эксплуатационные качества дорог являются осенний и весенний периоды. Для осеннего периода характерно переувлажнение земляного полотна и дорожной одежды, появление кратковременного гололеда, большое количество осадков, туман. В этот период значительно загрязняется проезжая часть, что приводит к резкому снижению коэффициента сцепления шины колеса с дорожным покрытием, разрушаются обочины, уменьшается эффективная ширина проезжей части.

Весенний период характерен резкими колебаниями температуры в течение суток и резкими переходами от сухой погоды к дождливой. В это время в связи с переувлажнением низа дорожной одежды снижается ее несущая способность, что требует ограничения движения тяжелых автомобилей.

Продолжительность разных сезонов года значительно меняется на территории России. Продолжительность зимнего периода колеблется от нескольких суток до 260 и более. Продолжительность весеннего периода колеблется от 30 до 120-125 суток. Осенний период примерно в 2 раза длиннее весеннего и колеблется от 65-70 до 110-120 суток.

Особенно подвержены влиянию разных природных факторов автомобильные дороги, проходящие в сложных условиях рельефа местности.

На дорогах, проходящих в горной местности, часто возникают туманы, обвалы, снежные лавины, селевые потоки. Это вызывает необходимость разработки специальных мероприятий по обеспечению возможности проезда по дорогам с учетом неблагоприятных природных явлений.

Для этого строят снегозащитные галереи, селедуки, проектируют поперечный профиль дороги, при котором обеспечивается наибольшая устойчивость земляного полотна.

Характерным является резкое колебание температуры, приводящее к разрушению дорожного покрытия. Попадание и замерзание воды в образовавшиеся трещины приводит к еще большему разрушению дорожного покрытия.

Для дорог, проходящих в равнинных районах, неблагоприятными являются осенний и весенний периоды, особенно для участков с высоким уровнем грунтовых вод.

К существенному снижению транспортно-эксплуатационных качеств приводит уменьшение расстояния видимости в тумане и при интенсивном пылеобразовании в сухой период года. Происходит снижение скоростей движения, возрастание числа дорожно-транспортных происшествий.

Состояние дорожного покрытия в течение года меняется следующим образом:

сухим покрытие бывает 67,9 %, мокрым - 17,1 % снежным накатанным - 8,2%, обледенелым - 6,8 % времени.

Транспортно-эксплуатационные характеристики дорог в зимний период во многом зависят от качества проведения работ по их содержанию. В большинстве случаев для этого периода наиболее характерны потеря четкого очертания земляного полотна, изменение размеров поперечного профиля проезжей части, сужение проезжей части на мостах и около близкорасположенных к проезжей части препятствий вследствие неполного удаления снега. Наличие снегозаносимых участков на дороге существенно ухудшает транспортно-эксплуатационные качества всей автомобильной дороги. На региональных дорогах протяженность снегозаносимых участков составляет 84 % общей протяженности дорог.

В зимний период эффективно используемая ширина проезжей части составляет 6...6,6 м на двухполосных дорогах с покрытием шириной 7 м; 8,7 м на трехполосных дорогах с покрытием шириной 11,5 м; 5,5...6,5 м для одного направления с проезжей частью шириной 7 м на четырехполосных дорогах с разделительной полосой.

В то же время на отдельных участках дорог в зимний период условия движения лучше, чем в летний период. Так, зимой «дикие» съезды и часть примыканий не используются, а летом и осенью с них заносится на дорогу грязь. При хорошей погоде и хорошем содержании дороги скорость движения зимой незначительно отличается от скорости движения в летний период.

Модальная скорость потока близка к 40 км/ч. В зимний период отмечается резкое разделение транспортного потока на медленно- и быстро движущиеся автомобили.

Этим объясняется появление резко выраженной двухвершинной кривой распределения скорости движения. В табл. 4.5 приведены данные

о скоростях движения в осенний, весенний и летний периоды года на отдельных участках дорог.

## 4. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ТРАНС- ПОРТНЫХ ПОТОКОВ

### 4.1. Скорость движения одиночных автомобилей

Для оценки принятых проектных решений и эффективности выбранных мероприятий по улучшению геометрических элементов дорог и повышению безопасности дорожного движения в качестве критерия применяют скорость движения [1].

Методы расчета скорости движения одиночных автомобилей основаны на положениях теории автомобиля и позволяют рассчитать теоретические максимальные значения скорости движения одиночного автомобиля в любой точке продольного профиля дороги криволинейного очертания.

Общий вид уравнения движения автомобиля по вертикальной кривой

$$\frac{A - (B + kF)v^2}{0,1G} = f + i + \frac{\delta}{g} \cdot \frac{dv}{dt}, \quad (4.1)$$

где  $A, B$  - коэффициенты, получаемые при аппроксимации кривой вращающего момента двигателя;  $k$  - коэффициент сопротивления воздуха;  $F$  - площадь проекции автомобиля на плоскость, перпендикулярную направлению его движения,  $m^2$ ;  $v$  - скорость движения автомобиля,  $m/c$ ;  $G$  - вес автомобиля,  $H$ ;  $f$  - коэффициент сопротивления качению;  $i$  - продольный уклон дороги, отн. ед.;  $\delta$  - коэффициент, учитывающий влияние вращающихся частей автомобиля;  $g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,8 m/c^2$ ;

$\frac{dv}{dt}$  - ускорение автомобиля,  $m/c^2$ .

После интегрирования уравнения (6.1) получаем выражение для определения скорости

$$v = \sqrt{(v_H^2 - k_1) \exp(-\mu S_1) + k_1 + k_2 S_1}, \quad (4.2)$$

где  $v_H$  - начальная (входная) скорость движения на участке дороги,  $m/c$ ;

$k_1 = \frac{1}{b}(a - f \pm i) + \frac{k_2}{\mu}$ ;  $a = \frac{A}{G}$ ;  $b = \frac{B + kF}{G}$ ;  $\mu = \frac{2gb}{\delta}$ ;  $S_1$  = расстояние от

начала участка,  $m$ ;

$$k_2 = -\frac{1}{R}; R - \text{радиус вертикальной кривой, м.}$$

Эффективность использования метода расчета скорости движения автомобиля в проектировании автомобильных дорог зависит от того, насколько точно этим методом учитывается влияние элементов дорог на скорость движения.

Развитие и совершенствование методов расчета скорости движения, основанных на теории автомобиля, заключалось в более полном учете реальных условий движения, геометрических элементов плана и продольного профиля дороги.

Максимально возможная скорость движения на участках кривых в плане

$$v = \sqrt{127R(\gamma_2\varphi_2 \pm i_B)}, \quad (4.3)$$

где  $R$  - радиус кривой в плане, м;  $\gamma_2\varphi_2$  - используемая доля коэффициента поперечного сцепления, принимаемая в зависимости от скорости движения в пределах от 0,18 для скорости движения 20 км/ч до 0,11 для скорости движения 150 км/ч;  $i_B$  - поперечный уклон, ‰.

Максимально возможная скорость движения на вогнутых кривых в плане

$$v = \sqrt{13aR}, \quad (4.4)$$

где  $a$  - центробежное ускорение,  $a \approx 0,5...0,7 \text{ м/с}^2$ .

Скорость движения на выпуклых вертикальных кривых определяют с учетом среднего уклона отдельных участков ломаной, которой заменяют вертикальную выпуклую кривую (в зависимости от длины кривой отдельные участки ломаной принимают равными 50; 100 или 200 м).

Скорость движения в конце участка

$$v_K = \sqrt{v_H^2 - 254L_p(D - f - i_{cp})}, \quad (4.5)$$

где  $v_H$  - скорость движения в начале участка, км/ч;  $L_p$  - длина участка ломаной, м;

$D$  - средний динамический фактор для интервала скоростей;  $f$  - коэффициент сопротивления качению;  $i_{cp}$  - средний уклон на участке, отн. ед.;  $i_{cp} = i_n - \Delta i/2$ ;

$i_n$  - уклон в начальной точке участка, отн. ед.;  $\Delta i$  - изменение уклонов на участке, отн. ед.



Среднюю скорость движения на дороге определяют по средней скорости движения на отдельных элементах дороги:

$$v_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i v_{cpi}}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad (4.6)$$

где  $v_{cpi}$  - средняя скорость движения на отдельных элементах, соответствующих  $S_i$ , км/ч;  $\sum_{i=1}^n S_i$  - длина всей дороги, км.

Минимальное время движения при максимальной средней скорости движения

$$t_{min} = \sum S' / v_{cp}.$$

Рассмотренные методы расчета скорости движения на участках с малыми продольными уклонами не дают результатов, близких к реальным.

Для получения более точных значений скорости по формуле (6.2) было предложено учитывать степень открытия дроссельной заслонки двигателя автомобиля, %:

$$p_{op} = 0,2 + 16\psi - 83\psi^2, \quad (4.7)$$

где  $\psi$  - суммарные дорожные сопротивления.

При расчетах скорости движения степень открытия дроссельной заслонки ориентировочно принимают следующей:

Уклон, %.....	0...40
40...70	70 и более
Степень открытия дроссельной заслонки двигателя автомобиля, %.....	50...60
80...85	100

Особенно важна точность определения скорости движения при оценке безопасности дорожного движения по методу коэффициентов безопасности.

В этом случае необходимо иметь данные о допустимой скорости движения на отдельных элементах дороги. Значения скорости движения, получаемые по описанным выше методам, следует проверять по формулам расчета предельно допустимых скоростей движения:

на кривых в плане

$$v_{\text{дон}} = \sqrt{127R(\mu \pm i_{\text{п}})}, \quad (4.8)$$

где  $R$  - радиус кривой в плане, м;  $\mu$  - коэффициент поперечной силы,  $\mu = 0,15$ ;  $i_{\text{п}}$  - поперечный уклон, отн. ед;

на кривых в плане при ограниченной видимости

$$v_{\text{дон}} = \sqrt{\frac{127(\varphi_1^2 - i^2)}{k_3 \varphi_1}}(S - 5), \quad (4.9)$$

где  $\varphi_1$  - коэффициент продольного сцепления;  $i$  - продольный уклон, на котором расположена кривая, отн. ед.;  $S$  - расстояние видимости, м,  $S = \sqrt{8RB/2}$ ;  $B$  - ширина земляного полотна, м;  $5$  - запас пути для остановки перед препятствием, м;  $k_3$  - коэффициент эксплуатационных условий торможения, для легкового автомобиля  $k_3 = 1,45$ , для грузового автомобиля  $k_3 = 1,8$ ;

на подъемах с уклоном  $i$  (до 20 ‰), заканчивающихся горизонтальным участком:

$$v_{\text{дон}} = \sqrt{\frac{127(\varphi + i)}{k_3}}(S - 5), \quad (4.10)$$

при выпуклом переломе с сопрягающимися уклонами  $i_1$  и  $i_2$

$$v_{\text{дон}} = \sqrt{\frac{127(\varphi + i_1)(\varphi + i_2)}{k_3 \varphi}}(S - l_0), \quad (4.11)$$

где  $S$  - расстояние видимости для уравнений (6.10) и (6.11), определяемое по формуле  $S = \sqrt{9,6R}$ ;  $l_0$  - запас пути, м.

При определении скорости движения необходимо учитывать психофизиологическое воздействие дорожных условий на водителя. Рекомендуют следующие значения коэффициента  $\tau_3$ , учитывающего восприятие водителями дорожных условий:

Для получения графика скоростей движения, близкого к фактическому, расчет необходимо вести с учетом переменной степени открытия дроссельной заслонки двигателя автомобиля в зависимости от дорожных условий, а затем полученные расчетом значения скорости движения умножить на коэффициент психологического восприятия водителями дорожных условий  $\tau_3$ , т.е.  $v_{\text{ф}} = \tau_3 v_{\text{т}}$ .

### Дорожные условия $\tau_3$

Конец спуска (уклона более 30 %) с последующим подъемом.....	1,2
Горизонтальная кривая протяженностью 1 000 м.....	0,8
Малый мост.....	0,85
Большой (средний) мост.....	0,7

#### 4.2. Скорость движения транспортных потоков

В условиях высокой интенсивности движения большое значение приобретает оценка транспортно-эксплуатационных качеств дорог с позиций пропуска транспортных потоков.

Расчет скоростей движения транспортных потоков позволяет решать важные технико-экономические задачи, вопросы выбора средств и методов организации дорожного движения. Для оценки скорости движения транспортного потока можно использовать корреляционные уравнения, описанные в подразд. 4.2, 4.3. При этом средняя скорость движения транспортного потока на отдельном элементе дороги при  $0,01 < z < 0,85$

$$v_v = v \Theta v_0 - \alpha_l k_\alpha N, \quad (4.12)$$

где  $v$  - коэффициент, учитывающий средневзвешенное влияние состояния дорожного покрытия на скорость движения потока в зависимости от природно-климатических условий;  $\Theta$  - коэффициент, учитывающий влияние геометрических элементов дороги, состава транспортного потока и средств организации дорожного движения;

$v_0$  - средняя скорость свободного движения однородного потока, состоящего из легковых автомобилей, на прямолинейном горизонтальном участке дороги с шириной проезжей части 7,5 м, краевыми полосами по 0,75 м и укрепленными обочинами шириной 3,5 м,  $v_0 = 70$  км/ч;  $\alpha_l$  - коэффициент, учитывающий долю легковых автомобилей в составе транспортного потока;  $k_\alpha$  - коэффициент, учитывающий наличие дорожной разметки (табл. 6.1);  $N$  - интенсивность движения, авт./ч.

Таблица 6.1

Наличие разметки	Коэффициент психологического восприятия водителями дорожных условий $\tau_3$ при ширине проезжей части, м					$k_a$
	6	7	7,5	9	10,5	
Без разметки	0,7	0,9	1	1,05	1,1	1
Краевая разметка	0,64	0,87	0,98	1,08	1,15	0,82
Осевая прерывистая разметка	0,68	0,89	1	1,05	1,1	0,76
Осевая прерывистая в сочетании с краевой разметкой	0,55	0,74	0,74	1,08	1,15	0,7
Сплошная разделительная линия	0,59	0,75	0,75	1,04	1,1	0,62

Коэффициент  $\nu$  определяют следующим образом:

$$\nu = \frac{m_1 g_1 + m_2 g_2 + m_3 g_3 + m_4 g_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}, \quad (4.13)$$

где  $m_1, m_2, m_3, m_4$  - число дней эксплуатации соответственно при гололеде, влажном дорожном покрытии, снежном покрове на проезжей части и сухом дорожном покрытии

(определяют по климатическим справочникам);  $g_1, g_2, g_3, g_4$  - коэффициент снижения скорости движения соответственно при гололеде ( $g_1 = 0,45$ ), влажном дорожном покрытии ( $g_2 = 0,85$ ), снежном покрове ( $g_3 = 0,8$ ) и сухом состоянии проезжей части ( $g_4 = 1$ ).

Коэффициент  $\Theta$  определяют по формуле

$$\Theta = \tau_1 \tau_2 \tau_3, \quad (4.14)$$

где  $\tau_1$  - коэффициент, учитывающий влияние продольного уклона;  $\tau_2$  - коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока на скорость свободного движения;  $\tau_3$  - коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и средств организации дорожного движения на скорости свободно движущихся автомобилей.

Значения коэффициента  $\tau_1$  в зависимости от величины уклона следующие:

Уклон, ‰.....	0	20	30	40	50	60	70	80
$\tau_1$ .....	1	0,92	0,84	0,76	0,68	0,56	0,45	0,34

Значения коэффициента  $\tau_2$  для разного состава потока следующие:

Доля легковых автомобилей в потоке, %...100	70	50	40	20	10	0	
$\tau_2$ .....	1	0,9	0,8	0,78	0,75	0,67	0,62

Расчетные значения коэффициента  $\tau_3$  для разных сочетаний дорожных элементов при использовании средств организации дорожного движения таких, как разметка, необходимо несколько корректировать в соответствии с данными табл. 6.1.

Значения коэффициента  $\alpha_{л.}$ , установленные по результатам обработки экспериментальных исследований, принимают для практических расчетов следующими:

Доля легковых автомобилей в потоке, %.....	0	10	20	40	50	70	100
$\alpha_{л.}$ .....	0,02	0,018	0,016	0,013	0,012	0,01	0,007

На величину коэффициента  $\alpha_{л.}$  оказывают также влияние продольные уклоны и их протяженность (табл. 6.2), кривые в плане:

Радиусы кривых в плане, м.....	Менее 150	200	300	400	500	Более 600
Поправочные коэффициенты к значению $\alpha_{л.}$ .....	1,2	1,15	1,11	1,1	1,02	1

Для оценки средней скорости быстродвижущихся автомобилей транспортного потока рекомендуется использовать выражение

$$v_{n.б.} = v\Theta_{\sigma}v_0 - \alpha_{\sigma}N, \quad (4.15)$$

при этом  $\Theta_{\sigma} = \tau_{1\sigma}\tau_{2\sigma}$ ;  $0,01 < z < 0,85$ ,

где  $\tau_{1\sigma}$  - коэффициент, учитывающий влияние подъемов;  $\tau_{2\sigma}$  - коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока;  $\alpha_{\sigma}$  - коэффициент, зависящий от состава транспортного потока.

Значения коэффициента  $\tau_{16}$  в зависимости от величины уклона следующие:

Уклон, %	0	20	40	60	80	100
$\tau_{16}$	1	1	0,95	0,92	0,85	0,75

Значения коэффициента  $\tau_{26}$  в зависимости от состава движения следующие:

Доля легковых автомобилей в потоке, %	100	70	50	40	20	10
$\tau_{26}$	1	0,99	0,95	0,9	0,8	0,75

Таблица 6.2

Длина подъема, м	Поправочные коэффициенты к значению $\alpha_n$ при уклоне, ‰			
	30	40	50	60
Менее 200	1,1	1,15	1,21	1,3
350	1,11	1,2	1,25	1,32
500	1,19	1,25	1,3	1,36
Более 800	1,22	1,32	1,38	1,45

Значения коэффициента  $\alpha_6$  в зависимости от состава движения следующие:

Доля легковых автомобилей в потоке, %	10	20	50	60	80
$\alpha_6$	0,032	0,03	0,027	0,023	0,019

Приведенный расчетный метод эффективен для решения полного комплекса задач, требующих оценки скоростей движения транспортных потоков по участкам с меняющимися дорожными условиями, т.е. для решения задач технико-экономического проектирования дорог и организации дорожного движения.

В соответствии с ОДН 218.0.006 - 2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог» определение средней скорости движения транспортного потока производится в следующей последовательности.

На каждом характерном участке дороги (на протяжении которого основные элементы, параметры и характеристики дороги остаются неизменными) определяют значение фактически обеспеченной максимальной скорости движения, км/ч:

$$v_{\phi \max} = 120 K_{p.c.}^{умог} = 120 K\Pi_{Ди}, \quad (4.16)$$

где  $K\Pi_{Ди} = K_{p.c.}^{умог}$  - комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния дороги, который определяют по линейному графику оценки транспортно-эксплуатационного состояния дороги.

Снижение скорости при изменении интенсивности движения и состава транспортного потока

$$\Delta v = 120 \Delta K_{p.c.}, \quad (4.17)$$

где  $\Delta K_{p.c.}$  - снижение коэффициента обеспеченности расчетной скорости движения при изменении интенсивности движения и состава транспортного потока (см. табл. 10.16, 10.17).

Средняя скорость транспортного потока на каждом характерном участке дороги

$$v_{\Pi i} = v_{\phi \max} - t \sigma_v - \Delta v, \quad (4.18)$$

где  $t$  - функция доверительной вероятности, для доверительной вероятности 85 %  $t = 1,04$ ;  $\sigma_v$  - среднее квадратическое отклонение скорости движения транспортного потока, км/ч.

Значения  $t \sigma_v$  для двух- и многополосных дорог приведены в табл. 6.3 и 6.4.

Таблица 4.3

$v_{ф\ max}$ , км/ч	$t\sigma_v$ , км/ч, для двухполосных дорог при доле грузовых автомобилей и автобусов				
	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
20	4,3	4	4	3,8	3,7
30	5	4,6	4,5	4,2	4,1
40	6,1	5,3	5,1	4,8	4,6
50	7,5	6,2	6	5,5	5,2
60	9,2	7,3	7	6,4	6,0
70	11,3	8,7	8,2	7,5	7
80	13,6	10,3	9,6	8,8	8,1
90	16,3	12,1	11,2	10,2	9
100	19,2	14	13	11,8	10,7
110	22,5	16,2	15	13,5	12,2
120	26,1	18,6	17,1	15,4	13,9
130	30	21,2	19,4	17,5	15,7

Таблица 4.4

$v_{ф\ max}$ , км/ч	$t\sigma_v$ , км/ч, для многополосных дорог в зависимости от местоположения полос движения		
	правая крайняя	средние	левая крайняя
20	1,6	1,5	1,4
30	1,7	1,6	1,5
40	2,5	1,7	1,6
50	3,2	2,5	1,8
60	4,6	3,3	2,6
70	6,5	4,1	3,3
80	8,2	5,9	4,3
90	9,9	7,7	5,7
100	12,3	9,8	7
110	14,8	11,5	8,8
120	17,9	13,6	10,5
130	20,5	16,4	12,3
140	23,1	18,7	13,3
150	26,2	21,3	15,6

Средневзвешенная скорость транспортного потока по всей дороге, км/ч:



$$v_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n v_{\Pi i} l_i}{L}, \quad (4.19)$$

где  $v_{\Pi i}$  - средняя скорость транспортного потока на каждом характерном участке дороги, км/ч;  $l_i$  - протяженность каждого характерного участка дороги, км;  $n$  - число характерных участков;  $L$  - длина дороги, км.

Средняя скорость легковых автомобилей транспортного потока

$$v_{л} = (1,3 \dots 1,4) v_{\Pi}. \quad (4.20)$$

Средняя скорость грузовых автомобилей транспортного потока

$$v_{gp} = (0,9 \dots 0,92) v_{\Pi}.$$

### 4.3. Пропускная способность автомобильных дорог

Методика расчета пропускной способности автомобильных дорог в соответствии с Руководством по оценке пропускной способности автомобильных дорог, утвержденном Минавтодором РСФСР 24.08.1981, основана на использовании коэффициентов ее снижения.

Такой подход к учету влияния дорожных условий на пропускную способность является очень удобным в практической работе. Для определения пропускной способности  $P$  используют результаты измерения скорости движения одиночных автомобилей и максимальной плотности транспортного потока:

$$P = \omega \alpha v_{св} q_{\max}, \quad (4.21)$$

где  $\omega$  - коэффициент, учитывающий загрузку движением встречной полосы, при равномерном распределении  $\omega = 1$ , при свободной встречной полосе движения ( $N < 100$  авт./ч)  $\omega = 1,3$ , при загруженной встречной полосе движения  $\omega = 0,99$ ;  $\alpha$  - коэффициент, зависящий от дорожных условий,  $\alpha = 0,18 \dots 0,23$ , обычно принимают  $\alpha = 0,19$ ;  $v_{св}$  - скорость движения одиночных автомобилей на рассматриваемом элементе дороги, км/ч;  $q_{\max}$  - максимальная плотность транспортного потока, авт./км.

Коэффициент снижения пропускной способности дороги определяют как отношение пропускной способности  $P$  рассматриваемого элемента дороги к пропускной способности дороги с особо благоприятными условиями движения  $P_{\max}$ :

$$\beta = P/P_{\max}. \quad (4.22)$$

Максимальная пропускная способность  $P_{\max}$  соответствует следующим дорожным условиям и составу транспортного потока:

прямолинейный горизонтальный участок большой протяженности без пересечений;

ширина полосы движения 3,75 м; укрепленные обочины шириной 3 м;

сухое дорожное покрытие с высокой ровностью и шероховатостью;

транспортный поток состоит только из легковых автомобилей;

отсутствуют какие-либо препятствия на обочинах, вызывающие снижение скорости движения;

погодные условия благоприятные.

Пропускная способность в конкретных дорожных условиях, привед. авт./ч:

$$P = BP_{\max}, \quad (4.23)$$

где  $B$  - итоговый коэффициент снижения пропускной способности дороги.

При расчете рекомендуется исходить из следующих значений максимальной пропускной способности  $P_{\max}$ :

- двухполосные дороги - 2000 авт./ч (в оба направления);
- трехполосные дороги - 4000 авт./ч (в оба направления);
- дороги, имеющие четыре полосы движения и более: 1250 авт./ч для крайней правой, 1800 авт./ч для крайней левой, 1600 авт./ч для средних полос (на одной полосе).

Приведенные значения максимальной пропускной способности являются средними для указанных дорог.

В отдельных случаях на дорогах с двумя полосами движения была зафиксирована пропускная способность до 2800 авт./ч. Основной причиной снижения максимальной пропускной способности дороги является недостаточная протяженность участка с особо благоприятными условиями.

Итоговый коэффициент снижения пропускной способности:  
при любом числе влияющих факторов

$$B = (0,5 + 0,037b + 0,4513S + 0,0046R - 0,0053p_{\text{тр}} - 0,0038i + 0,0007c + 0,00118v_{\text{огр}}) \beta_{8..} \beta_{13}, \quad (4.24)$$

при числе влияющих факторов менее четырех

$$B = \beta_1 \beta_2 \dots \beta_{13}. \quad (4.25)$$

где  $b$  - ширина полосы движения, м,  $b = 3 \dots 3,75$  м;  $S$  - расстояние видимости, км,  
 $S = 0,045 \dots 0,4$  км, при  $S > 0,4$  принимают  $0,4513S = 0,18052$ ;  $R$  - радиус кривой в плане, км,  $R = 0,01 \dots 5$  км;  $p_{гр}$  - доля грузовых автомобилей в транспортном потоке, % (0...30 %);  $i$  - уклоны, ‰,  $i = 0 \dots 60$  ‰;  $c$  - расстояние до боковых препятствий, м,  $c = 0 \dots 10$  м;  $v_{огр}$  - ограничение скорости, км/ч,  $v_{огр} = 20 \dots 90$  км/ч;  $\beta_1 - \beta_{13}$  - частные коэффициенты, отражающие влияние соответственно ширины полосы движения ( $\beta_1$ ), бокового препятствия ( $\beta_2$ ), количества грузовых автомобилей в транспортном потоке ( $\beta_3$ ), продольного уклона ( $\beta_4$ ), расстояния видимости ( $\beta_5$ ), радиуса кривых в плане ( $\beta_6$ ), скорости движения ( $\beta_7$ ), типа пересечения ( $\beta_8$ ), состояния обочин ( $\beta_9$ ), типа дорожного покрытия ( $\beta_{10}$ ), типа сооружений для обслуживания проезжающих ( $\beta_{11}$ ), вида разметки проезжей части ( $\beta_{12}$ ), вида дорожных знаков ( $\beta_{13}$ ).

Пропускная способность при фактическом количестве автомобилей

$$P_{\phi} = P / (p_1 \beta' + p_2 \beta'' + \dots + p_n \beta^n), \quad (4.26)$$

где  $p_1, p_2, \dots, p_n$  - доля автомобилей отдельных типов в общем транспортном потоке;  $\beta', \beta'', \dots, \beta^n$  - коэффициенты приведения разных типов автомобилей к легковым.

Согласно СНиП 3.06.03 - 85 значения коэффициентов приведения следующие:

- для легковых автомобилей - 1;
- для мотоциклов и мопедов - 0,5;
- для грузовых автомобилей грузоподъемностью до 4 т - 1,5; 5 т - 2; 8 т - 2,5; 14 т - 3,5; свыше 14 т - 4,5;
- для автопоездов грузоподъемностью до 6 т - 3; 12 т - 3,5; 20 т - 4; 30 т - 5; свыше 30 т - 6;
- для автобусов - 3,5.

При промежуточных значениях грузоподъемности транспортных средств коэффициенты приведения определяют интерполяцией.

Пропускная способность трехполосных автомобильных дорог может быть определена также по формуле

$$P = 2,4 \alpha \alpha_v \alpha_N v_{св} q_{\max}, \quad (4.27)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий на пропускную способность,  $\alpha = 0,2$ ;  $\alpha_v$  - коэффициент, учитывающий влияние длины перегона между пересечениями и примыканиями на снижение скорости движения;  $\alpha_N$  - коэффициент, учитывающий влияние неравномерности распределения интенсивности движения по направлениям на степень загруженности средней полосы трехполосной дороги;  $v_{св}$  - скорость свободного движения, км/ч;  $q_{\max}$  - максимальная плотность транспортного потока на одной полосе движения, авт./км.

Степень загруженности средней полосы трехполосных дорог зависит от неравномерности распределения интенсивности движения по направлениям, характеризуемой коэффициентом  $K_N$ . Значение  $K_N$  определяется как отношение интенсивности движения автомобилей преобладающего направления к интенсивности движения встречного потока автомобилей. При  $K_N = 1$   $\alpha_N = 1$ , при  $K_N \geq 2$   $\alpha_N = 1,18$ .

Уровень загрузки дороги движением в часы пик не должен превышать предельно допустимых значений (табл. 6.5).

Таблица 4.5

Характеристика участков дороги	Предельно допустимые значения уровня загрузки дороги движением	
	для нового проектирования	для существующих дорог
Подъезды к аэропортам, железнодорожным станциям, морским и речным причалам и пристаням	0,2	0,5
Внегородские магистрали	0,45	0,6
Въезды в города, обходы и кольцевые дороги вокруг больших городов	0,55	0,65
Автомобильные дороги II, III категорий	0,65	0,7
Автомобильные дороги IV категории	0,7	0,75

Пропускная способность полосы движения на мосту, расположенном на прямой в плане и при продольном уклоне менее 10 ‰, может быть рассчитана по формуле

$$P_m = 420 + 43G - 2,285L + 0,257GL, \quad (4.28)$$

где  $G$  - габарит моста, м,  $7 < G < 13$  м;  $L$  - длина моста, м,  $100 < L < 300$  м.

Пропускная способность автомобильной дороги в пределах малого населенного пункта

$$P_{н.п} = (1968,8 - 487,5L + 11,2l + 7,5Ll) K_1 K_2, \quad (4.29)$$

где  $L$  - длина участка дороги в пределах населенного пункта, км,  $0,5 < L < 2,5$  км;  $l$  - расстояние от кромки проезжей части до линии застройки, м,  $5 < l < 25$  м;  $K_1$  - коэффициент, учитывающий влияние пешеходного движения,  $K_1 = 1 \dots 0,6$ ;  $K_2$  - коэффициент, учитывающий влияние стоянки у пункта обслуживания,  $K_2 = 1 \dots 0,6$ .

Оценка пропускной способности двухполосной дороги может быть определена по формуле

$$P = 413 + 27b - 4,07i + 0,065R + 434,6p_n, \quad (4.30)$$

где  $b$  - ширина проезжей части, м,  $7 \leq b \leq 9$  м;  $i$  - продольный уклон, ‰,  $0 \leq i \leq 60$  ‰;  $R$  - радиус кривой в плане, м,  $400 \leq R \leq 1000$  м;  $p_n$  - доля легковых автомобилей в транспортном потоке, отн. ед.,  $0,2 \leq p_n \leq 0,8$ .

Результаты определения пропускной способности дороги оформляют в виде линейного графика пропускной способности и уровней загрузки отдельных участков дороги. При этом учитывают наличие зоны влияния каждого элемента дороги, вызывающего снижение пропускной способности, в пределах которой происходит изменение режима движения транспортных потоков и пропускной способности дороги.

Следует исходить из следующих экспериментально установленных размеров зон влияния в каждую сторону от рассматриваемого элемента:

Населенные пункты.....	300 м
Участки подъемов длиной:	
до 200 м.....	350 м
более 200 м.....	650 м
Кривые в плане радиусом:	
более 600 м.....	100 м
менее 600 м.....	250 м
Участки с ограниченной видимостью:	
менее 100 м.....	150 м
100...350 м.....	100 м
более 350 м.....	50 м
Пересечения в одном уровне.....	600 м

Одновременно с линейным графиком изменения пропускной способности строят график изменения степени загрузки дороги движением.

При коэффициенте загрузки  $z > 0,5$  рекомендуется перестраивать участок дороги или предусматривать мероприятия по организации дорожного движения.

Линейные графики пропускной способности и коэффициента загрузки движением дают объективную характеристику транспортно-эксплуатационного состояния дороги.

Поэтому службы эксплуатации и организации дорожного движения должны иметь такие графики, чтобы обоснованно выбирать вид и очередность мероприятия по поддержанию высоких транспортных качеств дороги.

#### **4.4. Моделирование движения транспортных потоков**

При решении практических задач, связанных с проектированием элементов автомобильных дорог и систем управления движением по ним, целесообразным является статистическое моделирование на ЭВМ движения транспортного потока.

Транспортный поток представляет собой сложную систему, точное описание функционирования которой в комплексе аналитическими методами оказывается практически невозможным.

Проведение натурных экспериментов и исследований характеристик движения транспортного потока в реальных дорожных условиях связано со значительными трудностями: большими затратами труда, времени, средств и сложностью их правильной организации. Часто оказывается невозможным в течение короткого периода наблюдений за отдельными характеристиками транспортных потоков получение устойчивых зависимостей этих характеристик от интенсивности или скорости движения.

Методы математического моделирования транспортных потоков позволяют проводить экспериментальное исследование с помощью ЭВМ, моделируя разные интересующие ситуации, комбинации характеристик транспортного потока, наличие разных средств организации дорожного движения и т. д.

Наиболее эффективным является метод статистического моделирования транспортных потоков, при использовании которого случайные факторы имитируют при помощи случайных чисел, формируемых ЭВМ.

Поскольку изменение характеристик транспортных потоков при определенных состояниях происходит непрерывно, возможно применение аналоговых вычислительных машин (АВМ).

Эти два метода моделирования необходимо рассматривать как дополняющие друг друга, учитывая, что отдельные ситуации (например, следование за лидером) достаточно наглядно моделируются на АВМ. Исследования транспортных потоков в лабораторных условиях можно дополнять отдельными контрольными экспериментами непосредственно на дорогах.

Моделирование на ЭВМ включает в себя следующие этапы:

- постановка задачи;
- качественное формулирование процесса движения транспортно-го потока;
- разработка алгоритма решения задачи;
- разработка программы для ЭВМ;
- получение результатов моделирования;
- сопоставление результатов моделирования с данными контролируемого эксперимента для оценки качества моделирования;
- уточнение модели с учетом наблюдений;
- получение окончательной модели и разработка на ее основе практических рекомендаций.

Для использования методов математического моделирования на ЭВМ в практике проектирования дорог и организации дорожного движения необходимо иметь совершенно достоверные исходные данные: геометрические элементы дорог; средства регулирования; особенности восприятия водителями дорожных условий, отражающиеся на управлении автомобилем (развиваемое ускорение, интенсивность торможения и др.); режимы движения отдельных автомобилей; характеристики транспортного потока с учетом влияния элементов дороги и средств регулирования. Все эти данные должны быть установлены при детальном натурном наблюдении.

Возможны комбинации из следующих моделирующих алгоритмов: следование за лидером; свободное движение; маневрирование с учетом геометрических элементов дороги, числа полос движения и наличия средств организации дорожного движения.

Эффективность алгоритма следования за лидером зависит от правильности моделирования поведения водителя при этом режиме движения.

Алгоритм свободного движения зависит в первую очередь от правильности учета распределения интенсивности движения по направлениям, состава транспортного потока, распределения интервалов между автомобилями, режима движения одиночного автомобиля.

Моделирующий алгоритм маневрирования составляется с учетом принимаемых водителем решений на дорогах с разным числом полос движения и при наличии средств организации дорожного движения.

Моделирование по этому алгоритму возможно двумя способами: последовательное рассмотрение ситуаций в транспортном потоке через выбранный промежуток времени; рассмотрение ситуаций в транспортном потоке по принципу особых состояний.

В первом случае последовательно через равные промежутки времени рассматривают положения автомобилей, их скорости и т.д.

Во втором случае состояние транспортного потока рассматривают только в моменты изменения его состояния (особых состояний). Этот способ является более экономичным, так как требует меньших затрат машинного времени.

При выборе способа моделирования приходится учитывать вид решаемой задачи.

Использование первого способа предпочтительнее при моделировании сравнительно простых ситуаций или движения транспортных потоков по отдельным элементам дорог.

Второй способ более эффективен для моделирования движения транспортных потоков на большом протяжении дороги.

При моделировании транспортных потоков на ЭВМ с целью оценки эффективности применяемых средств организации дорожного движения и их влияния на режим движения

транспортных потоков необходимы правильная разметка расположения средств регулирования, наличие надежных фактических данных о влиянии отдельных дорожных знаков (в первую очередь предупреждающих) на режим движения транспортных потоков, знание закономерностей управления автомобилями при наличии разных средств организации дорожного движения, учет возможных видов маневров автомобилей в зоне действия средств организации дорожного движения.



## **5. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

### **5.1. Анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях**

Анализ распределения дорожно-транспортных происшествий на всем протяжении дороги и плотности их концентрации позволяет выявлять опасные участки и устанавливать степень влияния дорожных условий на аварийность.

В настоящее время существует общегосударственная система учета дорожно-транспортных происшествий на всей сети дорог страны, организацией которой занимается Главное управление ГИБДД МВД России.

Кроме этого, сведения о дорожно-транспортных происшествиях собираются и анализируются всеми дорожными и автотранспортными организациями. На каждое дорожно-транспортное происшествие заполняют специальную учетную карточку, данные которой по телетайпу передают в единый вычислительный центр МВД России для последующей обработки и анализа с помощью ЭВМ.

В государственную отчетность включают только те дорожно-транспортные происшествия, при которых погибают или получают ранения участники дорожного движения и возникает большой материальный ущерб. При обследованиях дорог учитывают все дорожно-транспортные происшествия, при этом большое внимание уделяется анализу данных из учетных карточек, имеющихся в ГИБДД МВД России.

О пострадавших собирают следующие сведения: возраст; профессия; средняя заработная плата; вид повреждения (легкие телесные повреждения, тяжелые телесные повреждения, смертельный исход).

К легким телесным повреждениям условно относятся те, при которых пострадавшим потеряна трудоспособность на срок менее 7 дней, к тяжелым телесным повреждениям - те, при которых пострадавшим потеряна трудоспособность на срок более 7 дней.

Для оценки экономических потерь вследствие дорожно-транспортных происшествий выясняют продолжительность нахождения пострадавших в больнице, срок потери трудоспособности, группу инвалидности (в случае, если пострадавший стал инвалидом).

При смертельном исходе устанавливают размер пособий, выплачиваемых семье погибшего.

По каждому дорожно-транспортному происшествию собирают также данные о участвовавших в них транспортных средствах, водителях,

пассажирах, пешеходах, состоянии погоды. Из карточки учета выписывают все сведения, касающиеся дорожных условий, времени и числа дорожно-транспортных происшествий.

При осмотре участков дороги, где возникают наиболее тяжелые дорожно-транспортные происшествия, собирают следующие данные:

- место происшествия; характеристика плана и профиля автомобильной дороги (горизонтальная прямая, кривая в плане, угол поворота трассы, длина кривой, наличие виража, уклона на спуске или подъеме, протяженность подъема и т. п.);

- ширина проезжей части и обочин; ширина проезжей части на мостах и подходах к ним;

- расстояние видимости встречного транспортного средства;

- наличие пересечений или примыканий, железнодорожных переездов; наличие автобусных остановок или стояночных площадок; наличие населенного пункта;

- сведения об инженерном обустройстве рассматриваемого участка дороги; состояние дорожного покрытия, обочин, откосов; наличие боковых препятствий, близко расположенных к проезжей части; отметка земляного полотна.

Особое внимание уделяется анализу распределения дорожно-транспортных происшествий по часам суток и устанавливается число и причины дорожно-транспортных происшествий в темное время суток и в период сумерек, когда резко ухудшаются условия видимости на дороге.

Принята следующая классификация дорожно-транспортных происшествий по видам: столкновение транспортных средств; опрокидывание транспортных средств; наезд на препятствие; наезд на пешехода; наезд на гужевой транспорт; наезд на велосипедиста; наезд на стоящее транспортное средство; наезд на животное; падение пассажира; прочие происшествия.

В результате анализа дорожно-транспортных происшествий строят графики распределения происшествий по дням недели, месяцам. Такие графики позволяют устанавливать периоды с наибольшим числом дорожно-транспортных происшествий. Места дорожно-транспортных происшествий наносят на линейный график при помощи условных обозначений.

## **5.2. Выявление опасных участков на автомобильных дорогах**

Данные о дорожно-транспортных происшествиях позволяют получить лишь частичную картину степени опасности движения по дороге и отдельным ее участкам.

Для выявления опасных участков и прогнозирования степени опасности отдельных участков дороги используют методы оценки коэффициентов аварийности и безопасности.

Коэффициентом безопасности  $K_{без}$  называется отношение максимальной скорости движения, обеспечиваемой тем или иным участком дороги,  $v$  к максимально возможной скорости въезда автомобилей на этот участок  $v_{вх}$ :

$$K_{без} = v/v_{вх}. \quad (5.1)$$

Участки дорог оценивают по степени опасности для движения, исходя из следующих значений коэффициентов безопасности:

$K_{без}$	Менее 0,4	0,4...0,6	0,6...0,8	Более 0,8
Характеристика участка дороги.....	Очень опасный	Опасный	Мало-опасный	Практически неопасный

При обследовании автомобильных дорог на основе линейного графика изменения скорости движения одиночного легкового автомобиля строят линейный график изменения коэффициента безопасности (рис. 5.1).

На этом графике выделяют участки дороги по степени опасности, особое внимание уделяется участкам со значением коэффициента безопасности менее 0,4. В проектах новых дорог не допускаются участки с коэффициентами безопасности,

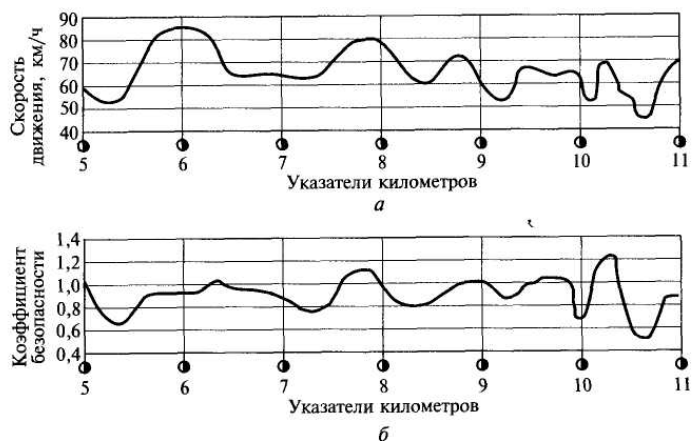


Рис. 5.1. Линейный график скорости движения и коэффициента безопасности

не превышающими 0,8. При разработке проектов реконструкции и капитального ремонта автомобильной дороги следует проводить перепроектирование участков с коэффициентами безопасности, не превышающими 0,6.

Степень опасности участка дороги может характеризоваться также *итоговым коэффициентом аварийности*, представляющим собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана и профиля дороги:

$$K_{ит} = K_1 K_2 \dots K_{17}, \quad (5.2)$$

где  $K_1, K_2, \dots, K_{17}$  - частные коэффициенты, равные отношению числа дорожно-транспортных происшествий на участке при том или ином параметре элемента плана и профиля дороги к числу дорожно-транспортных происшествий на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью шириной 7,5 м, шероховатым дорожным покрытием и укрепленными обочинами.

Значения частных коэффициентов аварийности приведены в ВСН 25-86 «Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах», утвержденном Минавтодором РСФСР 28.01.1986.

При определении значения коэффициента  $K_5$ , учитывающего влияние радиуса кривой в плане, вводят поправку на наличие виража. Для этого при оценке степени безопасности дорожного движения исходят из значения эквивалентного радиуса кривой, допускающего движение с той же скоростью, что и на рассматриваемой кривой, но имеющей уклон виража, равный уклону проезжей части на прямых участках:

$$R_{эkv} = \frac{\varphi_{кр} \pm i_{кр}}{\varphi_{пр} \pm i_{пр}} R_{кр}, \quad (5.3)$$

где  $\varphi$  - коэффициент поперечной силы, при расчетах на устойчивость принимаемый равным коэффициенту поперечного сцепления (примерно 0,6 коэффициента продольного сцепления);  $i$  - поперечный уклон, отн. ед.

Индекс «кр» относится к рассматриваемой кривой, а индекс «пр» - к характеристике проезжей части на прилегающем участке.

Для выявления опасных участков строят линейный график итоговых коэффициентов аварийности (рис. 5.2), на котором наносят сжатый план и профиль дороги с выделением всех элементов, от которых зависит

безопасность дорожного движения и для которых имеются частные коэффициенты аварийности (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересекающиеся дороги и т.п.).

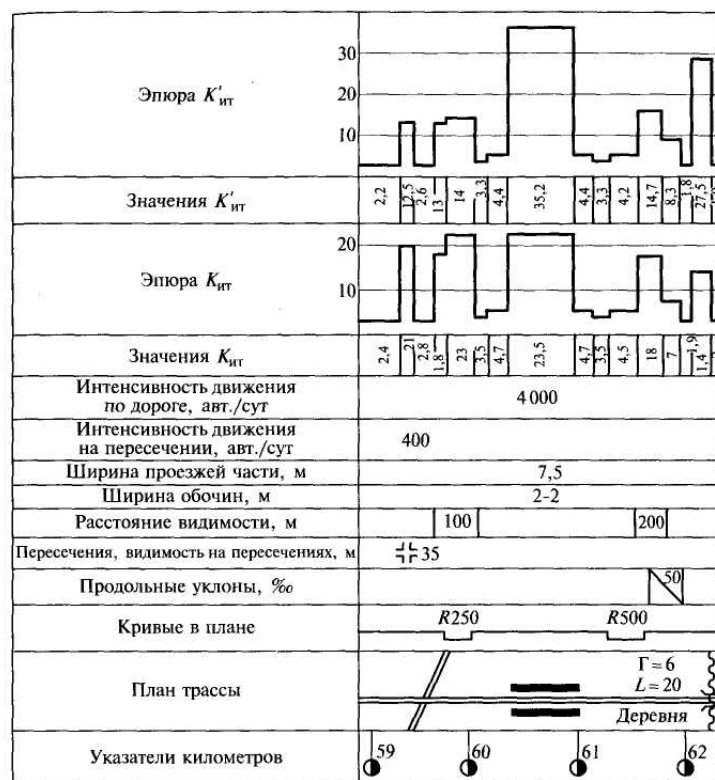


Рис. 5.2. Линейный график итоговых коэффициентов аварийности без учета ( $K_{ит}$ ) и с учетом ( $K'_{ит}$ ) стоимостных коэффициентов

На линейном графике итоговых коэффициентов аварийности фиксируют по отдельным перегонам среднюю интенсивность движения по данным учета, проводимого дорожными организациями, или установленную при обследованиях дорог.

На этом же графике показывают места дорожно-транспортных происшествий. Анализ линейного графика итоговых коэффициентов аварийности выполняют одновременно с анализом графика распределения дорожно-транспортных происшествий (см. подразд. 9.1).

В проектах новых дорог рекомендуется перепроектирование участков, на которых  $K_{ит} > 15...20$ .

В проектах реконструкции или капитального ремонта дорог в условиях холмистого рельефа предусматривается перестройка участков с  $K_{ит} > 25...50$  в зависимости от местных условий.

На существующих дорогах при  $K_{ит} > 10...20$  наносят разметку проезжей части, запрещающую обгон с выездом на полосу встречного движения. При  $K_{ит} > 20...40$  устанавливают знаки запрещения обгона и ограничения скорости.

При незначительном отличии коэффициентов аварийности на смежных участках и ограниченных возможностях быстрого улучшения всей дороги во время обследований необходимо устанавливать очередность улучшения условий дорожного движения или перестройки опасных участков.

Для этого при построении линейных графиков итоговых коэффициентов аварийности должна дополнительно учитываться тяжесть дорожно-транспортных происшествий.

Рекомендуется вводить к частным коэффициентам аварийности *коэффициенты тяжести*, или *стоимостные коэффициенты*, учитывающие возможные экономические потери от дорожно-транспортных происшествий.

За единицу дополнительных стоимостных коэффициентов принято среднее значение экономических потерь от одного дорожно-транспортного происшествия при разных дорожных условиях.

Частные коэффициенты тяжести  $m_1, \dots, m_{11}$  имеют следующие значения в зависимости от учитываемых факторов.

Ширина проезжей части, м:	
7 – 7,5.....	$m_1 = 1$
6.....	$m_2 = 1,2$
Продольный уклон, ‰	
более 30.....	$m_3 = 1,25$
менее 30.....	$m_4 = 1$
Радиусы кривых в плане, м:	
менее 350.....	$m_5 = 0,9$
более 350.....	$m_5 = 1$
Видимость, м:	
менее 250.....	$m_6 = 0,7$
более 250.....	$m_7 = 1$

Пересечения:				
в одном уровне.....				$m_8 = 0,8$
в разных уровнях.....				$m_9 = 0,9$
Населенные пункты.....				$m_{10} = 1,6$
Число полос движения.....	1	2	3	4 и более
$m_{11}$ .....	0,9	1	1,3	1

При выполнении практических расчетов для установления очередности улучшения участков дороги строят линейный график итогового коэффициента тяжести  $M_T$ , равного произведению частных коэффициентов:

$$M_T = m_1 m_2 \dots m_{11}. \quad (5.4)$$

Поправка к итоговым коэффициентам аварийности вводится при  $K_{ит} > 15$ . Для полной оценки степени опасности движения по дороге перемножают итоговый коэффициент аварийности и итоговый коэффициент тяжести:

$$K'_{ит} = K_{ит} M_T. \quad (5.5)$$

Указанные методы позволяют получить осредненную среднегодовую оценку условий движения на дороге, так как значения большинства частных коэффициентов определяются на основании данных об аварийности в среднем за год без учета различия в природно-климатических условиях отдельных районов Российской Федерации, а также сезонных колебаний аварийности, вызванных изменением состояния дорог и метеорологических условий.

Для оценки безопасности дорожного движения следует пользоваться графиками сезонных коэффициентов аварийности (рис. 5.3), учитывающими влияние природно-климатических условий и сезонов года.

Графики строят для характерных периодов года - летнего, осенне-весеннего и зимнего. При этом в значениях частных средних годовых коэффициентов аварийности вводят поправочные сезонные коэффициенты, учитывающие изменение влияния разных элементов дороги по сезонам года.

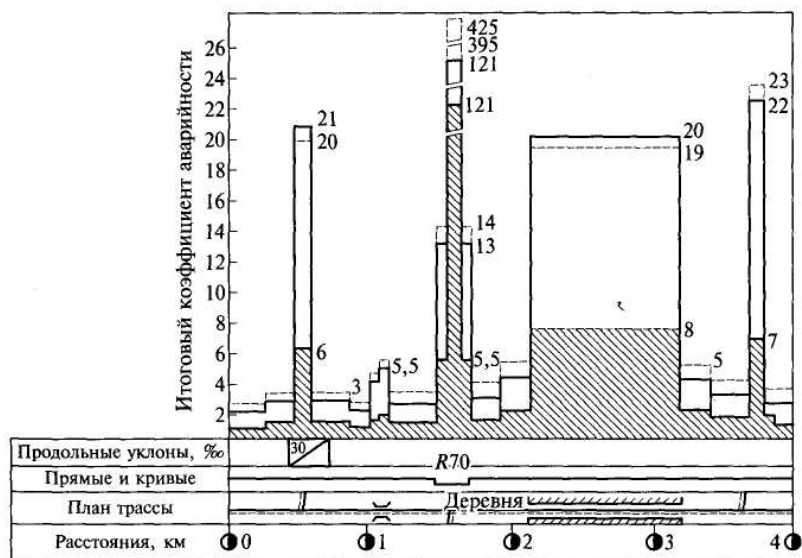


Рис. 5.3. Графики сезонных коэффициентов аварийности:

штриховка — лето; пунктир — весна-осень; сплошная — зима

При проектировании дорог значения частных коэффициентов аварийности по сезонам года назначаются на основании прогнозирования сезонных изменений условий движения. Для этого расчетные значения параметров дорог в неблагоприятные периоды года, необходимые для определения частных коэффициентов аварийности, могут быть вычислены путем умножения проектных значений на поправочные коэффициенты, учитывающие изменение параметров дорог по сезонам года.

Мероприятия по улучшению транспортно-эксплуатационных качеств дороги и их очередность предлагаются на основании совместного анализа линейных графиков коэффициентов безопасности, коэффициентов аварийности, итогового коэффициента тяжести, а также сезонных графиков коэффициентов аварийности. Все графики включают в отчет, который готовят по результатам обследования автомобильной дороги.

### 5.3. Оценка безопасности дорожного движения на пересечениях

Наиболее аварийными участками являются пересечения автомобильных дорог. Для разработки комплекса мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на пересечениях необходимо знать



степень их опасности. Наряду с анализом аварийности на пересечении оценивается опасность движения по каждому направлению.

Степень безопасности дорожного движения на пересечениях в одном уровне зависит от направления и интенсивности пересекающихся потоков движения, числа точек пересечения, разветвлений и слияния потоков - конфликтных точек, а также от расстояния между ними.

При большем числе автомобилей, проходящих через конфликтную точку, более вероятны ошибки водителей, приводящие к возникновению дорожно-транспортных происшествий.

Степень опасности пересечения оценивается показателем безопасности движения  $K_a$ , характеризующим число дорожно-транспортных происшествий на 10 млн. автомобилей, прошедших через пересечение:

$$K_a = \frac{10^7 GK_z}{25(M + N)}, \quad (5.6)$$

где  $G = \sum_{i=1}^n q_i$  - теоретическая вероятность дорожно-транспортных про-

исшествий за 1 год;  $q_i$  - теоретическая вероятность дорожно-транспортных происшествий за 1 год в  $i$ -й конфликтной точке;

$n$  - число конфликтных точек на пересечении;  $K_r$  - коэффициент годовой неравномерности движения (табл. 9.1);  $M, N$  - интенсивность движения соответственно на главной и второстепенной дороге, авт./сут; 25 - коэффициент, учитывающий влияние среднего числа дней в году.

В зависимости от значения  $K_a$  пересечения по степени опасности классифицируют следующим образом:

$K_a$ .....	Менее 3	3,1...8	8,1...12	Более 12
Характеристика пересечения.....	Неопасное	Малоопасное	Опасное	Очень опасное

На вновь проектируемых дорогах показатель безопасности на пересечениях в одном уровне не должен превышать 8.

Безопасность дорожного движения на пересечениях в разных уровнях зависит от интенсивности движения транспортных потоков, проходящих через конфликтные точки, число и степень опасности которых определяются схемой развязки.

На полных развязках в разных уровнях пересечения транспортных потоков исключаются и в конфликтных точках происходят только маневры слияния и разветвления.

Таблица 5.1

Месяц	Коэффициент годовой неравности движения $K_r$ при среднегодовой суточной интенсивности движения, авт./сут			
	До 1000	1000-2000	2000-6000	Более 6000
Январь	0,0885	0,08	0,051	0,051
Февраль	0,086	0,066	0,055	0,0585
Март	0,086	0,0714	0,055	0,067
Апрель	0,08	0,075	0,069	0,079
Май	0,08	0,085	0,075	0,085
Июнь	0,086	0,0714	0,086	0,0855
Июль	0,0816	0,784	0,116	0,1
Август	0,0875	0,085	0,123	0,132
Сентябрь	0,09	0,11	0,113	0,108
Октябрь	0,084	0,096	0,87	0,089
Ноябрь	0,0715	0,085	0,0834	0,08
Декабрь	0,0775	0,079	0,076	0,078

Опасность пересечения в разных уровнях оценивают по уравнению (9.6) путем подстановки в него для конфликтных точек слияния и разделения транспортных потоков значений коэффициентов относительной аварийности. На проектируемых пересечениях в разных уровнях значение  $K_a$  должно быть не более 5 на 10 млн. прошедших автомобилей.

Описанные методы успешно применяют для установления очередности реконструкции пересечений и оценки степени опасности разных вариантов изменения планировки пересечений.

#### 5.4. Изучение аварийных участков автомобильных дорог

Важное место в обследовании автомобильных дорог занимает постоянное изучение наиболее аварийных участков, выявляемых путем построения линейных графиков коэффициентов аварийности и безопасности, а также при анализе дорожно-транспортных происшествий. Эти участки должны особенно детально обследоваться.

Наиболее опасными являются следующие элементы дорог:

- участки, проходящие через населенные пункты. Такие участки отличает высокая интенсивность движения транспортных потоков и пешеходов, наличие разных неподвижных препятствий, близко расположенных к проезжей части, наличие стоящих автомобилей, не только сужающих проезжую часть, но и ограничивающих видимость дороги для пешеходов, и т. п.

По данным статистики, на участках дорог, проходящих через населенные пункты, возникает 20...30 % всех дорожно-транспортных происшествий;

- пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне, на которых наблюдается 10...30 % всех дорожно-транспортных происшествий;

- участки с низкими сцепными качествами дорожного покрытия. В течение года количество дорожно-транспортных происшествий на этих участках может колебаться от 30 до 70 % всех дорожно-транспортных происшествий;

- участки с затяжными и крутыми подъемами и спусками, на которых число дорожно-транспортных происшествий достигает 7...25 %. Наиболее тяжелыми являются происшествия, возникающие при движении на спуск;

- кривые в плане малого радиуса;

- участки с ограниченной видимостью в плане и продольном профиле;

- мосты и путепроводы с недостаточной шириной проезжей части. На этих участках возникает примерно 3 % всех дорожно-транспортных происшествий, чаще всего в темное время суток.

Работники службы организации дорожного движения и дорожно-эксплуатационной службы должны принимать активное участие в обследовании дорожно-транспортных происшествий на месте и особенно детально на указанных выше участках.

При выезде вместе с оперативной бригадой ГИБДД МВД России для установления причины дорожно-транспортного происшествия на месте работники дорожной службы и сотрудники службы организации дорожного движения должны выполнить точную привязку места дорожно-транспортного происшествия (с точностью до 10 м) к ближайшему километровому столбу; зафиксировать траектории движения транспортных средств или пешехода; точно зафиксировать дорожные условия на месте дорожно-транспортного происшествия: сцепные качества и ровность дорожного покрытия, размеры элементов плана и продольного профиля, ширину проезжей части и обочин, состояние обочин и их укрепления, условия видимости, состояние откосов земляного

полотна, существующие дорожные знаки и схему разметки проезжей части, наличие местного или общего ограничения скорости, интенсивность движения в момент происшествия; сфотографировать место дорожно-транспортного происшествия и составить схему участка с происшествием.

Все эти сведения заносят в специальный журнал, они являются дополнением к данным, которые фиксируют в Единой общероссийской карточке дорожно-транспортного происшествия, заполняемой на месте совершения дорожно-транспортного происшествия работниками ГИБДД МВД России.

Особенно тщательно обследуют наиболее опасные участки дорог, указанные выше.

На участках, проходящих в пределах населенных пунктов, измеряют интенсивность и состав движения (для автомобилей, велосипедистов, пешеходов, сельскохозяйственных машин, гужевого транспорта); определяют соотношение между местным и транзитным транспортными потоками; оценивают число пешеходов, пересекающих дорогу около школ, магазинов, клубов, кинотеатров в разные часы суток; отмечают наличие и состояние пешеходных и велосипедных дорожек, переходов, расположение колодцев; измеряют расстояние от проезжей части до застройки; фиксируют предметы и сооружения, расположенные близко к проезжей части.

На кривых в плане определяют радиус кривой и угол поворота трассы, наличие виража, уширения переходных кривых, оценивают видимость встречного транспортного средства или препятствия на поверхности дороги, а также сцепные качества и ровность дорожного покрытия; фиксируют расположение ограждения, существующие знаки и схему разметки.

На участках с затяжными и крутыми продольными уклонами особое внимание уделяется анализу интенсивности и состава движения, определяется протяженность участка с ограниченной видимостью в продольном профиле.

На пересечениях и примыканиях в одном уровне определяют распределение интенсивности и состава движения по направлениям; оценивают видимость и обзорность на пересечении; отмечают места перехода пересечения пешеходами и число пешеходов; фиксируют наличие (или отсутствие) переходно-скоростных полос, указателей, знаков, разметки проезжей части.

При установлении причин дорожно-транспортных происшествий на месте весьма перспективными являются стереофотограмметрические

методы, основанные на применении приборов, в конструкции которых учтены особенности создания стереоэффекта.

Такие методы позволяют значительно сократить продолжительность осмотра места дорожно-транспортного происшествия (продолжительность осмотра и съемки до 10 мин), что очень важно для участков дорог с высокой интенсивностью движения, детально анализировать отснятый участок в лабораторных условиях, обеспечивать высокую точность привязки траектории движения транспортных средств в момент дорожно-транспортного происшествия.

При использовании стереофотограмметрического метода место дорожно-транспортного происшествия фотографируют с разных точек стереофотоаппаратом. Полученные стереофотоснимки затем обрабатывают на специальных приборах: стереокомпараторе, стереоавтографе или «Технокарте», которые обеспечивают высокую точность определения координат изображений (например, точность измерения расстояний составляет 1...2 %).

Наличие стереоэффекта позволяет по объемному изображению детально изучать место дорожно-транспортного происшествия, расположение транспортных средств, траектории движения транспортных средств до происшествия.

При использовании стереокомпараторов с автоматизированной записью отсчетов можно получать результаты измерения снимков в виде, удобном для непосредственного ввода в ЭВМ.

Опыт практического применения стереофотограмметрического метода показал, что наземная стереофотограмметрическая съемка наиболее целесообразна в тех случаях, когда дорожно-транспортные происшествия связаны со столкновениями, наездом на препятствия и стоящие транспортные средства, опрокидыванием, наездом на пешехода при высокой интенсивности движения на дороге.

Применение стереофотограмметрической съемки позволяет собирать и сохранять большое количество информации об условиях, в которых возникло дорожно-транспортное происшествие.

### **5.5. Оценка ущерба от дорожно-транспортных происшествий**

Для обоснования вида мероприятий по повышению безопасности дорожного движения и установления очередности проведения этих мероприятий на дороге необходима оценка ущерба от дорожно-транспортных происшествий.

Ущерб в результате дорожно-транспортного происшествия включает в себя несколько составляющих:

- ущерб от гибели и ранения людей;
- ущерб от повреждения транспортных средств;
- ущерб от порчи или утраты груза;
- ущерб от повреждения дорожных сооружений.

Ущерб от гибели и ранения людей составляет самую значительную часть ущерба от дорожно-транспортного происшествия.

Ущерб от дорожно-транспортного происшествия оценивается на основании расчета прямых и косвенных экономических потерь.

К прямым (непосредственным) относятся экономические потери владельцев подвижного состава автомобильного транспорта, службы эксплуатации дорог и грузоотправителей, затраты ГИБДД МВД России и юридических органов на расследование дорожно-транспортных происшествий, медицинских учреждений на лечение потерпевших, затраты предприятий и организаций, сотрудники которых стали жертвами аварий (оплата листков нетрудоспособности, выдача пособий), затраты государственных органов социального обеспечения (пенсии) и страховые выплаты.

К косвенным относятся экономические потери вследствие временного или полного выбытия человека из сферы материального производства, нарушения производственных связей и моральные потери.

## **6. ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

### **6.1. Принципы выбора средств и методов организации дорожного движения**

Эффективность работы средств организации дорожного движения во многом зависит от правильности учета условий их применения. Применение любого средства регулирования обеспечивает снижение аварийности при условии выбора этого средства с учетом особенностей восприятия его водителем и учетом влияния его на режим движения.

В одних и тех же дорожных условиях с изменением интенсивности движения резко меняются условия работы водителей, режимы движения всего транспортного потока, уровни удобства движения. Все это приводит к изменению требований к средствам регулирования и выбору их типов.

Для каждого из четырех уровней удобства движения характерны свои виды дорожно-транспортных происшествий.

При *уровне удобства движения А* основными причинами дорожно-транспортных происшествий являются превышение скорости, потеря управления, невнимательность водителей. Движение осуществляется в свободных условиях с высокими скоростями.

Все это указывает на необходимость широкого применения средств регулирования, предупреждающих водителей об изменяющихся дорожных условиях. Такими средствами являются: разметка проезжей части (в первую очередь оси дороги и кромки проезжей части на опасных участках), дорожные знаки, предупреждающие о безопасных скоростях движения, направляющие столбики.

При этом уровне удобства видимость средств регулирования не ограничивается наличием других автомобилей на проезжей части. Поэтому знаки могут располагаться сбоку от дороги. В отдельных случаях эффективным может оказаться ограничение скорости движения.

При *уровне удобства движения В* основной причиной дорожно-транспортных происшествий является неправильный обгон. В этих условиях наиболее эффективными мероприятиями являются ограничение обгонов и организация их проведения разметкой, совершенствование способов информации об этом водителей, регулирование маневров автомобилей, скоростей движения всего потока и отдельных групп автомобилей.

В качестве средств регулирования применяются дорожные знаки, ограничивающие обгоны разных групп автомобилей; двойная осевая разметка проезжей части, позволяющая регулировать обгоны; светящиеся предупреждающие указатели; зеркала. О начале запрещающей разметки водители предупреждаются направляющими стрелками.

Все указатели и знаки при такой загрузке дублируются на противоположной стороне дороги, так как у значительной части водителей, выезжающих на обгон, отсутствует возможность видеть знаки, стоящие сбоку от дороги, из-за наличия других автомобилей.

При *уровне удобства движения В* основной причиной дорожно-транспортных происшествий является недооценка водителями скорости движения впереди идущего автомобиля и в отдельных случаях неправильно выбранного интервала движения.

При этом уровне удобства движения необходимо применять знаки, рекомендуемые выбор интервала движения, и световые табло, указывающие безопасные скорости движения. Необходимо также на отдельных

участках дублирование разметки проезжей части дорожными знаками из-за ее плохой видимости при движении в плотном транспортном потоке.

При *уровне удобства движения Г* движение транспортного потока происходит в виде непрерывной колонны с часто возникающими заторами. В этих условиях основным средством предотвращения дорожно-транспортных происшествий является соблюдение водителями безопасного интервала между автомобилями.

В качестве средств регулирования, позволяющих осуществление оперативного влияния на движение транспортного потока, применяются автоматические системы регулирования, световые табло с меняющейся информацией, полное канализирование движения на пересечениях в одном уровне, телевидение. Необходимы дублирование разметки проезжей части знаками и установка знаков над проезжей частью.

При разработке мероприятий по организации дорожного движения не следует ориентироваться на использование какого-либо одного средства регулирования при любой загрузке дороги движением. Необходим гибкий учет изменения состояния транспортного потока.

Наиболее эффективными следует считать средства регулирования, позволяющие устанавливать меняющиеся в зависимости от загрузки дороги оптимальные режимы движения транспортных средств.

Практика доказывает ошибочность мнения об отсутствии необходимости в разметке проезжей части и установке отдельных дорожных знаков при малой интенсивности движения. Наличие этих средств регулирования во всех случаях должно предусматриваться в проекте дорог.

При сдаче дорог в эксплуатацию разметка проезжей части и дорожные знаки должны применяться как обязательные элементы оборудования дороги. Без нанесения разметки проезжей части и установления дорожных знаков дорога не должна приниматься в эксплуатацию.

Таким образом, для выбора средств регулирования движения с учетом особенностей их применения на дорогах с разными уровнями удобства может быть рекомендовано:

- построение линейного графика пропускной способности;
- построение линейного графика коэффициента загрузки дороги движением;
- выделение характерных уровней удобства движения отдельных участков дороги;
- построение линейных графиков коэффициентов аварийности и безопасности;
- выбор средств организации дорожного движения.



Для уточнения вида средств регулирования на отдельных опасных участках наряду с линейным графиком коэффициента загрузки дороги движением должен использоваться график коэффициентов безопасности, построенный с учетом графика свободных скоростей движения на рассматриваемой дороге. Применение описанных выше линейных графиков позволяет более обоснованно выбирать средства организации дорожного движения в зависимости от условий движения.

По мере роста интенсивности движения дорожная служба совместно с органами ГИБДД МВД России должна своевременно устанавливать дополнительные средства регулирования или заменять старые более эффективными в соответствии с указанными рекомендациями. Этот процесс должен рассматриваться как обязательный.

Все дополнительные затраты на установку новых средств регулирования быстро окупаются благодаря снижению аварийности и улучшению условий движения.

На дорогах высоких категорий целесообразно предусматривать средства регулирования, являющиеся наиболее эффективными при уровне удобства Г, которые должны быть направлены на лучшее использование ширины проезжей части и на обеспечение безопасного минимального интервала между транспортными средствами (выделение большего числа полос движения в наиболее загруженном направлении, введение светофорного регулирования как меры предотвращения заторов на участках с ограниченной пропускной способностью, установление верхних и нижних пределов скоростей движения в зависимости от погодных условий и освещенности дороги).

В связи с большой загрузкой дороги знаки, устанавливаемые сбоку от дороги, оказываются плохо видны водителям, поэтому основным способом информации для них становятся световые табло, смонтированные на фермах над дорогой.

Выбор и применение всех средств регулирования с учетом загрузки дорог движением, степени опасности отдельных участков дороги, состава транспортного потока и скоростей движения позволяют существенно повысить безопасность движения и улучшить условия движения на автомобильных дорогах.

## **6.2. Выборочное и поэтапное улучшение условий движения**

Неравномерность загрузки движением отдельных участков дорог часто вызывается местными снижениями пропускной способности, связанными с несоответствием элементов дороги требованиям движения.

Рассмотренные ранее методы организации дорожного движения оказываются в этом случае недостаточно эффективными. Требуется проведение выборочной реконструкции дороги для устранения участков, резко ухудшающих ее транспортно-эксплуатационные качества.

Критерием выбора таких мест могут служить кривая изменения скоростей движения на протяжении дороги или построенный на основании расчетов линейный график пропускной способности.

Выборочная реконструкция дороги должна быть направлена на устранение наиболее опасных мест концентрации дорожно-транспортных происшествий по данным ГИБДД МВД России и дорожной службы, а также мест заторов и сильных стеснений движения, в которых пропускная способность дороги оказывается недостаточной, на выравнивание эпюр скоростей движения для обеспечения значений коэффициентов безопасности не менее 0,7...0,8 (в крайнем случае, 0,6).

Для повышения пропускной способности отдельных участков в целях выравнивания ее на всем протяжении автомобильной дороги рекомендуются следующие мероприятия, назначаемые в зависимости от коэффициента загрузки дороги:

при  $z = 0,2$  - устройство срезок видимости; устройство виражей на кривых, уширение проезжей части на кривых;

$z = 0,2...0,5$  - уширение узких мостов; укрепление обочин и удаление предметов, зрительно сужающих дорогу; устройство срезок видимости и увеличение радиусов кривых в плане и профиле; устройство переходно-скоростных полос на пересечениях в одном уровне;

$z = 0,5...0,8$  - дополнительно к перечисленным выше мероприятиям устройство канализированных пересечений и дополнительных полос движения на подъемах;

$z = 0,8...1$  - перетрассирование участка с улучшением трассы и увеличением радиусов кривых; на остальных участках - перечисленные ранее мероприятия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Сильянов, Э.Р. Домке. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 352 с.
2. Молодцов В.А. Безопасность транспортных средств : учебное пособие / В. А. Молодцов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 236 с.
3. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт) / под ред. В.Н. Луканина, К.-Х. Ленца. - М.: Логос, 2002. - 624 стр.
4. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. - М.: Транспорт, 1993. - 271 стр.
5. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. - 5-е изд., пераб. и доп. М.: Транспорт, 2001. - 231 стр.
6. Коноплянко В.И. Организация и безопасность движения / В.И. Коноплянко. - М.: Транспорт, 1991. - 183 стр.
7. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. - М.: Академкнига, 2005. - 279 стр.
8. Концепция федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах» (утв. распоряжением Правительства РФ от 28.10.2012 г. № 1995-р).