

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

А.А. Хохлов
А.Л. Хохлов
И.Р. Салахутдинов

**КОНСТРУКЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА
ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА:
краткий курс лекций**



Димитровград - 2019

УДК 631.3.0

ББК 39.3

X - 86

Хохлов, А.А. Конструкция и эксплуатационные свойства дорожного полотна: краткий курс лекций / А.А. Хохлов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 159 с.

Рецензенты: Голубев Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ротанов Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Естественнонаучные и технические дисциплины», ПКIUPT (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ ИМ. К.Г.РАЗУМОВСКОГО (ПКУ)»

Конструкция и эксплуатационные свойства дорожного полотна: краткий курс лекций предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено
на заседании кафедры «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов»
Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2019г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 2 от 10 октября 2019г.

© Хохлов А.А., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2019

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Лекция 1. Общие сведения об автомобильных дорогах и городских улицах

1.1. Классификация автомобильных дорог и городских улиц

1.2. Основные требования к автомобильным дорогам

1.3. Элементы автомобильной дороги

1.4. Дорожный водоотвод

1.5. Искусственные сооружения на автомобильных дорогах

1.6. Обустройство автомобильных дорог

Лекция 2. Характеристики транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог

2.1. Факторы, влияющие на работу и состояние автомобильной дороги

2.2. Основные транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги

2.3. Характеристики транспортных средств

Лекция 3. Воздействие автомобиля на дорогу

3.1. Особенности взаимодействия дороги и автомобиля

3.2. Силы, действующие от колеса автомобиля на дорожное покрытие

3.3. Прочность и деформация дорожной одежды

3.4. Виды деформаций дорожного покрытия и разрушений дорожной одежды

Лекция 4. Влияние состояния дорожного покрытия и природно-климатических факторов на транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги

4.1. Надежность и проезжаемость автомобильных дорог

4.2. Ровность дорожного покрытия

4.3. Скользкость и шероховатость дорожного покрытия

4.4. Природно-климатические факторы и транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги

Лекция 5. Влияние элементов автомобильных дорог и средств регулирования на режимы движения транспортных средств

5.1. Качественное состояние транспортного потока

5.2. Режимы движения транспортного потока на горизонтальных участках автомобильных дорог

5.3. Влияние элементов автомобильных дорог на скорость движения транспортных средств

5.4. Средства регулирования и скорость движения транспортных средств

Лекция 6. Расчет характеристик движения транспортных потоков

6.1. Скорость движения одиночных автомобилей

6.2. Скорость движения транспортных потоков

6.3. Пропускная способность автомобильных дорог

6.4. Моделирование движения транспортных потоков

Лекция 7. Обследование автомобильных дорог

7.1. Цели и задачи обследования автомобильных дорог

7.2. Виды обследований автомобильных дорог

7.3. Организация работ по обследованию автомобильных дорог

7.4. Методы инструментального контроля геометрических элементов автомобильных дорог

7.5. Обследование состояния земляного полотна и водоотвода

7.6. Оценка прочности дорожной одежды и состояния дорожного покрытия

7.7. Оценка архитектурных качеств автомобильной дороги и обслуживания проезжающих

7.8. Оценка инженерного обустройства автомобильных дорог

Лекция 8. Оценка режимов движения транспортных потоков

8.1. Учет и анализ интенсивности движения и состава транспортного потока, оценка пропускной способности автомобильных дорог

8.2. Оценка режимов движения транспортных средств и условий труда водителей

8.3. Построение линейных графиков скоростей движения и расхода топлива

Лекция 9. Оценка безопасности движения на автомобильных дорогах

9.1. Анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях

9.2. Выявление опасных участков на автомобильных дорогах

9.3. Оценка безопасности дорожного движения на пересечениях

9.4. Изучение аварийных участков автомобильных дорог

9.5. Оценка ущерба от дорожно-транспортных происшествий

Лекция 10. Планирование дорожно-ремонтных работ на основании результатов диагностики и оценки состояния автомобильных дорог

10.1. Планирование видов и объемов ремонтных работ на основании анализа фактического состояния автомобильных дорог

10.2. Планирование ремонтных работ по критерию обеспеченности расчетной скорости движения, транспортного эффекта и экономической эффективности

10.3. Планирование ремонтных работ на основании индексов соответствия

Лекция 11. Способы сохранения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог в разные периоды года

11.1. Охрана автомобильных дорог и ограничение движения в весенний период

11.2. Защита автомобильных дорог от снега

11.3. Повышение сцепных качеств дорожных покрытий

Лекция 12. Выбор мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения

12.1. Принципы выбора средств и методов организации дорожного движения

12.2. Выборочное и поэтапное улучшение условий движения

12.3. Учет соблюдения требований охраны окружающей среды

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время автомобильный транспорт страны является одним из наиболее массовых видов транспорта. Обеспечивая экономию времени при перевозке пассажиров и грузов, автомобильный транспорт способствует развитию производительных сил общества, расширению межрегиональных связей, вовлечению в процесс общественного воспроизводства ресурсов отдаленных районов страны.

Транспортный процесс не может осуществляться без автомобильных дорог так же, как изготовление продукции не может осуществляться без зданий, сооружений и других материальных условий производства. Стоимость дорог, подобно стоимости других производственных фондов, не уничтожается в процессе производства, а переносится на стоимость транспортных услуг.

Современная автомобильная дорога представляет собой сложное инженерное сооружение, предназначенное для выполнения транспортной работы и обслуживания пользователей дорожных услуг - водителей и пассажиров.

С позиций потребителей наиболее важными являются транспортно-эксплуатационные свойства дороги, которые обеспечивают непрерывность, оптимальную скорость, удобство и безопасность дорожного движения; высокую пропускную способность; возможность передвижения транспортных средств с допустимыми габаритными размерами, осевыми нагрузками и общей массой в любое время года и в любых погодных условиях; высокий уровень дорожного сервиса; удовлетворение эстетическим и экологическим требованиям.

Степень соответствия дороги этим свойствам в значительной мере определяется шириной проезжей части и обочин, радиусом кривых в плане и продольном профиле, расстоянием видимости, состоянием и прочностью дорожной одежды, продольной и поперечной ровностью дорожного покрытия, сцепными показателями дорожной одежды, состоянием земляного полотна и инженерного обустройства.

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

К первой группе показателей относятся интенсивность, объем, состав движения; пропускная и провозная способность дороги; коэффициент загрузки дороги движением; время сообщения и скорость движения.

Вторую группу показателей составляют прочность дорожной одежды и земляного полотна; ровность и шероховатость дорожного покрытия; сцепление шины с дорожным покрытием; износостойкость дорожного покрытия; работоспособность дорожной одежды.

В третью группу показателей входят надежность; проезжаемость; срок службы дороги; относительная аварийность; коэффициент аварийности и коэффициент безопасности; обеспечение видимости.

К четвертой группе показателей относятся себестоимость перевозок и потери общества от дорожно-транспортных происшествий.

Основным методом оценки состояния дороги является сравнение фактических значений показателей с нормативными и проектными. Если значения каких-либо технических показателей не соответствуют нормативным требованиям, необходимы ремонтные работы для того, чтобы привести эти показатели в соответствие с нормами.

Этот метод отличается простотой и возможностью определения состояния дороги по любому набору технических показателей. Однако в действительности состояние дороги описывается большим числом показателей, поэтому зачастую сделать однозначный вывод об общей оценке состояния дороги при сравнении участков по всем показателям одновременно весьма трудно. Для устранения указанного недостатка применяют методы оценки, когда абсолютные и относительные количественные показатели разных дефектов и деформаций вместе с относительными оценками других показателей переводятся в баллы. Итоговая оценка производится по сумме баллов.

Для оценки транспортно-эксплуатационного состояния дорог обычно используют комбинированные методы оценки, которые позволяют оценивать дорогу и как инженерное сооружение, и как инженерно-транспортное сооружение, предназначенное для обеспечения удобного и безопасного движения транспортных средств с высокими скоростями и установленными нагрузками.

Оценку транспортно-эксплуатационных показателей дороги выполняют применительно к ее работе в осенне-весенний период года с использованием двух критериев - показателя качества и состояния дороги и коэффициента обеспеченности расчетной скорости движения.

Для улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дорог необходимо систематически изучать их состояние, режимы движения транспортных средств, регулярно проводить паспортизацию и инвентаризацию дорог.

Паспортизация автомобильных дорог - технический учет автомобильных дорог и дорожных сооружений с составлением паспорта.

Данные в паспорт заносятся по состоянию на 1 января следующего года на основании натурных обследований - *первичных*, проводимых не чаще одного раза в 15 лет или в тех случаях, когда в состоянии дорог произошли большие изменения, и *ежегодных*, заключающихся в выявлении изменений, происшедших на дорогах и дорожных сооружениях за истекший год.

Инвентаризация автомобильных дорог - проверка наличия, переоценка и определение износа основных

фондов (дороги и дорожных сооружений) организаций дорожной службы. Итоги проверки и уточнения количества основных фондов, их стоимость, износ в процентах и в денежном выражении принимаются на баланс дорожных организаций по состоянию на 1 января устанавливаемого года.

Только на основе детальных обследований возможно правильно установить необходимый вид ремонтных работ и их очередность.

Научной основой ремонта, реконструкции дорог и текущих мероприятий по организации дорожного движения на них являются графики скоростей и интенсивности движения, аварийности и линейный график прочности дорожной одежды.

Изучение режимов движения автомобилей и обследование транспортно-эксплуатационных характеристик дорог имеют большое значение также для разработки мероприятий, направленных на охрану окружающей среды, снижение уровня транспортного шума, загазованности, вибрации.

Особое значение в условиях интенсивности движения и увеличения числа большегрузных транспортных средств приобретает охрана автомобильных дорог и дорожных сооружений от повреждений.

Практические решения всех этих вопросов рассмотрены в настоящем издании.

ЛЕКЦИЯ 1
**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ
 И ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ**

1.1. Классификация автомобильных дорог и городских улиц

В России существуют две классификации автомобильных дорог: административная и техническая.

Автомобильные дороги в зависимости от субъектов права на них подразделяют на следующие группы:

- федеральные дороги, являющиеся собственностью Российской Федерации;
- автомобильные дороги субъектов Российской Федерации (региональные дороги), являющиеся их собственностью;
- муниципальные автомобильные дороги, находящиеся в муниципальной собственности;
- автомобильные дороги специального пользования, находящиеся в собственности юридических лиц.

Федеральные дороги подразделяют на магистральные и главные.

К магистральным относятся:

самые важные автомобильные дороги страны, соединяющие Москву с крупными административно-хозяйственными районами Российской Федерации или такие районы между собой.

Все магистральные автомобильные дороги (магистралы) имеют номера и, как правило, название, например, магистраль М-5 «Урал» (Москва-Челябинск), соединяющая Москву со Средней Волгой и Южным Уралом. Главные автомобильные дороги федерального значения дополняют магистральные и вместе с ними образуют скелетную схему автомобильных дорог Российской Федерации, например, федеральная автомобильная дорога А-144 Курск – Воронеж - Борисоглебск, соединяющая магистралы М-2 «Крым», М-4 «Дон» и М-6 «Каспий».

Региональные автомобильные дороги - это дороги, расположенные в пределах региона (республики, края, области) и обеспечивающие связь между отдельными населенными пунктами данного региона.

Из всей дорожной сети выделяются также дороги, обеспечивающие специфические перевозки:

- городские дороги и улицы;
- дороги промышленных предприятий;
- курортные дороги;
- подъездные пути к разным объектам специального назначения.

В соответствии с технической классификацией, которая устанавливается в зависимости от интенсивности движения, все дороги подразделяют на пять категорий (табл. 1.1).

Дороги общего пользования (федеральные, региональные, муниципальные) предназначены для пропуска транспортных средств с габаритными размерами:

- длиной одиночных автомобилей до 12 м и автопоездов до 20 м;
- шириной до 2,5 м;
- высотой до 4 м для дорог I - IV категорий и до 3,8 м для дорог V категории.

Транспортные средства, превышающие указанные габаритные размеры, могут быть пропущены по дорогам общего пользования при наличии специального разрешения и при условии разработки мероприятий по безопасности дорожного движения.

Расчетная интенсивность движения принимается суммарно в обоих направлениях.

Автомобильные дороги I категории подразделяют на магистральные скоростные (категория I-а) и магистральные общего назначения (категория I-б).

К I и II категориям относятся автомобильные дороги общегосударственного значения, основные магистральные дороги, подъезды от крупных городов к аэропортам, речным и морским портам.

К III категории относятся автомобильные дороги общегосударственного значения (кроме дорог, отнесенных к I и II категориям), основные республиканские, краевые, областные дороги, подъезды к населенным пунктам, железнодорожным узлам, речным и морским портам, местам массового отдыха, подъездные дороги предприятий, в том числе дороги, соединяющие отдельные предприятия или их группы между собой, с сырьевыми разработками, железнодорожными станциями, речными и морскими портами, основные межпромысловые дороги.

Таблица 1.1

Категория дороги	Расчетная интенсивность движения, авт./сут.	
	в транспортных единицах	приведенная к легковому автомобилю
1-а	Свыше 7000	Свыше 14000
1-б	Свыше 7000	Свыше 14000
II	3000-7000	6000-14000
III	1000-3000	2000-6000
IV	100-1000	200-2000
V	Менее 100	Менее 200

К IV категории относятся дороги областного или районного значения (кроме отнесенных к III категории), дороги местного значения, подъездные дороги общей сети,

промышленных предприятий, крупных строительных объектов, сельскохозяйственных предприятий. К V категории относятся дороги местного значения (кроме дорог, отнесенных к IV категории), внутрипромысловые дороги и подъезды, постоянные внутренние дороги аграрных предприятий, служебные и патрульные дороги.

Автомобильные дороги I, II категорий строятся, в основном, под осевую нагрузку до 10 т, дороги III - V категорий - под нагрузку до 6 т.

В зависимости от интенсивности движения и назначения улицы и дороги городов и других населенных пунктов подразделяют на скоростные дороги, магистральные улицы и дороги, улицы и дороги местного значения (табл. 1.2).

Скоростные дороги проектируют в крупных и крупнейших городах по направлениям наиболее интенсивных транспортных потоков в обход центральных и жилых районов с обеспечением высокой скорости и безопасности дорожного движения.

Таблица 1.2

Категории улиц и дорог	Основное назначение улиц и дорог
Скоростные дороги	Скоростная транспортная связь между районами крупнейшего или крупного города и между городами и другими населенными пунктами системы группового расселения с развязкой движения в разных уровнях
Магистральные улицы и дороги: общегородского значения с непрерывным движением общегородского значения с регулируемым движением районного значения	Транспортная связь между жилыми, промышленными районами и общественными центрами, а также со скоростными дорогами в пределах города с развязкой движения в разных уровнях Транспортная связь в пределах города между жилыми, промышленными районами и общественными центрами, а также с магистральными улицами непрерывного движения с устройством пересечений с другими улицами в одном уровне Транспортная связь в пределах района и с магистральными улицами общегородского значения с устройством пересечений с другими улицами в одном уровне
грузового движения	Перевозка промышленных и строительных грузов, осуществляемая вне жилой застройки, между промышленными и коммунально-складскими зонами города с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне
Улицы и дороги местного значения: жилые улицы дороги промышленных и коммунально-складских районов пешеходные улицы и дороги поселковые улицы поселковые дороги, проезды	Транспортная (без пропуска общественного транспорта) и пешеходная связь жилых микрорайонов и групп жилых зданий с магистральными улицами районного значения Перевозка промышленных и строительных грузов в пределах района, обеспечение связи с дорогами грузового движения с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне Пешеходная связь с местами приложения труда, учреждениями и предприятиями обслуживания, местами отдыха и остановками общественного транспорта Транспортная связь внутри селитебной зоны с общественным центром, учреждениями и предприятиями обслуживания поселков и сельских населенных пунктов

	Транспортная связь между жилыми и производственными зонами, промышленными и коммунально-складскими зонами, а также в пределах этих зон. Транспортная связь в пределах микрорайона
--	--

При проектировании и строительстве уличной сети в крупнейших городах определено стремление выделять скоростные дороги, приобретающие значение дорог высшего технического класса. На этих дорогах обеспечиваются наилучшие условия движения транспорта благодаря полной изоляции пешеходов, отсутствию пересечений движения транспорта в одном уровне и более высоким техническим нормам проектирования. В результате на скоростных дорогах скорость движения транспортных средств увеличивается примерно в 2 раза, размеры пропускаемых транспортных потоков в одном направлении движения возрастают в 2,5 - 3 раза при значительном повышении безопасности дорожного движения со снижением числа несчастных случаев в 4 - 5 раз в результате полной изоляции пешеходов от дорожного движения.

Расчетная скорость движения на скоростных дорогах для легковых автомобилей принимается 120 км/ч на проезжих частях скоростного движения и 80 км/ч - на проезжих частях местного движения и для грузовых автомобилей.

Характерной особенностью скоростных дорог является их изоляция от застройки. Въезды на застроенную территорию и выезды с нее непосредственно на скоростные дороги не допускаются и осуществляются только по специальным пандусам. Жилая застройка удаляется от края проезжей части скоростной дороги не менее чем на 50 м с обязательным устройством широких зеленых полос.

Транспортное обслуживание застройки, ближайшей к скоростной дороге, осуществляется путем устройства отдельных проезжих частей местного движения. Для обеспечения непрерывного движения транспортных средств без задержек все пересечения скоростных дорог с другими улицами и дорогами устраиваются только в разных уровнях.

Устройство пересечений в одном уровне может быть допущено только временно на первую очередь строительства с обязательным выделением резервных территорий, обеспечивающих в последующем устройство развязки движения в разных уровнях. Пешеходное движение полностью изолируется, а пропуск пешеходов через скоростные дороги устраивается только в разных уровнях.

Трасса скоростных дорог проектируется с радиусами кривых в плане по оси проезжей части не менее 600 м при рекомендуемой их величине 3000...5000 м.

Наибольшие допускаемые продольные уклоны 40 ‰, а при интенсивном движении грузовых транспортных средств - 30 ‰. Расчетные размеры движения на городских скоростных дорогах составляют 3000 - 4000 и более автомобилей (приведенных к легковым) в час (привед. авт./ч).

Магистральные улицы общегородского значения проектируют по кратчайшим направлениям, обеспечивающим удобную транспортную связь между собой объектов общегородского значения: жилых районов с промышленными районами и другими местами концентрации трудового тяготения населения, с общегородским центром и зоной отдыха.

Магистральные улицы общегородского значения связывают общегородской центр и основные жилые районы с терминалами внешнего транспорта (железнодорожными, водными и автобусными вокзалами, аэропортами), с въездами в город и скоростными дорогами.

По нормам проектирования для магистральных улиц общегородского значения расчетная скорость движения установлена 80...100 км/ч, минимальные радиусы кривых в плане по оси проезжей части 400 м, наибольший продольный уклон 50 ‰. В горных и особо трудных условиях, а также на реконструируемых территориях при наличии сохраняемой капитальной застройки допускается увеличение наибольшего продольного уклона до 60 ‰.

В классификации улиц и дорог населенных мест предусматривается, что развязки движения на магистральных улицах общегородского значения могут устраиваться в одном и разных уровнях. Чередование, однако, на одной и той же магистрали пересечений в одном и разных уровнях приводит к неэффективному их использованию в отношении пропуска больших транспортных потоков и повышения скоростей движения. Пересечения в разных уровнях устраивают обычно на основных магистральных направлениях с большими размерами движения транспортных средств.

Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением должны обеспечивать в соответствии с расчетными перспективными потоками пропуск 2000 - 3000 авт./ч. в одном направлении.

Магистрали с непрерывным движением должны проектироваться со всеми пересечениями только в разных уровнях. Пропуск пешеходов, пересекающих полосы непрерывного движения, должен осуществляться только в разных уровнях. На улицах, пересекающих магистрали непрерывного движения, возможно применение непрерывного или регулируемого пропуска транспортных средств и пешеходов в зависимости от размеров движения.

Магистрали непрерывного движения проектируются по направлениям больших транспортных потоков и поэтому не должны, как правило, пересекать жилые районы. Если невозможно этого избежать, расстояния между линиями застройки по магистрали рекомендуется увеличивать до 100...120 метров с тем, чтобы изолировать территорию застройки зелеными насаждениями.

Магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением характеризуются в крупных

городах размерами интенсивности движения 1500 - 2000 авт./ч. Перекрестки с регулированием движения на магистральных улицах следует располагать не чаще чем через 0,5 км.

Магистральные улицы районного значения связывают между собой два или несколько жилых районов города, группы промышленных предприятий или отдельные предприятия с несколькими жилыми районами либо ведут в зону отдыха местного значения и характеризуются размерами движения 300 - 1500 привед. авт./ч.

Магистральные улицы районного значения проектируют также для связи жилых районов с улицами общегородского значения или непосредственно с промышленными районами. По ним обычно пропускают маршруты городского общественного пассажирского транспорта.

Расчетная скорость движения для таких магистралей 80 км/ч, максимальный продольный уклон 60 ‰, минимальные радиусы кривых в плане 250 м.

Дороги грузового движения предназначены для перевозок промышленных и строительных грузов, осуществляемых вне жилой застройки между промышленными и коммунально-складскими зонами города с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне.

Жилые улицы служат для транспортной и пешеходной связи микрорайонов и жилых кварталов с магистральными улицами. Размеры движения на них зависят от величины соответствующих микрорайонов и составляют 100 - 200 привед. авт./ч.

Маршруты общественного пассажирского транспорта по жилым улицам обычно не проходят. Расчетные скорости движения до 60 км/ч.

Непосредственно к жилым улицам примыкают проезды, ведущие к отдельным зданиям или группам зданий.

Улицы и дороги местного значения в нежилых районах обслуживают предприятия, склады, грузовые станции, специальные промышленно-складские районы, коммунальные и другие сооружения и устройства. Размеры движения на них преимущественно грузовых автомобилей зависят от объема и характера обслуживаемых ими объектов.

Проезды устраивают внутри микрорайонов для подъезда к отдельным зданиям, которые они связывают обычно с жилыми улицами или с магистральными улицами районного значения. В промышленных районах по проездам осуществляется подъезд к отдельным объектам. Расчетная скорость движения на проездах не должна превышать 30 км/ч.

Пешеходные дороги устраивают в микрорайонах, жилых районах, общественных и торговых центрах, парках, лесопарках, зонах отдыха, выставках, спортивных комплексах и других местах концентрации пешеходов. В последние годы в градостроительстве определилось стремление к максимальной изоляции пешеходов от путей движения транспортных потоков.

Пешеходные дорожки предлагается прокладывать не в виде тротуаров вдоль проезжих частей, а по самостоятельным направлениям, выходящим к пунктам культурно-бытового обслуживания и остановкам общественного транспорта, а также по специальным аллеям или пешеходным улицам. Максимальный продольный уклон для тротуаров и пешеходных дорог 80 ‰, однако их следует трассировать, как правило, с уклонами не более 60 ‰.

При разработке генерального плана города основной принцип сочетания улиц разных категорий заключается в последовательном примыкании (или пересечении) улиц, проездов и дорог низших категорий к улицам более высокой категории (на один класс). Так, проезды, как правило, должны примыкать к жилым улицам, жилые улицы - к магистральным улицам районного значения, районные магистрали - к магистральным улицам общегородского значения, а последние - к скоростным или внегородским дорогам.

Кроме улиц и дорог, указанных в принятой классификации, часто в планировке городов выделяют улицы специального назначения (например, главные и торговые улицы, набережные, парковые дороги).

Главные улицы предназначены для удобного доступа к основным общественным учреждениям, торговым и зрелищным предприятиям общегородского центра, для пропуска демонстраций и народных гуляний в праздничные дни. Это парадные проспекты небольшой протяженности с интенсивными пешеходными потоками, без рельсового и грузового транспорта. Главные улицы обстраивают преимущественно административными и общественными зданиями, крупными торговыми и зрелищными предприятиями, выставочными павильонами, театрами, клубами, музеями и т.п.

Торговые улицы небольшой протяженности предназначены для интенсивного пешеходного движения большого числа посетителей торговых предприятий.

Транспортное обслуживание магазинов изолируется от пешеходного движения и осуществляется обычно со стороны зданий, где размещаются остановки пассажирского транспорта и автомобильные стоянки. Торговые улицы могут специально не выделяться, а входить в состав главных улиц.

Улицы-набережные устраивают вдоль рек, морей, озер и других водных бассейнов. Прилегающая к ним территория застраивается только с одной стороны с открытым пространством в сторону воды.

Парковые дороги предназначены для транспортной связи с лесопарками, городскими парками, курортами, зонами отдыха. Парковые дороги служат для движения маршрутов общественного пассажирского транспорта и легковых автомобилей, а также велосипедистов по специальным дорожкам. Движение пешеходов проектируется по самостоятельным направлениям или по аллеям вдоль парковых дорог.

Современные города являются, как правило, узлами автомобильных дорог общей сети страны, связывающими их между собой и с прилегающей пригородной зоной.

Категории дорог (при наличии данных) допускается назначать в соответствии с наибольшей перспективной часовой интенсивностью движения.

Наибольшая часовая интенсивность движения в обоих направлениях принимается с учетом развития на перспективу 20 лет для дорог I категории - свыше 2400 авт./ч, II категории - от 1600 до 2400 и III категории - от 800 до 1600 авт./ч.

Основное назначение внегородских дорог по отношению к городам и населенным местам следующее:

- междугородняя транспортная связь с интенсивными потоками, часть которых заканчивается в городе, а другая часть проходит транзитом через город как промежуточный пункт;
- транспортная связь с сельскохозяйственной пригородной зоной и продовольственное снабжение населения города;
- обслуживание населения, промышленности и сельского хозяйства пригородной зоны;
- повседневная транспортная связь собственно города с населенными пунктами агломерации с обслуживанием трудовых и культурно-бытовых поездок пассажиров;
- обслуживание зоны отдыха города с интенсивными потоками пассажиров из города перед выходными днями и в город после выходных дней.

Городские скоростные дороги и магистральные улицы общегородского значения должны быть удобно связаны с внегородскими дорогами, обеспечивая удобный въезд и выезд из города. Пропускная способность въездов и выездов должна соответствовать величине интенсивности движения в часы пик массовых потоков пассажиров в зону отдыха и возвращения в город.

1.2. Основные требования к автомобильным дорогам

Внегородские дороги проектируют по СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги», установленным для автомобильных дорог общей сети (табл. 1.3). Для трудных участков пересеченной и горной местности допускается уменьшение расчетных скоростей движения и соответствующее снижение норм проектирования в установленных пределах.

Во всех случаях, когда по условиям местности представляется возможным и это не вызывает существенного увеличения объемов и стоимости работ, в проектах следует принимать продольные уклоны не более 30 %; расстояние видимости для остановки автомобиля не менее 450 м; радиусы кривых в плане не менее 3000 м; радиусы выпуклых кривых в продольном профиле не менее 70000 м, а вогнутых - не менее 8000 м.

На дорогах I категории между проезжими частями разных направлений движения устраивают разделительные полосы шириной 5...6 м. Каждую из них допускается проектировать на самостоятельном земляном полотне.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог, как правило, следует располагать на свободных площадках и прямых участках пересекающихся или примыкающих дорог.

Таблица 1.3

Расчетная скорость движения, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, %	Наименьшие расстояния видимости, м		Наименьшие радиусы кривых, м				
		для остановки	встречного автомобиля	в плане		в продольном профиле		
				основные	в горной местности	выпуклых	вогнутых	
							основные	в горной местности
150	30	300	-	1200	1000	30000	8000	4000
120	40	250	450	800	600	15000	5000	2500
100	50	200	350	600	400	10000	3000	1500
80	60	150	250	300	250	5000	2000	1000
60	70	85	170	150	125	2500	1500	600
50	80	75	130	100	100	1500	1200	400
40	90	55	110	60	60	1000	1000	300
30	100	45	90	30	30	600	600	200

Продольные уклоны дорог на подходах к пересечениям на протяжении расстояний видимости для остановки автомобиля не должны превышать 40 %.

Пересечения автомобильных дорог и примыкания в разных уровнях (транспортные развязки) надлежит принимать, как правило:

на дорогах I-а категории с автомобильными дорогами всех категорий;

на дорогах I-б и II категорий с дорогами II и III категорий;

при пересечениях дорог III категории между собой и их примыканиях при перспективной интенсивности движения на пересечении (в сумме для обеих пересекающихся или примыкающих дорог) более 8000 привед. авт./сут.

Транспортные развязки следует проектировать с таким расчетом, чтобы на дорогах I и II категорий не было левых поворотов, а также въездов и съездов с левыми поворотами, при которых пересекались бы в одном уровне потоки основных направлений движения.

На дорогах I-б и II категорий при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается

устройство примыканий дорог III категории в одном уровне (при обязательном отгоне левоповоротных направлений движения).

Число пересечений и примыканий на автомобильных дорогах I-III категорий должно быть возможно меньшим. Пересечения и примыкания на дорогах I-а категории вне пределов населенных пунктов надлежит предусматривать, как правило, не чаще чем через 10 км, на дорогах I-б и II категорий - 5 км, а на дорогах III категории - 2 км.

Выделение полос движения на основных дорогах направляющими островками без возвышения над проезжей частью следует предусматривать в виде разметки соответствующих зон.

Пересечения и примыкания дорог в одном уровне независимо от схемы пересечений рекомендуется выполнять под прямым или близким к нему углом. В случаях, когда транспортные потоки не пересекаются, а разветвляются или сливаются, допускается устраивать пересечения дорог под любым углом с учетом обеспечения видимости.

Пересечения автомобильных дорог с железными дорогами следует проектировать, как правило, вне пределов станций и путей маневрового движения преимущественно на прямых участках пересекающихся дорог. Острый угол между пересекающимися дорогами в одном уровне не должен быть менее 60°.

Пересечения автомобильных дорог I-III категорий с железными дорогами следует проектировать в разных уровнях.

Все съезды и въезды на подходах к дорогам I-III категорий должны иметь покрытия:

при песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунтах - на протяжении 100 м;

черноземах, глинистых, тяжелых и пылеватых суглинистых грунтах - на протяжении 200 м.

Протяженность покрытий въездов на дороги IV категории следует предусматривать в 2 раза меньшей, чем въездов на дороги I - III категорий.

Обочины на съездах и въездах следует укреплять на ширину не менее 0,5...0,75 м.

Переходно-скоростные полосы следует предусматривать на пересечениях и примыканиях в одном уровне в местах съездов на дорогах I - III категорий, в том числе к зданиям и сооружениям, располагаемым в придорожной зоне:

на дорогах I категории при интенсивности движения 50 привед. авт./сут и более съезжающих или въезжающих на дорогу (соответственно для полосы торможения или разгона);

на дорогах II, III категорий - при интенсивности движения 200 привед. авт./сут и более. Длина переходно-скоростных полос для разных категорий дорог и режимов движения приведена в табл. 1.4.

Автовокзалы для обслуживания пассажиров междугородних автобусных маршрутов размещают вблизи общегородских магистралей на въездах в город или на границе между центральным и периферийными районами.

Таблица 1.4

Категории дорог	Продольный уклон, ‰		Длина полос полной ширины, м		Длина отгона полос разгона и торможения, м
	на спуске	на подъеме	для разгона	для тормо- жения	
1-б, II	40	-	140	110	80
	20	-	160	105	80
	0	0	180	100	80
	-	20	200	95	80
	-	40	230	90	80
III	40	-	110	85	60
	20	-	120	80	60
	0	0	130	75	60
	-	20	150	70	60
	-	40	170	65	60
IV	40	-	30	50	30
	20	-	35	45	30
	0	0	40	40	30
	-	20	45	35	30
	-	40	50	30	30

Примечание. При сопряжении переходно-скоростных полос со съездами, имеющими самостоятельные проезжие части для поворачивающих автомобилей, длину переходно-скоростных полос полной ширины допускается уменьшать в соответствии с расчетными скоростями на съездах, но не менее чем до 50 м для дорог 1-б, II категорий и до 30 м для дорог III категории.

При значительных размерах пересадочных потоков пассажиров или при параллельном направлении магистралей целесообразно устраивать объединенные вокзалы автобусного, железнодорожного, водного или воздушного сообщений. В составе автовокзала предусматривают зал ожидания для пассажиров, буфет, сану-

зел, гостиницу, почту, помещение для багажа, площадки для посадки и высадки пассажиров, административное помещение, диспетчерскую, гаражи, помещения для мойки, технического обслуживания и мелкого ремонта автобусов, бензозаправочную станцию.

Автомобильные дороги I - III категорий не должны пересекать территории населенных мест и застраиваться с двух сторон. Застройка с одной стороны дороги располагается не ближе 200 м от края проезжей части, с использованием этих полос для сельского хозяйства, посадки фруктовых деревьев и кустарников.

Загородные туристические автомобильные, велосипедные и пешеходные дороги трассируют по наиболее живописным местам с удобным доступом к памятникам культуры, заповедникам и местам исторических событий.

1.3. Элементы автомобильной дороги

Кратчайшим расстоянием между двумя соединяемыми пунктами является прямая линия, поэтому наиболее целесообразно для движения транспортных средств прямолинейное начертание дорог и улиц. При планировке дорожной и уличной сети возникает, однако, необходимость обхода естественных препятствий, водных пространств, железных дорог, оврагов или возвышенностей, существующих зданий и сооружений. Прямолинейные дороги и улицы большой протяженности создают однообразные монотонные условия движения и утомляют водителей.

На сложном рельефе, в гористой местности неизбежно приходится применять извилистые трассы дорог и улиц. Изменение направления дороги и улицы определяется внешним углом поворота между смежными участками. Для обеспечения плавного поворота транспортных средств смежные прямолинейные отрезки дороги и улицы сопрягаются между собой криволинейными участками, описанными по дуге окружности заданного радиуса.

Значения радиусов кривых принимают в зависимости от назначения дороги или улицы, расчетной скорости движения, характера рельефа и застройки.

Условия движения транспортных средств на кривых участках дорог и улиц ухудшаются по ряду причин. При движении по кривой уменьшается устойчивость автомобиля, так как возникает центробежная сила, действующая во внешнюю сторону и стремящаяся опрокинуть автомобиль (или какое-либо другое транспортное средство) и вызвать поперечное скольжение.

Центробежная сила прямо пропорциональна квадрату скорости движения и обратно пропорциональна радиусу кривой. Чем больше расчетная скорость движения, тем больше должен быть радиус криволинейных участков дорог и улиц. На поворотах небольшого радиуса (меньше 2000 м) кроме того, что возникает центробежная сила, ухудшается управляемость автомобилем и видимость дороги, особенно в лесной местности, в населенных пунктах и выемках.

Если радиус круговой кривой ниже нормы, на протяжении всего закругления устраивают вираж - круговую кривую, имеющую постоянный радиус, а проезжей части и обочинам придают общий односкатный поперечный профиль с уклоном в сторону, обратную действию центробежной силы, - к центру кривой (рис. 1.1).

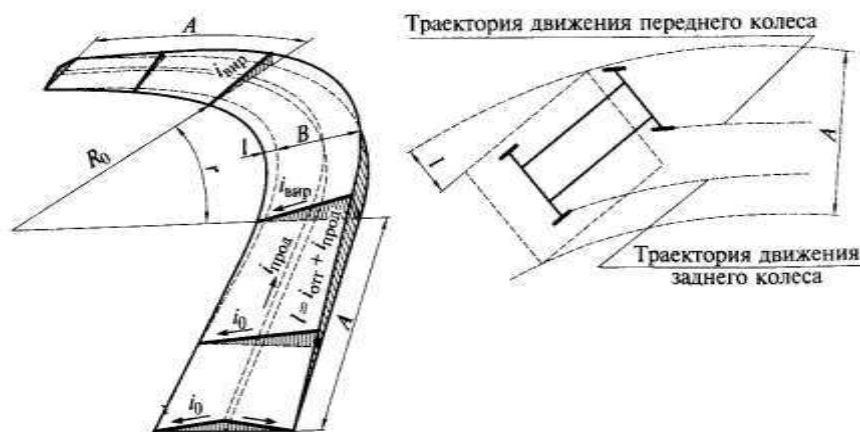


Рис. 1.1. Схема виража:

- A - участки отгона виража с переходной кривой; B - ширина проезжей части;
- i_0 - поперечный уклон двускатного профиля; $i_{\text{вир}}$ - поперечный уклон виража;
- $i_{\text{отт}}$ - поперечный уклон на участке отгона виража; $i_{\text{прод}}$ - продольный уклон дороги на вираже;
- l - уширение; r - круговая кривая; R_0 - радиус закругления

Уклон проезжей части на вираже делают не менее, чем поперечный уклон покрытия с двускатным поперечным профилем.

На поворотах дороги задние колеса автомобиля проходят по дуге, смещенной по отношению к траектории передних колес. Кроме того, при проезде по закруглению автомобиль занимает полосу проезжей части большей ширины, чем на прямом участке.

Это вынуждает уширять проезжую часть с внутренней стороны закругления, если радиус его не превышает

1000 м. Поэтому между прямолинейным участком и виражом устраивают переходную кривую, обладающую постепенно изменяющимся радиусом.

Переход к полному уширению происходит постепенно на длине, называемой отводом уширения или отгоном виража. Переход от нормальной ширины проезжей части к уширенной осуществляют таким образом, чтобы закончить его к началу круговой кривой.

Переходная кривая благодаря переменному радиусу плавно примыкает к круговой кривой, обеспечивает постепенное нарастание центробежной силы и устраняет опасность внезапного бокового толчка при въезде на круговую кривую, позволяет водителю плавно повернуть руль и приспособиться к режиму движения на кривой.

Дорога должна быть запроектирована так, чтобы водитель видел лежащий перед ним участок достаточной длины и мог заметить препятствие на пути, объехать его или остановить автомобиль. Длина такого участка называется расстоянием видимости.

Для каждой категории дороги установлены расчетные расстояния видимости (см. табл. 1.3) и расчетные скорости движения (табл. 1.5).

При проложении автомобильной дороги в горной местности для преодоления крутых подъемов и спусков устраивают особые сложные закругления с большим углом поворота - серпантины. Безопасность движения на кривой снижается вследствие ухудшения удобства управления автомобилем и уменьшения видимости пути впереди водителя. С увеличением скорости движения автомобиля увеличивается расстояние, проходимое с момента обнаружения водителем препятствия до момента остановки. Поэтому с ростом скорости должны увеличиваться расстояния видимости в плане и, следовательно, радиус кривой поворота.

Согласно СНиП 2.05.02-85 предусматривается увеличение наименьших радиусов кривых в плане по оси проезжей части со 150 до 800 м при повышении расчетной скорости с 60 до 120 км/ч для улиц разного назначения и скоростных дорог. Рекомендуемые радиусы кривых превышают минимальные в 4-5 раз и более.

Зона видимости, свободная от какой-либо застройки, деревьев и других препятствий, определяется наименьшим расстоянием видимости поверхности проезжей части, изменяющимся от 85 до 250 м при тех же изменениях скорости движения от 60 до 120 км/ч.

Наименьшее расстояние видимости встречного автомобиля должно быть примерно в 2 раза больше.

Ось улицы или дороги, проложенная в натуре на земной поверхности, называется трассой улицы или дороги. Трасса представляет собой линию в пространстве, так как имеет не только повороты на земной поверхности, но и подъемы и спуски. Проложение трассы на карте или непосредственно на местности осуществляется при помощи геодезических работ и называется трассированием линии.

Выбор положения трассы между заданными пунктами зависит от категории дороги, рельефа местности, почвенно-геологических и гидрологических условий, наличия контурных препятствий.

Таблица 1.5

Категория дороги	Расчетные скорости движения, км/ч		
	основные	допускаемые на трудных участках местности	
		пересеченной	горной
1-а	150	120	80
1-б	120	100	60
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	80	60	40
V	60	40	30

Выполненное в определенном масштабе графическое изображение горизонтальной проекции трассы называется планом трассы.

От плана трассы следует отличать план улицы (или дороги). План улицы представляет собой графическое масштабное изображение горизонтальной проекции улицы в красных линиях со всеми сооружениями, расположенными на улице (проезжие части, тротуары, рельсовые пути, дождеприемные колодцы, озеленение, искусственные сооружения и т.п.).

Современная автомобильная дорога представляет собой большой комплекс инженерных сооружений. Основными сооружениями дороги являются земляное полотно, дорожная одежда, водоотводные сооружения, путепроводы, тоннели, подпорные стены. К вспомогательным сооружениям условно можно отнести автомобильные станции, гаражи, заправочные, ремонтные, медицинские пункты, здания дорожной службы. К обустройству относят ограждения, дорожные знаки, озеленение, освещение, смотровые площадки и площадки отдыха.

Полосу местности, на которой размещают указанные сооружения, называют полосой отвода. С целью экономии земли стремятся назначать минимально возможную ширину полосы отвода с учетом категории дороги. Полоса отвода служит для размещения всех сооружений и обустройства транспортного и дорожного обслуживания дорог.

Нормы отвода земель регламентированы с учетом категории дороги, числа полос движения, высоты насыпи, глубины выемки, характера местности и ее уклона. Во избежание сноса зданий и сооружений при рекон-

струкции дорог с каждой стороны границы отвода выделяют контрольные полосы (полосы отвода), в пределах которых не разрешается возведение зданий и сооружений.

Величина контрольных полос для дорог России устанавливается по согласованию с администрациями регионов. Минимальная ширина контрольной полосы для дорог общегосударственного значения 50 м. Ширина контрольной полосы при прохождении дороги на территории лесопаркового пояса Москвы и Санкт-Петербурга - 150 м, а на подъездах к столицам автономных республик, краевым, областным и крупным промышленным центрам, на обходах крупных городов - 100 м.

На дорогах с интенсивным движением для устранения помех свободному проезду автомобилей с большой скоростью в ряде случаев параллельно основной дороге устраивают отдельные пути для гужевого и тракторного транспорта, для велосипедистов; тротуары и пешеходные дорожки; подземные и надземные переходы.

На современных скоростных автомобильных дорогах встречные потоки движения, как правило, разделяют полосой земли, устраивая две проезжие части; в отдельных случаях проезжие части могут быть размещены на расстоянии одна от другой.

В местах пересечения с другими автомобильными или железными дорогами строят путепроводы и эстакады. Для защиты от снежных заносов, а также с декоративными целями вдоль дорог сажают деревья и кустарники. Для создания безопасных условий движения транспортных средств и ориентировки водителей устанавливают дорожные знаки и ограждения.

Дорога как инженерное сооружение должна быть прочной, иметь ровную поверхность, обеспечивать удобство и безопасность движения транспортных средств.

План дороги - графическое изображение ее проекций (в пределах ширины дорожной полосы) на горизонтальную плоскость, выполненное в уменьшенном масштабе (рис. 1.2).

Дорогу не всегда можно проложить по кратчайшему расстоянию между заданными пунктами. Горы, овраги, озера, реки, болота и другие контурные препятствия приходится обходить, удлиняя трассу и прокладывая ее в виде ломаной линии. В местах изменения направления трассы при обходе препятствия образуется угол поворота. В итоге трасса представляет собой сочетание прямых участков разной длины с плавными кривыми.

Трассу проектируют в виде плавной линии с взаимной увязкой элементов плана, продольного и поперечного профилей между собой и с прилегающей местностью, с оценкой их влияния на условия движения и зрительное восприятие дороги.

Для сохранения окружающего ландшафта при проложении дороги используются принципы ландшафтного проектирования.

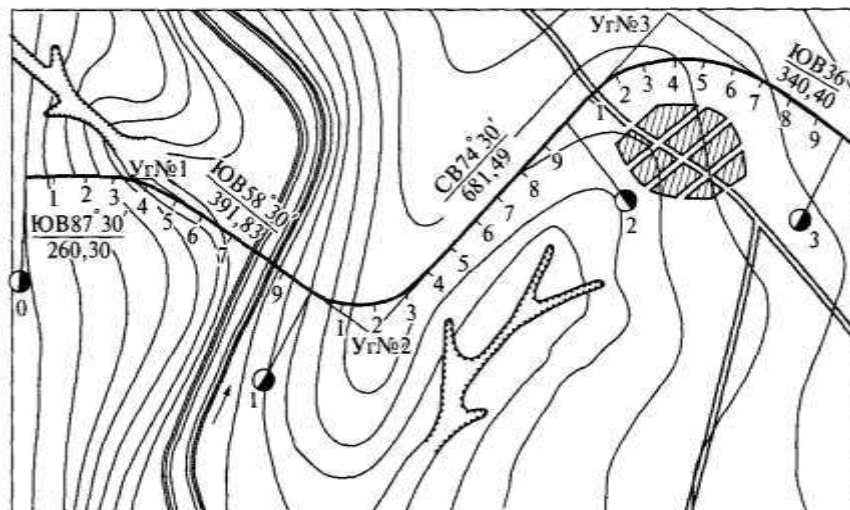


Рис. 1.2. План автомобильной дороги (условный)

Ландшафтным проектированием называется проложение дороги на местности, обеспечивающее плавность сопряжения между собой элементов трассы и гармоническое сочетание дороги с окружающим ландшафтом. При этом к дорожному ландшафту относятся формы рельефа местности, растительный покров, водные и заболоченные поверхности, а также возникшие в результате деятельности человека сельскохозяйственные угодья, лесные разработки и горные выработки, населенные пункты и промышленные предприятия.

Цель ландшафтного проектирования - создание дороги, обеспечивающей удобство и безопасность движения и не являющейся утомительной для водителей и пассажиров, способствующей сохранению цельности живописного ландшафта.

Ландшафтное проектирование дорог обеспечивает выполнение Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Такое проектирование позволяет прокладывать дороги не только не нарушая сложившихся природных ландшафтов, но и способствуя их украшению и повышению плодородности

почвы. Ландшафтное проектирование, как правило, приводит к снижению строительной стоимости дороги за счет уменьшения объемов земляных работ.

Продольный профиль дороги - это выполненное в определенном масштабе графическое изображение вертикальной проекции оси дороги. Продольный профиль дороги (или улицы) является изображением разреза дороги вертикальной плоскостью, проходящей через ось трассы. Продольный профиль характеризует величину проектных уклонов отдельных участков дороги и расположение ее проезжей части относительно естественной поверхности земли (рис. 1.3).

Проектная линия отдельных участков дороги характеризуется продольным уклоном i между двумя точками, т.е. отношением разницы высот h между этими точками к горизонтальному расстоянию между ними l_1 . Продольный уклон определяется тангенсом угла наклона α линии к горизонту:

$$i = \operatorname{tg} \alpha = h/l_1 \quad (1.1)$$

Величина уклона i выражается в процентах, в промилле (тысячных долях) или в относительных единицах: $i = 3\%$, или $i = 30\text{‰}$, или $i = 0,03$. Значение уклона в промилле показывает, на сколько метров повышается или понижается трасса оси дороги на протяжении 1000 м.

Подъемы считаются положительными, а спуски отрицательными уклонами.

При геодезических изысканиях измеряют не горизонтальное расстояние между двумя точками l_1 , а расстояние непосредственно по поверхности земли l .

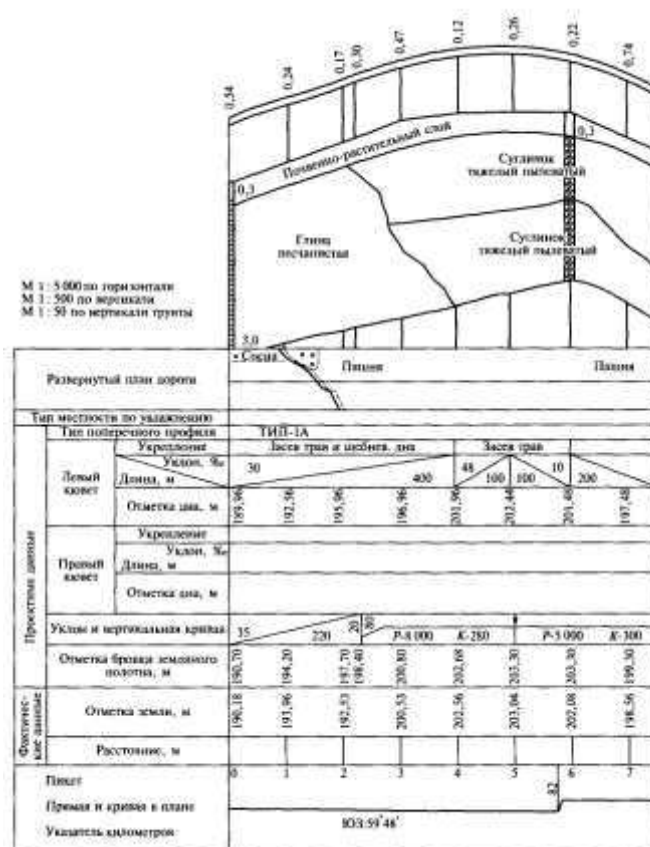


Рис. 1.3. Продольный профиль автомобильной дороги

Поэтому фактически уклон вычисляется не как $\operatorname{tg} \alpha$, а как $\operatorname{sin} \alpha$:

$$i = \operatorname{sin} \alpha = h/l. \quad (1.2)$$

Учитывая, что угол продольного наклона α трассы дороги не превышает обычно $3...4^\circ$, можно считать $\operatorname{sin} \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$. Продольные уклоны дорог и улиц должны удовлетворять требованиям, соблюдение которых обеспечивает нормальные условия движения автомобиля.

Хотя современные автомобили в состоянии преодолевать на коротких сухих участках значительные подъемы, скорость движения при этом заметно снижается. При скользкой или грязной поверхности дороги скорость движения на подъеме будет еще меньше.

При проектировании продольного профиля дорог и улиц в точках пересечения соседних участков с разными уклонами образуются переломы. Близкое расстояние между переломами продольного профиля и особенно частое чередование подъемов и спусков нарушают удобство движения, так как требуют изменения режима езды, переключения передач, а иногда торможения. Поэтому желательно соблюдать возможно большие расстояния между переломами профиля.

Различают выпуклые и вогнутые переломы профиля. Выпуклые переломы нарушают плавность движения и ухудшают обзор дороги впереди движущегося автомобиля. На вогнутых переломах возникают толчки и перегрузка рессор под действием центробежной силы.

Чтобы избежать ударов, толчков и обеспечить хорошую видимость дороги, перелом продольного профиля смягчают введением вставок вертикальных кривых. Вертикальные кривые устраивают на переломах продольного профиля для плавности и безопасности движения на дорогах I, II категорий при алгебраической разности уклонов 5 ‰ и более, на дорогах III категории - 10 ‰ и более, на дорогах IV, V категорий - 20 ‰ и более.

Расстояние видимости принимается из условия расположения глаза водителя на высоте 1,2 м над осью крайней по ходу полосы движения автомобиля на расстоянии 1,5 м от бортового камня. При реконструкции дорог и улиц, а также при проектировании их в горных и стесненных условиях расстояния видимости и радиусы вертикальных кривых могут быть уменьшены в соответствии с принятой расчетной скоростью движения.

При построении продольного профиля дороги или улицы сначала вычерчивается линия естественной поверхности земли, которая называется черной линией. Черная линия соединяет между собой так называемые черные отметки естественной поверхности земли, абсолютная высота которых над уровнем моря измеряется геодезическими инструментами при изысканиях в натуре или определяется по плану местности в горизонталях.

Естественный рельеф местности, по которой трассируется дорога или улица, не соответствует обычно требованиям проектируемой линии продольного профиля, и возникает необходимость в планировке рельефа путем срезки или подсыпки грунта. Отметки точек проектируемой поверхности называются проектными или красными, а соединяющая их линия проектной или красной линией.

Проектная линия показывает положение проектируемой дороги по отношению к поверхности земли.

Разность проектных и черных отметок, вычисленная для одной и той же ординаты продольного профиля, называется рабочей отметкой. Если проектная линия лежит выше линии поверхности земли, дорога проходит в насыпи, если ниже линии поверхности земли - в выемке. Места пересечения проектной линии с линией поверхности земли называют точками с нулевыми отметками. Проектная линия состоит из горизонтальных и наклонных отрезков, соединенных вертикальными кривыми разных радиусов. Если условия местности позволяют, радиусы кривых в продольном профиле делают не менее 3000 м. Длины кривых в продольном профиле принимают следующими: выпуклых не менее 300 м, вогнутых не менее 100 м.

При проектировании дорог и улиц необходимо учитывать, что проектные отметки устанавливаются по верху дорожного покрытия. Поэтому рабочие отметки для насыпей будут фактически меньше на толщину дорожной одежды, а для выемок больше на ту же величину.

Для наглядности изображения масштаб чертежа продольного профиля делают разным: горизонтальные расстояния откладывают в масштабе 50 м в 1 см, вертикальные - 5 м в 1 см.

Поперечным профилем дороги называется изображение, полученное сечением дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси дороги. Основные параметры поперечного профиля дороги приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Параметры элементов дороги	Категория дороги					
	1-а	1-б	II	III	IV	V
Число полос движения	4; 6; 8	4; 6; 8	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	-
Ширина проезжей части, м	2×7,5	2×7,5	7,5	7	6	4,5
	2×11,25	22×11,25				
	2×15	2×15				
Ширина обочин, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2	1,75
Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	-
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м	6	5	-	-	-	-
Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	1	1	-	-	-	-
Ширина земляного по-	28,5; 36;	27,5; 35;	15	12	10	8

лотна, м	43,5	42,5			
----------	------	------	--	--	--

В поперечном профиле дорог вдоль проезжих частей с обеих сторон устраивают грунтовые полосы - обочины (рис. 1.4).

Обочины создают боковой упор для дорожной одежды проезжей части и используются для временной стоянки автомобилей.

Полоса земли, на которой устраивают проезжую часть и обочины, называется земляным полотном. Земляное полотно отделяется от прилегающей местности откосами или боковыми канавами, которые служат для осушения земляного полотна и отвода поверхностной воды. При устройстве земляного полотна в насыпи необходимый грунт подвозят из находящихся вблизи выемок или при его недостатке берут из закладываемых около дороги неглубоких выработок, называемых резервами. Избыточный грунт из выемок укладывают в валы, называемые кавальерами.

Важным элементом автомобильной дороги является проезжая часть, которая позволяет беспрепятственно и безопасно двигаться транспортным средствам с заданной скоростью (рис. 1.5). Проезжая часть должна занимать строго определенное положение, иметь размеры и геометрическое очертание, соответствующее требованиям дорожного движения, достаточно прочную и ровную поверхность.

Общая ширина улиц зависит от соотношения высоты застройки и расстояния между линиями застройки, от характера озеленения, ширины проезжей части, тротуара, технических зон для устройства подземных сооружений и других факторов.

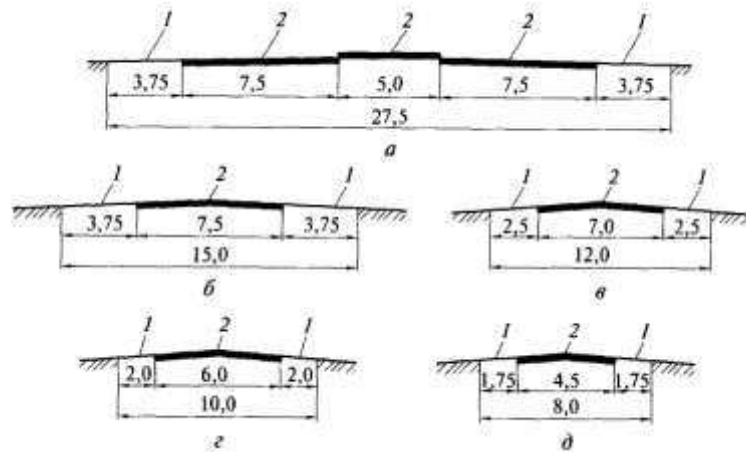


Рис. 1.4. Типовые поперечные профили автомобильных дорог общей сети России (размеры даны в метрах):

a - дороги I категории; *б* - дороги II категории; *в* - дороги III категории; *г* - дороги IV категории; *д* - дороги V категории; 1 - обочины; 2 - дорожная одежда проезжей части

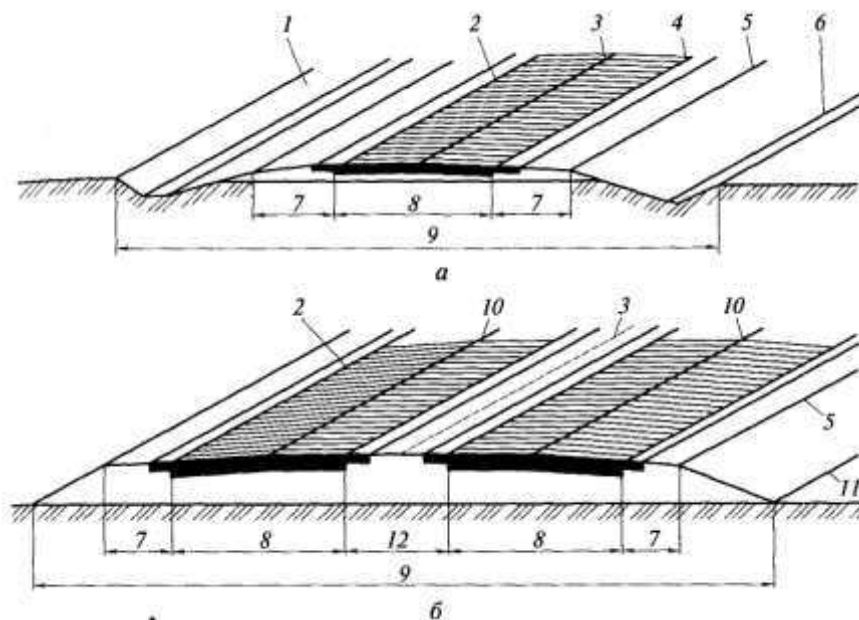


Рис. 1.5. Элементы поперечного профиля автомобильной дороги:

a - с одной проезжей частью; *б* - с двумя проезжими частями и разделительной полосой;

1 - внешний откос канавы; 2 - краевая укрепительная полоса; 3 - ось дороги; 4 - кромка проезжей части; 5 - бровка насыпи; 6 - внутренний откос; 7 - обочина; 8 - проезжая часть; 9 - земляное полотно; 10 - ось проезжей части; 11 - откос насыпи; 12 - разделительная полоса

Необходимая ширина проезжей части и тротуаров должна определяться в соответствии с составом и размером перспективных транспортных потоков и пешеходов в периоды максимального движения для наиболее загруженного участка. Правильное определение необходимой и достаточной ширины проезжей части имеет большое техническое и экономическое значение при планировке новых городов, а также при реконструкции существующих магистралей. Учитывая большую стоимость сооружения и эксплуатации проезжей части улицы, ее ширину делают минимальной, но достаточной для пропуска транспортных потоков, рассчитанных на отдаленную перспективу. Необходимость расширения улиц и их проезжих частей при росте движения в старых городах приводит к громадным затратам.

Чрезмерно большая ширина проезжих частей улиц не только вызывает излишние расходы на их сооружение и эксплуатацию, но приводит к неэффективному их использованию, так как пропускная способность магистралей не возрастает пропорционально ширине. Излишняя ширина перекрестков может даже вызывать снижение пропускной способности из-за увеличения длительности их пересечения автомобилями и пешеходами.

Необходимая ширина проезжей части улицы, предназначенной непосредственно для движения транспортных средств, при установленном числе полос движения складывается из суммы величин габаритной ширины расчетных транспортных единиц и суммы зазоров безопасности.

Габаритная типовая ширина может быть принята для современных троллейбусов и автобусов 2,6 м, для новых троллейбусов и автобусов 2,7 м, для грузовых автомобилей 2,5 м и легковых автомобилей 2 м.

Зазоры безопасности определяют минимально необходимое и достаточное расстояние между кузовами транспортных единиц при встречном движении, при обгоне или попутном движении, а также между кузовом и бортом тротуара или полосой для стоянки автомобилей.

При установленных Правилами дорожного движения ограничениях скорости движения легковых автомобилей по улицам городов 60 км/ч величина зазоров безопасности может быть принята примерно 0,7 м между бортом тротуара и кузовами транспортных средств, движущихся по первой полосе, и 1...1,2 м между кузовами попутных автомобилей. Ширина проезжей части городских магистралей определяется кратной 3,75 м.

Нормами проектирования автомобильных дорог установлены ширина одной полосы (ленты) движения и наименьшее число полос (лент) для улиц и дорог разного назначения (см. табл. 1.6).

На первой очереди строительства ширина проезжей части магистральных улиц может быть уменьшена при двустороннем троллейбусном движении до 10,5 м, при двустороннем автобусном движении до 9 м.

Чтобы в перспективе можно было расширить проезжую часть до полной расчетной величины, необходимо оставлять резервные полосы вдоль оси проезжей части с временным их озеленением. Осевое расположение резервных полос дает возможность расширить проезжую часть без каких-либо переустройств. Расположение же резервных полос вдоль тротуара вызывает необходимость перекладки бортов тротуара и водоприемных колодцев, изменения отметок тротуара, а иногда даже переустройства входов в здания.

Для разделения встречных потоков безрельсовых транспортных средств, отделения транзитных потоков от местного движения и изоляции транспортных и пешеходных потоков устраивают разделительные полосы.

Ширину зеленых разделительных полос вдоль тротуаров желательно принимать 3,5 м из условия посадки деревьев или кустарников в открытом грунте и возможности устройства уширения проезжей части перед перекрестком на одну полосу движения за счет обрыва зеленой полосы. Между зеленой полосой и бортом тротуара следует оставлять полосу тротуара шириной 0,75...1 м для служебного прохода и складирования снега. Наименьшая ширина разделительной полосы между проезжей частью и тротуаром 2 м.

Устройство зеленой разделительной полосы вдоль тротуара упорядочивает пешеходное движение, повышает безопасность и скорость движения транспортных средств, способствует благоустройству улицы, улучшает гигиенические условия для пешеходов и людей, живущих в домах, расположенных на магистральных улицах.

Для разделения движения по встречным направлениям между проезжими частями устраивают центральную разделительную полосу. Центральная разделительная полоса повышает безопасность и скорость движения, исключая возможность столкновения транспортных средств встречных потоков, улучшает дисциплину движения транспортных средств и пешеходов. Ширину центральной разделительной полосы следует принимать 6 м на скоростных дорогах и 4 м на магистральных улицах непрерывного движения и дорогах грузового движения.

Устройство островков безопасности на центральной разделительной полосе магистралей общегородского значения в местах переходов обеспечивает необходимое место для пешеходов, скапливающихся в ожидании зеленого сигнала светофора, и сокращает длительность желтого сигнала.

Разделительные полосы, отделяющие проезжие части от других элементов дорог и улиц, должны быть подняты над проезжей частью на 15...20 см.

Центральные разделительные полосы могут возвышаться над проезжей частью или располагаться в одном с

ней уровне с выделением двумя параллельными линиями разметки, нанесенными на дорожное покрытие белой краской.

В сложном рельефе при расположении дороги на косогоре проезжие части каждого направления могут быть расположены на разной высоте с устройством разделительной полосы на откосе. Такое решение существенно уменьшает объем земляных работ, приближая к естественному рельефу расположение проезжих частей каждого направления.

В целях уменьшения стоимости искусственных сооружений допускается не устраивать (или уменьшать ширину) разделительных полос на мостах, эстакадах, путепроводах и в тоннелях. Наименьшая ширина полосы, предназначенной только для разделения движения по направлениям и служебного прохода, 1,2 м. Учитывая неравномерное распределение больших транспортных потоков в разные часы суток по направлениям движения, целесообразно предусматривать устройство передвижных разделительных полос.

На скоростных дорогах, а также на магистральных улицах общегородского значения с интенсивным движением и фронтальной застройкой проезжие части местного движения отделяются от основных проезжих частей транзитного движения разделительными

полосами шириной не менее 3 м на скоростных дорогах и магистралях с непрерывным движением и 6 м на магистральных улицах общегородского значения с регулируемым движением.

Наименьшая ширина палисадников перед многоэтажными зданиями 6 м, одноэтажными - 4 м, причем расстояние от наружных стен зданий не должно быть менее 5 м до осей стволов деревьев и уклонами в пределах 5...50 ‰. Ширина газонов устанавливается с учетом возможности складывания снега, а также размещения под ними подземных инженерных сетей.

На дорогах и улицах, ведущих к паркам, стадионам, пляжам, выставкам, промышленным предприятиям, загородным магистралям, в пригородные районы и зоны отдыха, проектируется устройство велосипедных дорожек. Ширина велосипедных дорожек должна быть не менее 1,5 м для движения в один ряд и 2,5 м для движения в два ряда в одном направлении.

Пропускная способность при движении в один ряд составляет 300 вел./ч. Велосипедные дорожки отделяют от тротуара полосой кустарника шириной 1,2 м, а от проезжей части - 0,8 м.

Продольные уклоны для велосипедных дорожек принимают не менее 4 ‰ и не более 50 ‰, поперечные уклоны - 15...25 ‰.

Ширина тротуаров определяется в соответствии с размерами движения пешеходов в оба направления, принимая ширину одной полосы движения 0,75 м и ее расчетную пропускную способность 1000 чел./ч на тротуарах и дорожках, ограниченных зелеными насаждениями. Пропускная способность тротуаров у застройки с магазинами снижается до 700 чел./ч по одной полосе движения, у застройки, отделенной зелеными полосами, до 800 чел./ч, а на прогулочных дорожках и аллеях до 600 чел./ч.

Свободную ширину тротуаров следует принимать не менее следующих значений:

4,5 м на магистральных улицах общегородского значения;

3 м на магистралях районного значения;

2,25 м на жилых улицах;

1,5 м на дорогах местного значения промышленных и коммунально-складских районов, а также местных проездах.

В свободную ширину тротуаров входит только пространство, предназначенное непосредственно для движения пешеходов. При размещении в пределах тротуара и пешеходных дорожек мачт наружного освещения, опор контактного провода трамвая или троллейбуса и других препятствий для движения пешеходов минимальная ширина тротуаров увеличивается на ширину соответствующих препятствий (0,5...1,2 м).

В местах массовой концентрации пешеходов: вблизи стадионов, входов в городские парки, выставки, у вокзалов, станций метрополитена, театров и кинотеатров, крупных универмагов и других пунктов - ширина тротуаров определяется расчетом в соответствии с максимальными размерами движения пешеходов.

Тротуары проектируют выше проезжей части на 15 см, ограждая их бортовыми камнями и придавая им поперечный уклон в сторону проезжей части 10...15 ‰. Продольные уклоны тротуаров не должны превышать 60 ‰. При больших уклонах тротуары и пешеходные дорожки устраивают с лестницами на отдельных участках. Общая ширина улиц определяется в соответствии с их типовыми поперечными профилями и входящими в них элементами.

На городских скоростных дорогах, ширина проезжей части которых вместе со служебными тротуарами занимает только 20...30 м, для изоляции застройки от шума и пыли устраивают полосы шириной не менее 50 м с массивным озеленением деревьями и кустарниками.

Общая ширина территории, занимаемой скоростной дорогой при наличии жилых районов с обеих сторон, составляет при таком решении примерно 130...180 м с учетом устройства тротуаров, местных проездов и зеленых полос (рис. 1.6, а). При наличии жилых районов только с одной стороны скоростной дороги ширина занимаемой ею территории сокращается до 80...105 м.

Для сооружения пересечений в разных уровнях без ухудшения продольного профиля скоростной дороги ее проезжую часть устраивают в выемке глубиной 3...5 м. Откосы или подпорные стенки выемки служат одновременно экраном, несколько ограничивающим распространение шума.

Для съезда на скоростную дорогу и выезда с нее у пересечений в разных уровнях устраивают боковые съез-

ды (пандусы), связывающие скоростную проезжую часть с местными проездами. Общая ширина территории, занимаемой скоростной дорогой

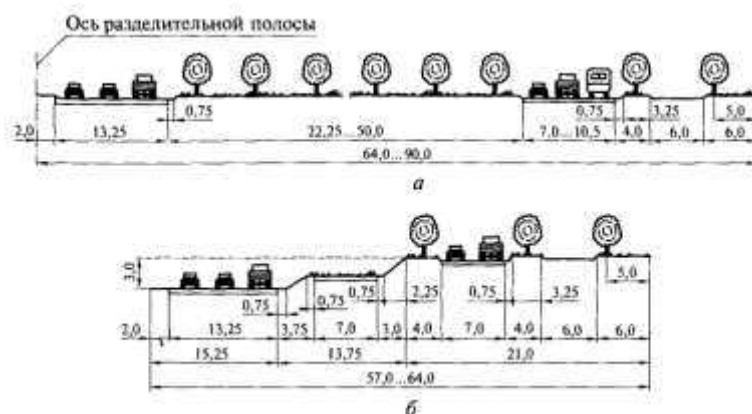


Рис. 1.6. Поперечные профили городских скоростных дорог (размеры даны в метрах):
a - в одном уровне; *б* - в выемке

в выемке с учетом пандусов и откосов, составляет примерно 110...130 м (рис. 1.6, *б*).

Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением с устройством всех пересечений в разных уровнях имеют ширину на перегонах в крупных городах 55...73 м (рис. 1.7).

Ширина магистралей непрерывного движения при небольших потоках может быть принята 55 м при сужении ширины тротуаров до 4,5 м и ширины местных и транзитных проезжих частей до двух лент в каждом направлении по 7 м.

При ширине проезжей части в тоннеле с тремя полосами движения в одном направлении по 4 м каждая общая ширина магистралей достигает 73 м.

Магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением на перекрестках в крупных городах могут быть шириной 50...60 м.

При устройстве местных проездов, отделенных от транзитной проезжей части застройкой шириной 6 м, общая ширина магистрали увеличивается до 70...80 м.

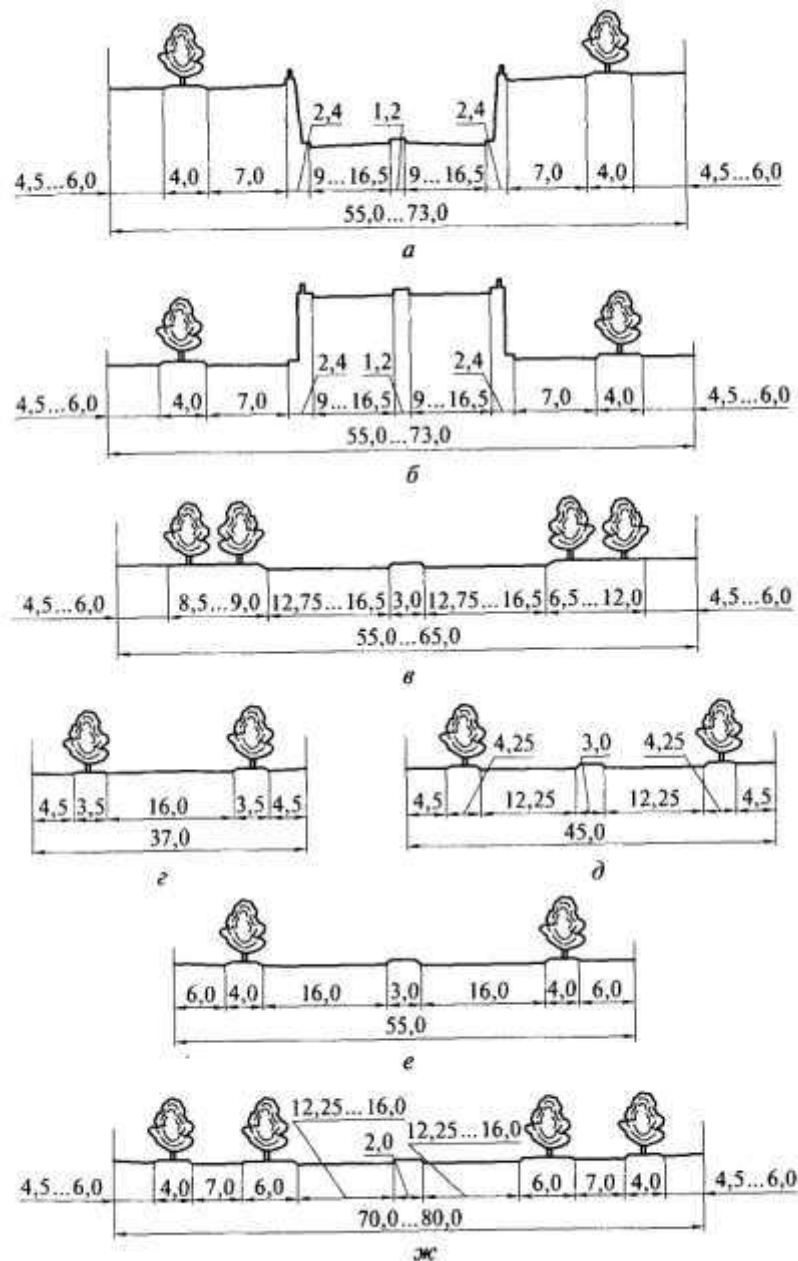


Рис. 1.7. Поперечные профили магистральных улиц общегородского значения с непрерывным движением (*а* - *в*) и с разными размерами движения (*г* - *ж*) (размеры даны в метрах): *а* - на подходах к тоннелям; *б* - на подходах к эстакадам; *в* - между пересечениями в разных уровнях; *г*, *д*, *е* - с небольшими, средними и значительными размерами движения соответственно; *ж* - с местными проездами

Трамвайная линия на обособленном полотне располагается между транзитным и местным проездами.

Если необходимо предусмотреть полосу разделения между тротуаром и застройкой по 6 м с каждой стороны, общая ширина магистрали может быть увеличена на 12 м.

Ширина поперечного профиля магистральных улиц при потоках может быть уменьшена до 32 м с устройством проезжей части шириной 16 м, тротуаров - 4,5 м, зеленых полос - 3,5 м.

Поперечные профили магистральных улиц районного значения (рис. 1.8) проектируют шириной 24...41 м в зависимости от расположения застройки прилегающих жилых образований и наличия или отсутствия зеленых насаждений между тротуаром и красной линией. Зеленые полосы могут также располагаться в отступах застройки.

Жилые улицы в районах многоэтажной застройки с выделением полос для остановок автомобилей и палисадников у застройки могут иметь ширину 33...35 м, а без палисадников - 21...23 м.

В районах малоэтажной и усадебной застройки ширина жилых улиц с подземными водостоками может быть уменьшена до 15 м с одним рядом деревьев.

По нормам проектирования ширина улиц в пределах красных линий установлена не менее следующих значений:

75 м для магистральных улиц общегородского значения непрерывного движения;

60 м для регулируемого движения;
 35 м для магистральных улиц районного значения;
 25 м для улиц местного движения при многоэтажной застройке,
 15 м - при малоэтажной застройке при соблюдении установленных санитарных разрывов между зданиями.

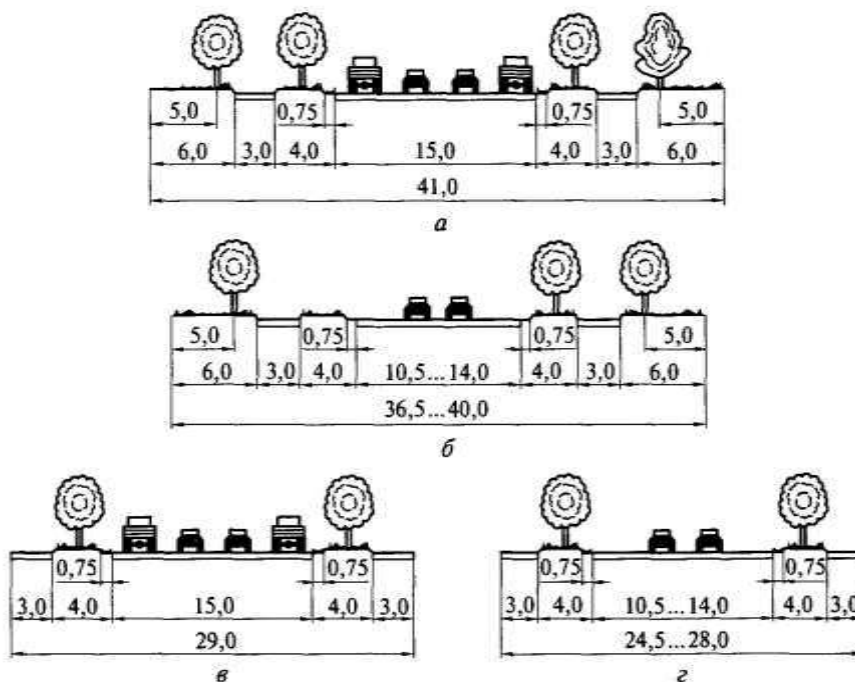


Рис. 1.8. Поперечные профили магистральных улиц районного значения (а, в) и жилых улиц (б, г):

а, б - с зелеными полосами у застройки; в, г - без зеленых полос

Значения поперечных уклонов проезжих частей улиц и дорог принимают в зависимости от продольных уклонов и типа дорожных покрытий. Величина их изменяется от 15...25 ‰ для относительно гладких асфальтобетонных и цементобетонных покрытий до 20...30 ‰ для покрытий из брусчатки, мозаики и сборных бетонных или железобетонных плит. В планировочных проектах поперечный уклон проезжих частей принимают обычно усреднено 20 ‰.

Земляное полотно - конструктивная часть дороги, выравнивающая неровности рельефа местности, служит основанием для дорожной одежды. Земляное полотно можно устраивать в насыпях и выемках; к нему относятся устройства и сооружения, предназначенные для отвода поверхностных и грунтовых вод.

Боковые поверхности земляного полотна, представляющие собой наклонные плоскости, называют откосами. Линию пересечения поверхности откоса с поверхностью земли для насыпи называют подошвой откоса, а для выемки - верхней бровкой откоса.

Крутизну откосов земляного полотна назначают из соображений их устойчивости под действием собственной массы и транспортных средств, а также под влиянием атмосферных факторов, с учетом требований безопасности дорожного движения и удобства производства земляных работ, условий заносимости снегом или песком.

Конструкция земляного полотна зависит от категории дороги, типа дорожной одежды, природных условий и необходимости обеспечения движения транспортных средств с высокими расчетными скоростями.

Для устройства насыпей можно использовать грунты, состояние которых под влиянием природных факторов практически не меняется или меняется незначительно, не влияя на прочность и устойчивость земляного полотна: скальные или слабо- и легковыветривающиеся неразмягчаемые горные породы, крупнообломочные, песчаные (за исключением мелких недренирующих и пылеватых песков) породы, легкие крупные супеси. Устойчивость земляного полотна также зависит от правильного расположения разных грунтов в насыпи, их влажности и плотности.

Для повышения несущей способности слабого основания земляного полотна применяют синтетические материалы, укладывая их на грунт перед возведением насыпи. Такие материалы используют также для обеспечения проезда дорожных машин на участках слабых грунтов при малой толщине насыпного слоя из дренирующих материалов; для предохранения зернистых материалов от перемешивания с переувлажненными глинистыми грунтами основания; в качестве фильтра для защиты дренажных конструкций, морозозащитных и дренирующих слоев от заиливания.

Типовые поперечные профили земляного полотна приведены на рис. 1.9.

На дорогах I категории предусмотрены профили для четырех- и шестиполосного движения с разделительной полосой шириной соответственно 12,5 (13,5) и 5 (6) м. Предусмотрены поперечные профили насыпей

высотой до 12 м, выемок глубиной 12 и 16 м в скальных слабовыветривающихся породах.

Для дорог I, II категорий разработаны поперечные профили насыпей высотой до 2 м и выемок глубиной до 1 м. Поперечные профили выемок глубиной до 1 м для дорог всех категорий запроектированы в виде разделанных под насыпь и раскрытых выемок.

Около дорог I - IV категорий при высоте насыпи 1 м предусмотрены боковые канавы-лотки или резервы при сплошном дренирующем слое, около дорог I - III категорий - продольный трубчатый дренаж. Независимо от глубины выемки и высоты насыпи в нескальных грунтах для дорог I - III категорий разработаны поперечные профили, как со сплошным дренирующим слоем, так и с продольными трубчатыми дренами, а для особых условий - канавы-траншеи.

Различают поперечные профили земляного полотна обтекаемого и необтекаемого очертания. Земляное полотно обтекаемого очертания способствует наименьшей заносимости дороги снегом, повышению безопасности дорожного движения и лучше вписывается в окружающий ландшафт. Полотно обтекаемого профиля выполняют во всех случаях. Исключение делается для стесненных условий или при проложении дороги по ценным сельскохозяйственным угодьям.

Как правило, насыпи возводят преимущественно из грунтов выемок и сосредоточенных резервов. Если дорога проходит по малоценным угодьям, используют грунт из боковых резервов, глубину которых не разрешается делать более 1,5 м. Излишний грунт из выемок при целесообразной дальности транспортирования можно использовать для уменьшения крутизны откосов земляного полотна, устройства съездов, площадок отдыха, автобусных остановок.

Дорожной одеждой называют многослойную конструкцию, устраиваемую на проезжей части для удобного и безопасного движения транспортных средств с расчетной скоростью. Дорожная одежда состоит из дорожного покрытия, основания и дополнительных слоев (рис. 1.10).

Дорожное покрытие - верхний, наиболее прочный слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий нагрузку от транспортных средств. Дорожное покрытие может быть одно- и двухслойным.

Верхний слой дорожного покрытия благодаря ровной поверхности обеспечивает необходимые транспортно-эксплуатационные качества дороги. Верхний слой дорожного покрытия подвергается непосредственному воздействию колес транспортных средств и атмосферных факторов, поэтому его устраивают из прочных каменных материалов с применением вяжущих.

При малой интенсивности движения дорожные покрытия устраивают из местного грунта, обработанного вяжущим. Для повышения прочности на дорожных покрытиях из слабых каменных материалов устраивают тонкий слой износа из более прочных материалов, называемый защитным.

Основание - несущая часть дорожной одежды, устраиваемая из каменных материалов или грунта, укрепленных вяжущим. Основание вместе с дорожным покрытием передает давление от транспортных средств на расположенные ниже дополнительные слои, а при их отсутствии - непосредственно на грунт земляного полотна.

Дополнительные слои располагают между основанием и грунтом земляного полотна. Дополнительный слой оснований может быть дренирующим, выравнивающим, противозаиливающим, морозозащитным.

Верхний слой земляного полотна, или подстилающий грунт, представляет собой тщательно уплотненный слой, на котором устраивают дорожную одежду. Подстилающий грунт должен быть достаточно прочным; в ряде случаев его укрепляют вяжущим.

Все конструкции дорожных одежд принято подразделять по сопротивлению изгибу на жесткие (цементобетонные) и нежесткие.

По конструкции слои дорожной одежды бывают из сыпучих материалов, уплотненных катками и движением транспортных средств, набирающие прочность в результате уплотнения и развития сил трения (расклинки), удерживающих отдельные частицы в слое; из асфальтобетонных и цементобетонных смесей, образующих монолит после укладки, уплотнения и твердения; сборные цементобетонные покрытия из плит. Важной характеристикой дорожной одежды является ее технологичность, т.е. свойство, позволяющее использовать наиболее экономичные технологические приемы, комплексную механизацию и поточный метод. Типы дорожных покрытий регламентированы СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги» исходя из категории дороги, следовательно, интенсивности движения и нагрузок транспортных средств (рис. 1.11).

На дорогах I, II категорий (в ряде случаев III и IV) устраивают усовершенствованные дорожные покрытия капитального типа цементобетонные (монолитные и сборные); асфальтобетонные из смесей, укладываемых в горячем состоянии; мостовые из брусчатки

и мозаики на бетонном или каменном основании; из смесей подобранного состава, обработанных битумом, с применением прочного щебня и вязкого битума.

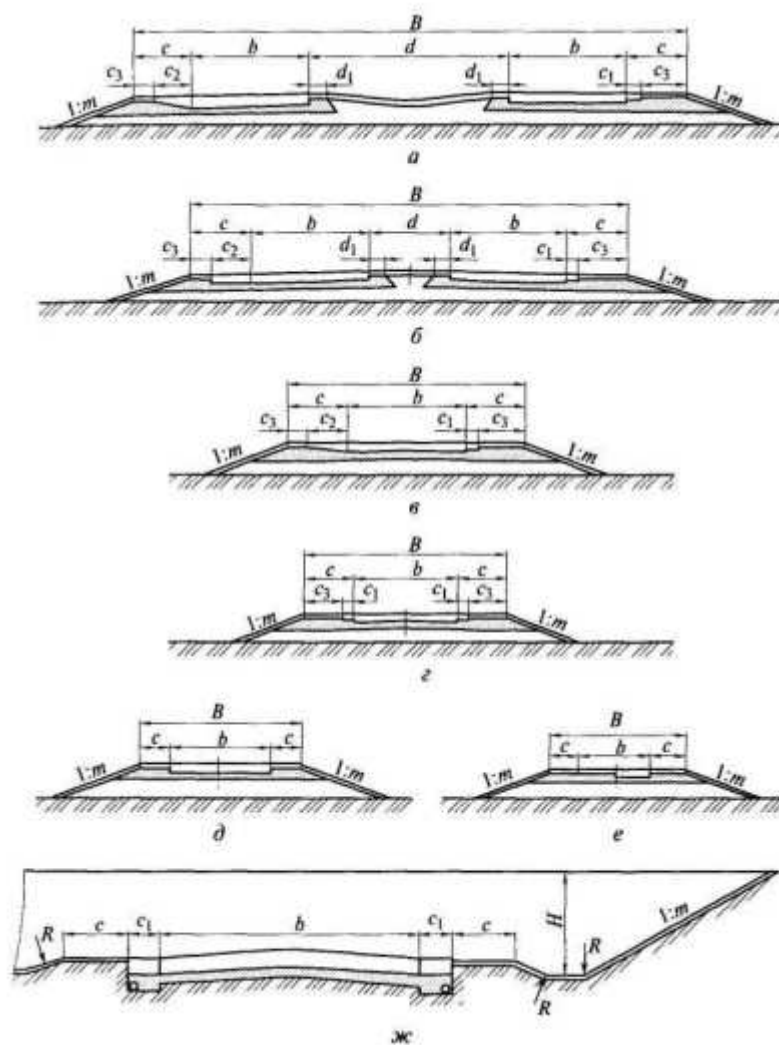


Рис. 1.9. Типовые поперечные профили земляного полотна:
a, б - дорог I категории; *в, г* - дорог II категории; *д* - дорог III, IV категории; *е* - дорог V категории; *ж* - дорог в выемке; *B* - ширина земляного полотна; *b* - ширина проезжей части; *d* - ширина разделительной полосы; *d₁* - ширина укрепления; *c* - ширина обочины; *c₁* - ширина дренажа; *c₂* - ширина укрепительной полосы; *c₃* - ширина укрепленной обочины; *1 : m* - уклон откоса; *H* - глубина выемки; *R* - радиус

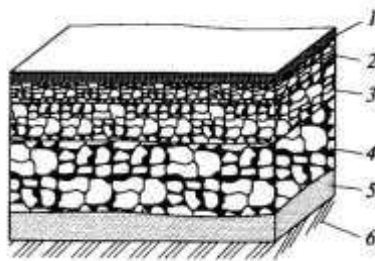


Рис. 1.10. Дорожная одежда:

1 - слой износа; *2* - верхний слой дорожного покрытия; *3* - нижний слой дорожного покрытия;
4 - основание; *5* - дополнительный слой; *6* - подстилающий грунт

Смеси приготавливают в асфальтосмесительных установках на асфальтобетонном заводе. На дорогах III - V категорий при стадийном строительстве и на дорогах II, III категорий устраивают усовершенствованных облегченных дорожных покрытия: из горячих асфальтобетонных смесей, укладываемых в разогретом состоянии (кроме I дорожно-климатической зоны); из холодных асфальтобетонных смесей, укладываемых в холодном состоянии; устраиваемые по способу пропитки, полупропитки, смешения на до-

роге.

К усовершенствованным облегченным отнесены также дорожные покрытия из прочного щебня (не содержащего зерен мельче 5 мм), обработанного битумом (дегтем) в установке, а также способом пропитки или полупропитки; из крупнообломочных материалов (с размером фракций до 40 мм); из песчаных или супесчаных грунтов, обработанных битумной эмульсией с цементом с обязательным устройством поверхностной обработки.

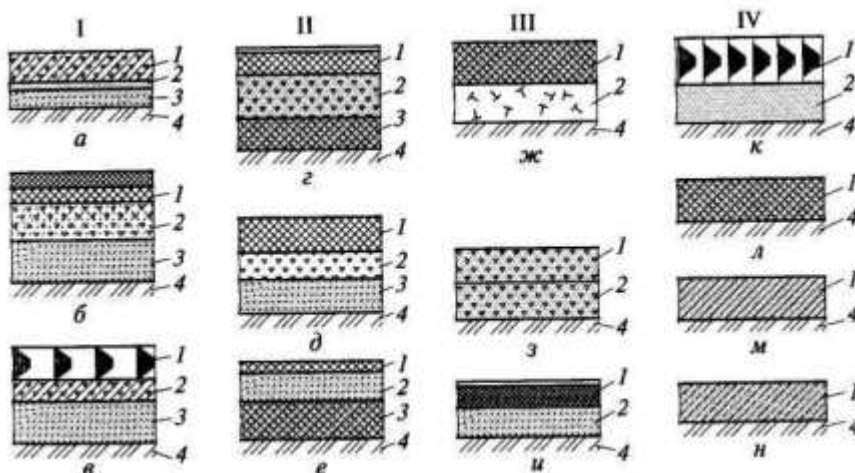


Рис. 1.11. Конструктивные слои одежд для автомобильных дорог I (а - в), II (г - е), III (ж - и), IV (к - н) категорий:

- а - цементобетонные монолитные и сборные; б - асфальтобетонные из горячих и теплых смесей; в - мостовые из брусчатки, мозаики на каменном или бетонном основании; г - щебеночные из прочных щебеночных материалов подобранного состава с минеральным порошком или без него, обработанные в смесителе вязкими органическими вяжущими; д - щебеночные (гравийные), обработанные по способу пропитки; е - из холодного асфальтобетона; ж - из грунтов, обработанных в установке вязким битумом; з - щебеночные (гравийные), шлаковые; и - грунтовые и из местных слабых материалов, обработанных органическими вяжущими; к - мостовые из булыжного или колотого камня; л - грунтовые, укрепленные местными скелетными материалами (гравием, щебнем и др.); м - грунтовые подобранного гранулометрического состава; н - грунтовые неукрепленные; 1 - дорожное покрытие; 2 - основание; 3 - дополнительный слой основания; 4 - грунтовое основание

На дорогах IV, V категорий, а при строительстве дорожных одежд в несколько стадий и на дорогах III - V категорий на первой стадии применяют дорожные покрытия переходного типа:

щебеночные, гравийные, шлаковые, не обработанные вяжущим;

из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими с добавкой или без добавки активных веществ;

мостовые из булыжного и колотого камня.

Дорожные покрытия низшего типа устраивают на дорогах V категории и на внутрикарьерных дорогах при стадийном устройстве дорожных одежд и на дорогах IV категории при первой очереди строительства. К дорожным покрытиям низшего типа относятся грунты, укрепленные или улучшенные разными местными скелетными материалами, покрытия лежневые, бревенчатые, сплошные и колейные.

1.4. Дорожный водоотвод

Водой, проникающей в земляное полотно дороги, осуществляется размягчение грунта, сильно снижающее способность земляного полотна к восприятию нагрузок. На рис. 1.12 показаны источники увлажнения земляного полотна.

Для защиты земляного полотна от разрушительного действия поверхностного стока или от капиллярного поднятия грунтовых вод устраивают водоотводные сооружения.

Совокупность сооружений для сбора, задержания, отвода воды от земляного полотна и пропуска ее через полотно составляет систему дорожного водоотвода.

Для отвода поверхностного стока проезжей части и обочинам придают выпуклые очертания. Для ускорения отвода воды от земляного полотна, устроенного в виде небольшой насыпи,

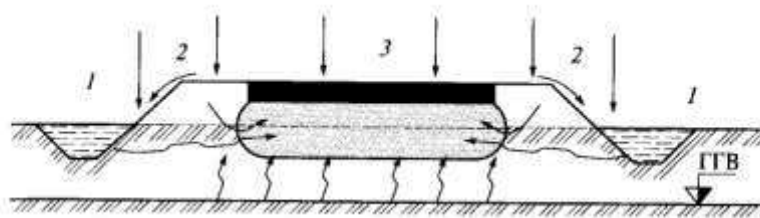


Рис. 1.12. Источники увлажнения земляного полотна:

1 - подземная грунтовая вода; 2 - вода в кюветах; 3 - атмосферные осадки;
ГГВ - горизонт грунтовых вод

устанавливают боковые канавы - кюветы.

Отвод поверхностных вод, обеспечивающий устойчивость и сохранность земляного полотна автомобильных дорог, осуществляется также резервами, нагорными канавами, лотками.

На местности с поперечным уклоном 2 ‰ при высоте насыпей менее 2 м, на участках с меняющимся поперечным уклоном, а также на болотах продольные водоотводные канавы устраивают с обеих сторон насыпей. При явно выраженном поперечном уклоне местности, когда поступление воды к земляному полотну возможно только с верхней стороны, канавы устраивают только с нагорной стороны.

В обводненных и переувлажненных грунтах, не способных удерживать откосы, применяют продольные лотки, обеспечивающие осушение земляного полотна и пропуск расчетного расхода воды. На нагорных участках устраивают перепады, быстротоки и гасители энергии - водобойные колодцы, стенки.

Выпуск воды из канав, кюветов и лотков в пониженные места рельефа допускается в случаях, когда это не сможет вызывать заболачивания местности и застоя воды у земляного полотна.

Дренажные устройства предназначены для защиты земляного полотна от действия грунтовых вод и поверхностного стока. Дренажные устройства служат для прерывания и преграждения доступа воды к земляному полотну снизу, сбора и отвода поверхностного стока с откосов выемки, понижения уровня грунтовых вод в основании земляного полотна, перехвата и отвода грунтовых вод, поступающих к дороге со стороны, а также сброса поверхностного стока в местах с необеспеченным отводом.

Дренажные устройства применяют в случаях недостаточного возвышения низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод или над поверхностью земли на участках, когда грунтовые воды могут нарушить прочность и устойчивость земляного полотна.

Необходимость в понижающих устройствах зависит от гидрологических условий, рельефа местности, их влияния на прочность и устойчивость земляного полотна.

Дренажные устройства выполняют в виде капиллярпрерывающих прослоек, откосных присыпных и врезных дренажей. Капиллярпрерывающие прослойки в основании насыпи устраивают по типу поглощающих, дренирующих и изолирующих прослоек.

Водоотводные сооружения, как правило, устраивают одновременно с возведением земляного полотна.

1.5. Искусственные сооружения на автомобильных дорогах

На автомобильных дорогах строят водопропускные трубы, мосты, эстакады, путепроводы, тоннели, подпорные и защитные стены. Из этих сооружений наиболее распространены водопропускные трубы и малые мосты. Меньшее распространение получили лотки - сооружения для пропуска воды переливом через земляное полотно.

Водопропускные трубы (рис. 1.13) представляют собой простейшие водопропускные сооружения, которые предназначены для пропуска небольших объемов воды. Их устраивают на пересечениях автомобильной дорогой небольших ручьев, оврагов, лощин, по которым вода стекает только в период дождей и таяния снега; при этом исключено сужение проезжей части и не требуется изменение типа дорожного покрытия. Водопропускные трубы бывают круглого и прямоугольного сечения с отверстием не менее 0,75 м, многоочковые из уложенных рядом нескольких труб (обычно не более четырех). Применяют также водопропускные трубы из стальных гофрированных листов.

Круглая водопропускная труба состоит из следующих элементов: фундамента, основных звеньев и оголовков, поддерживающих откосы насыпи и обеспечивающих плавный вход воды в трубу и выход из нее.

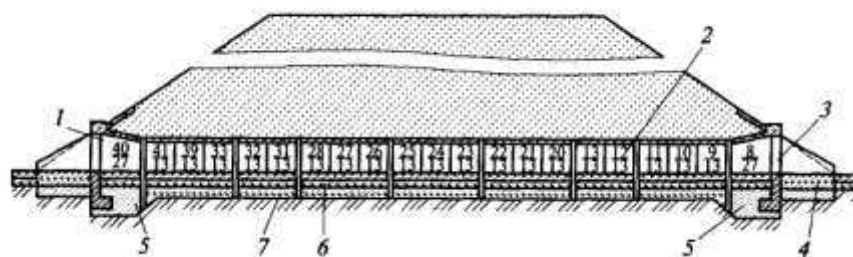


Рис. 1.13. Водопрopusкная труба:

1 - коническое звено трубы; 2 - звенья; 3 - порталный блок оголовка; 4 - лоток из монолитного бетона; 5 - песчано-гравийная подготовка; 6 - щебеночная подготовка; 7 - блоки фундамента

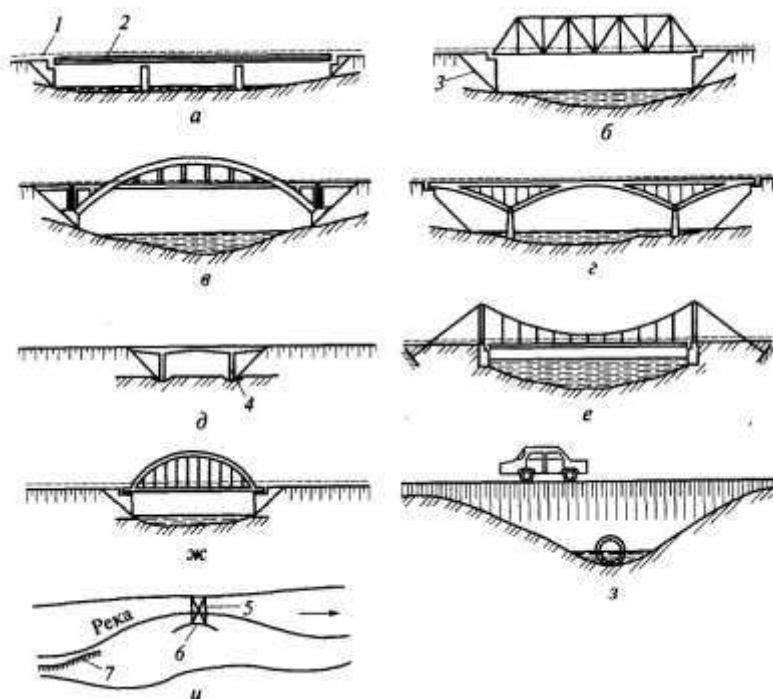


Рис. 1.14. Искусственные сооружения на автомобильных дорогах:

a - балочный мост с ездой поверху; *б* - мост со сквозной фермой (езда понизу); *в* - арочный мост; *г* - арочно-консольный мост; *д* - рамный мост; *е* - висячий мост; *ж* - мост комбинированной системы (безраспорная арка с балкой жесткости - затяжкой); *з* - водопрopusкная труба; *и* - схема мостового перехода; 1 - настил (подход к мосту); 2 - пролетное строение; 3 - устой; 4 - опора; 5 - мост; 6 - струенаправляющая дамба; 7 - регулиционное сооружение

Звенья представляют собой отдельные короткие отрезки, которые доставляют с заводов, производящих железобетонные изделия.

Мосты бывают пешеходные, железнодорожные, автодорожные. В ряде случаев мосты строят совмещенными для пропуска автомобильного и железнодорожного транспорта одновременно. При этом движение обоих видов транспорта обеспечивают в одном или разных уровнях, а для пешеходов устраивают тротуары. В зависимости от условий службы мосты могут быть высоководные, разводные, наплавные.

Существуют мосты (рис. 1.14) с ездой поверху - проезжая часть расположена по верху пролетных строений; с ездой понизу - проезжая часть расположена по низу пролетных строений; с ездой посередине - проезжая часть расположена в пределах высоты пролетных строений.

Различают мосты одно- и многопролетные. Однопролетные мосты не имеют промежуточных опор, у мостов многопролетных их несколько.

Сумма расстояний между внутренними гранями опор называется отверстием моста. Строительной высотой моста называется расстояние от поверхности дорожного полотна на мосту до самых нижних частей пролетных строений.

Различают основные конструкции мостов: балочные, арочные, рамные, висячие.

В балочных мостах пролетное строение представляет собой балку, лежащую на опорах. В арочных мостах арка криволинейной конструкции опирается своими концами на опоры. В рамных мостах пролетные строения жестко связаны с опорами, которые имеют шарнирное соединение с основаниями. В конструкциях рамных мостов пролетные строения работают совместно с опорами, что позволяет облегчить конструкцию моста. В висячих мостах пролетные строения подвешивают к гибкой цепи, укрепленной на высоких стойках опор. Концы гибкой цепи заделывают в специальные анкеры. Висячими мостами перекрывают большие и судорожные реки. Искусственные сооружения строят из железобетона, металла, бетона и дерева. Возможна комбинация этих материалов. *Габаритом моста* называется предельное поперечное очертание, за пределы которого не должны выступать элементы конструкции моста (рис. 1.15).

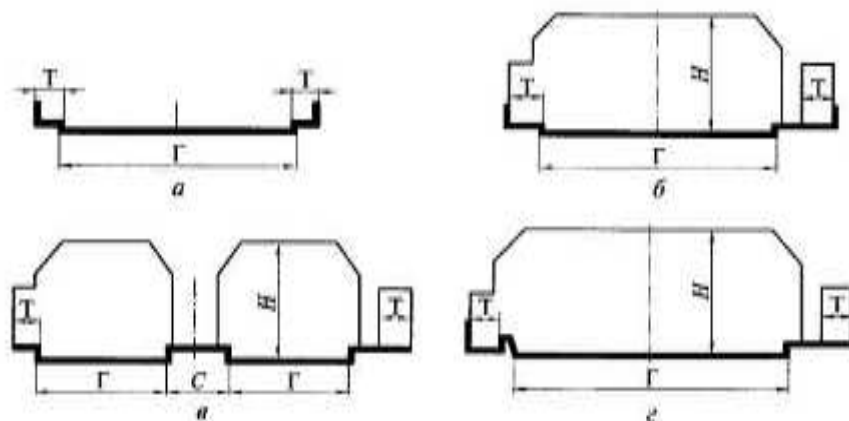


Рис. 1.15. Габариты мостов на автомобильных дорогах:

а - для мостов с ездой поверху; *б, в* - для мостов с ездой понизу и под путепроводами и эстакадами при отсутствии разделительной полосы и наличии разделительной полосы соответственно; *г* - по новому проекту; Γ - габарит (ширина) моста; T - ширина тротуара; C - ширина разделительной полосы; H - габарит моста по высоте

Габарит моста обозначают буквой Γ и числом, соответствующим ширине проезжей части в пределах моста в метрах. На дорогах I категории при наличии разделительной полосы к величине габарита добавляют ширину этой полосы, обозначаемую буквой C .

Тротуары на мостах устраивают в зависимости от наличия пешеходного движения шириной не менее 1 м. Если пешеходного движения нет, вместо тротуаров устраивают защитные полосы с каждой стороны проезжей части шириной по 0,25 м.

Для расчета мостов и водопропускных труб временная вертикальная нагрузка от колонны транспортных средств принимается в виде колесных нагрузок Н-30 и НК-80, а для деревянных мостов - Н-10 и Н-60.

Комплекс сооружений на пересечении автомобильной дороги водных и других препятствий называется *мостовым переходом*.

В мостовой переход входят мост, подходы, незатопляемые насыпи. Мостовой переход располагают в пределах полной ширины возможного разлива воды на повышенных частях речной долины - поймы, которая затопляется периодически во время стока талых вод или в некоторых районах при особенно сильных ливнях. Наиболее глубокая часть долины, по которой сток осуществляется круглогодично, называется руслом реки. Переходы через водотоки классифицируют по типам искусственных сооружений. Для пересечения водотока могут быть применены мост, тоннель, паром.

В горной местности для пересечения ущелий или оврагов глубиной более 20...25 м строят *виадуки*, которые служат не только для пропуска воды, но и заменяют насыпь там, где ее устраивать очень трудно или даже невозможно.

Для пересечения улицы, железной или автомобильной дороги сооружают *путепровод*. Длинные путепроводы, построенные для того, чтобы поднять дорогу на определенный уровень и оставить под ним пространство для проезда или других целей, называют *эстакадами*.

1.6. Обустройство автомобильных дорог

Обустройство дорожной полосы включает в себя посадку зеленых насаждений, устройство велосипедных и пешеходных дорожек, площадок отдыха и обзора, стоянок автомобилей, создание противочетровых устройств, установку рекламных щитов.

Зеленые насаждения применяют для снегозадержания, декоративных целей и осушения переувлажненных территорий. Зеленые насаждения бывают в виде живых изгородей, лесных полос, придорожных плодово-

ягодных садов.

Очень важно, чтобы водителям автомобилей и автобусов после нескольких часов работы предоставлялась возможность получения кратковременного отдыха. Для этого устраивают площадки отдыха, как правило, вне населенных пунктов, в тиши лесов, на берегах рек и озер.

В районах, где дуют сильные ветры, на дорогах целесообразно создавать противоветровые устройства. Сильным ветром может быть вызвана авария автомобиля, движущегося со скоростью 100 км/ч и более.

Рост интенсивности и скорости движения автомобилей требует обустройства проезжей части и обочин полосами безопасности, бордюрами, колесоотбойными брусками, краевыми полосами и т. п.

Краевые полосы четко обозначают кромку проезжей части и несколько уширяют крайние полосы движения. Краевая полоса должна укреплять кромку дорожного покрытия, отличаться от нее по цвету и служить переходом от дорожного покрытия к обочине. Ширина краевой полосы составляет 0,5...0,75 м.

Случайный заезд автомобиля на размокшую грунтовую обочину часто приводит к дорожно-транспортным происшествиям. Чтобы избежать этого, обочину необходимо укреплять.

Для повышения безопасности дорожного движения устанавливают дорожные знаки, бордюры безопасности, ограждения, сигнальные направляющие столбики, выполняют разметку дорожных покрытий.

Особым мероприятием является освещение автомобильных дорог. Ночью, как правило, возникает больше дорожно-транспортных происшествий, чем днем, хотя интенсивность движения ночью меньше. Освещение дорог резко снижает число дорожно-транспортных происшествий.

Совершенствование эксплуатации дорог при большой интенсивности движения в современных условиях возможно только при создании систем управления и регулирования дорожного движения.

Современные достижения электроники позволяют использовать приборы для сбора информации о движении, управлять транспортным потоком в пределах отдельных участков или сети дорог, задавая оптимальные режимы движения.

Для правильного и своевременного проведения работ по содержанию и ремонту дорог, инженерных сооружений, организации управления и регулирования дорожного движения необходимо точно знать условия и дорожную обстановку.

Для этого дорожные организации должны создавать метеорологические, противоловинные и другие станции, устанавливать приборы для определения скорости и интенсивности движения, износа дорожных покрытий, ровности проезжей части, оценки водно-теплого режима земляного полотна, предупреждения о гололеде, тумане и др.

Контрольные вопросы

1. На какие группы подразделяют автомобильные дороги по административному признаку?
2. Что определяет категорию дороги?
3. Какие существуют ограничения на габаритные размеры транспортных средств?
4. На какие группы подразделяют дороги и улицы населенных пунктов?
5. С какой целью на дорогах устраивают виражи?
6. Как устанавливается расчетная скорость движения транспортных средств на дорогах?
7. Как обеспечивается видимость на дороге?
8. Что входит в полосу отвода для дороги?
9. Что такое план дороги?
10. Из каких элементов состоит дорога в плане?
11. Что характеризует продольный профиль дороги?
12. Какими основными параметрами характеризуется поперечный профиль дороги?
13. Чем отличаются поперечные профили внегородских дорог и городских улиц?
14. Какие требования предъявляются к земляному полотну дороги?
15. Из каких конструктивных слоев состоит дорожная одежда?
16. Какие существуют типы покрытий проезжей части дороги?
17. Каким образом обеспечивается дорожный водоотвод?
18. Какие искусственные сооружения строят на автомобильных дорогах?
19. Какими параметрами характеризуется мост?
20. В чем заключается обустройство дороги?

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

В районах с жарким климатом, высокой температурой на поверхности дорожного покрытия, достигающей 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-теплого 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 определен-

ный 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 перевозиться 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 устанавливают 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 ϕ - 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

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

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

- коэффициент проезжаемости

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

где S_{ϕ} , S_p - соответственно фактическое и расчетное (допустимое) показание толкомера, см/км;

- коэффициент скользкости дорожного покрытия

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

где φ_{ϕ} , φ_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

$$K_{пр} = E_{\phi} / E_p, \quad (2.5)$$

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

Ко II группе показателей относят следующие:

- коэффициент безопасности

$$K_{без} = K_{без,\phi} / K_{без,p}, \quad (2.6)$$

где $K_{без,\phi}$, $K_{без,p}$ - соответственно фактическое и допустимое значение коэффициента безопасности;

- коэффициент аварийности

$$K_{ав} = K_{ав,\phi} / K_{ав,p}, \quad (2.7)$$

где $K_{ав,\phi}$, $K_{ав,p}$ - соответственно фактическое и допустимое значение коэффициента аварийности;

- стоимостной коэффициент аварийности

$$K_{ст} = K_{ст,\phi} / K_{ст,p}, \quad (2.8)$$

где $K_{ст,\phi}$, $K_{ст,p}$ - соответственно фактическое и допустимое значение стоимостного коэффициента аварийности

сти.

К III группы показателей относятся следующие:

- коэффициент обслуживания подвижного состава

$$K_{об} = T_{ф}/T_{р}, \quad (2.9)$$

где $T_{ф}$, $T_{р}$ - 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

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

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

- коэффициент интенсивности движения

$$K_{инт} = N_{ф}/N_{р}, \quad (2.11)$$

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

- коэффициент загрузки дороги движением

$$K_z = z_{ф}/z_{р}, \quad (2.12)$$

где $z_{ф}$, $z_{р}$ - соответственно фактическое и допустимое значение коэффициента загрузки дороги движением;

- коэффициент времени сообщения

$$K_t = t_{ф}/t_{р}, \quad (2.13)$$

где $t_{ф}$, $t_{р}$ - соответственно фактическая и расчетная продолжительность движения на рассматриваемом маршруте, ч.

К IV группе показателей относятся следующие:

- коэффициент обеспечения пассажиров автобусов местами для ожидания

$$K_{авт} = a_{ф}/a_{р}, \quad (2.14)$$

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

- коэффициент обслуживания пассажиров дальнего следования

$$K_{сл} = П_{ф}/П_{р}, \quad (2.15)$$

где $П_{ф}$, $П_{р}$ - соответственно фактическое и расчетное число пассажиров, водителей и сопровождающего персонала, проезжающего по дороге в сутки;

- коэффициент обеспечения площадками для стоянок и отдыха

$$K_{отд} = O_{ф}/O_{р}, \quad (2.16)$$

где $O_{ф}$, $O_{р}$ - 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

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

где $C_{ф}$, $C_{р}$ - 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	Осовая 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;

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.

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.

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, обеспечивающие 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.

Контрольные вопросы

1. Какие основные факторы влияют на состояние дороги?
2. Какие показатели характеризуют транспортно-эксплуатационное состояние дороги?
3. Какие технико-экономические показатели характеризуют состояние дороги и условия движения на ней?
4. На какие группы подразделяют транспортные средства?
5. Каковы ограничения транспортных средств по длине, ширине, высоте?

ЛЕКЦИЯ 3
ВОЗДЕЙСТВИЕ АВТОМОБИЛЯ НА ДОРОГУ
3.1. Особенности взаимодействия дороги и автомобиля

При движении автомобиля вдоль дороги происходит его пространственное перемещение как поступательное, так и вращательное. При этом возникают вертикальные силы, вызывающие деформацию дорожного покрытия, и касательные усилия, наиболее значительные при разгоне и торможении автомобиля в зоне контакта шины колеса с дорожным покрытием, вызывающие относительное смещение верхних слоев дорожного покрытия.

Особенно сложным является движение автомобиля на подходах к кривым в плане и на самих кривых, в пределах которых автомобиль совершает вращательное движение вокруг вертикальной оси.

На таких участках возникают боковые силы, действующие как на автомобиль, так и на верхний слой дорожного покрытия и оказывающие большое влияние на устойчивость автомобиля. В связи с этим кривые в плане и подходы к ним проектируют в первую очередь из условия обеспечения устойчивого движения автомобиля, предупреждения его опрокидывания и заноса. Таким образом, при движении автомобиля по дороге действует система сил, разных по направлению и величине.

Для предупреждения появления больших вертикальных усилий, оказывающих отрицательное воздействие на подвеску автомобиля и на дорожную одежду, вертикальные вогнутые кривые проектируют по возможности больших радиусов.

Траектория и скоростной режим автомобиля во многом зависят от того, насколько детально учтены при проектировании элементов автомобильных дорог психофизиологические характеристики водителя.

Если водитель не имеет затруднений в оценке направления дороги, он правильно выбирает траекторию движения автомобиля на проезжей части и скоростной режим.

Ошибки в действиях водителя, особенно при узкой проезжей части, приводят к тому, что автомобиль заезжает на обочину, тем самым разрушая кромку проезжей части, обочину и само дорожное покрытие.

Большое значение имеет поддержание высокой ровности дорожного покрытия, позволяющей снизить отрицательное воздействие автомобиля на покрытие. Наличие неровностей вызывает колебания автомобиля, вредные для человека, дорожного покрытия и самого автомобиля. Неожиданный наезд автомобиля на большой скорости на неровность может привести к разрушению дорожного покрытия и поломке конструктивных элементов автомобиля.

Особенно ухудшается взаимодействие колеса с дорогой при наличии водяной пленки на поверхности дорожного покрытия. Ухудшается сцепление шины колеса с дорожным покрытием, а при высоких скоростях (более 80 км/ч) возникает так называемое явление аквапланирования, заключающееся в образовании водяного клина между передними колесами автомобиля и поверхностью дорожного покрытия; при этом передние колеса автомобиля приподнимаются и автомобиль теряет управляемость.

Появление большегрузных и скоростных грузовых автомобилей привело к неприятному для водителей легковых автомобилей явлению при движении по влажному покрытию - возникновению водяного облака.

Для предупреждения появления вокруг грузового автомобиля водяного облака устраивают так называемый дренаж-асфальт - покрытие, в которое уходит часть воды из зоны контакта шины колеса с дорожным покрытием. На автомобилях сбоку и сзади устанавливают специальные защитные щитки.

Несомненно, что воздействия автомобиля на дорожные сооружения усиливаются при неблагоприятных погодных условиях и плохом обеспечении отвода воды от дороги и ее сооружений, при этом существенно увеличивается износ дорожного покрытия и дорожной одежды в целом.

3.2. Силы, действующие от колеса автомобиля на дорожное покрытие

При движении автомобиля по дороге в зоне контакта шины колеса с дорожным покрытием возникают динамические вертикальные, продольные и поперечные касательные силы, значение которых зависит от типа автомобиля, шины колеса, нагрузки, природно-климатических условий и т. п.

На стоящее колесо действует только одна сила - вес автомобиля, приходящийся на это колесо. Особенностью автомобильного колеса является его эластичность. Под действием вертикальной силы колесо деформируется (рис. 3.1, а), в месте контакта радиус колеса меньше, чем в других частях колеса, не соприкасающихся с дорожным покрытием.

Площадь следа колеса F меняется в пределах 250...1000 см². Для одного и того же автомобиля значение F , м², зависит от нагрузки на колесо:

$$F = G/p, \quad (3.1)$$

где G - вес автомобиля, приходящийся на колесо, H ; p - давление, Па.

Значение p не должно превышать 0,65 МПа на дорогах I - II категорий и 0,55 МПа на дорогах III - V категорий.

Различают площадь отпечатка колеса по контуру в форме эллипса (рис. 3.1, а) и по выступам рисунка протектора. При определении среднего давления в расчет принимают площадь отпечатка по выступам протектора. При расчете дорожной одежды для вычисления p условно принимают площадь отпечатка в виде круга диаметром D , м, равновеликую площади эллипса:

$$D = 11,3\sqrt{G/(0,1p)}. \quad (3.2)$$

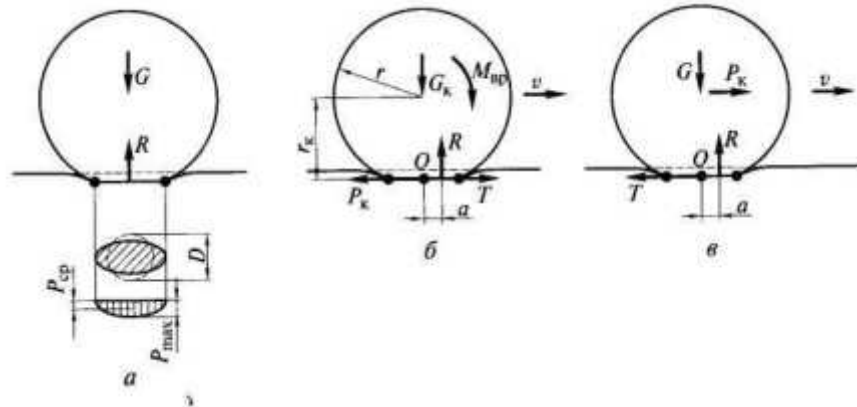


Рис. 3.1. Схема сил, действующих на дорожное покрытие:

a - стоящее колесо; b - ведущее колесо; $в$ - ведомое колесо; D - размер пятна контакта колеса с дорожным покрытием; P_{cp} , P_{max} - соответственно средний и максимальный прогиб дорожного полотна; G - вес автомобиля; R - сила реакции; G_k - вес автомобиля, приходящийся на колесо; $M_{вр}$ - вращающий момент; T - сила трения; r_k - расстояние от центра колеса до поверхности дорожного покрытия; r - радиус колеса; a - расстояние от мгновенного центра скоростей O до линии действия силы реакции R ; P_k - окружная сила; v - скорость движения автомобиля

В большинстве автомобилей имеются ведущие и ведомые колеса. К ведущим колесам подается вращающий момент $M_{вр}$, $H \cdot м$, от двигателя автомобиля:

$$M_{вр} = M_{дв} u_k u_r \eta, \quad (3.3)$$

где $M_{дв}$ - вращающий момент на коленчатом валу двигателя, $H \cdot м$; u_k - передаточное число коробки передач; u_r - передаточное число главной передачи; η - коэффициент полезного действия главной передачи.

Действие вращающего момента $M_{вр}$ вызывает появление в зоне контакта окружной силы P_k , направленной в сторону, обратную движению (рис. 3.1, б). Сила P_k вызывает горизонтальную силу реакции T , представляющую собой силу трения в плоскости контакта колеса с дорожным покрытием, при этом $T = P_k$.

При действии вертикальной силы G_k возникает сила реакции R , которая располагается на расстоянии a впереди по ходу движения автомобиля. Значение G_k составляет для грузовых автомобилей - $(0,65...0,7) G$, для легковых - $(0,5...0,55) G$, где G - общий вес автомобиля, H .

На ведомое колесо (рис. 3.1, в) действует сила тяги. Горизонтальная реакция $T = P_k$ направлена в сторону, противоположную движению. Вертикальная сила реакции R так же, как и в случае ведущего колеса, смещена по ходу движения.

Вращающий момент $M_{вр}$ может быть определен также с учетом окружной силы P_k , H , и радиуса качения пневматического колеса r_k , м:

$$M_{вр} = P_k r_k, \quad (3.4)$$

при этом

$$r_k = \lambda r, \quad (3.5)$$

где λ - коэффициент уменьшения радиуса колеса в зависимости от жесткости шин, $\lambda = 0,93...0,96$; r - радиус недеформированного колеса, м.

В точке O - мгновенном центре скоростей - приложена сила трения (сцепления) колеса с поверхностью дороги.

Можно записать

$$R = G_k; \quad M_{вр} = Tr_k + Ra,$$

где a - расстояние от мгновенного центра скоростей до точки приложения силы реакции R .
Откуда

$$T = M_{вп}/r_k - R (a/r_k). \quad (3.6)$$

Поскольку

$$M_{вп}/r_k = P_k,$$

$$T = P_k - G_k (a/r_k).$$

Обозначим

$$a/r_k = f; G_k (a/r_k) = G_k f = P_f. \quad (3.7)$$

Тогда

$$T = P_k - P_f,$$

Для ведомого колеса можно записать

$$G_k = R; P_k = T; Ra = P_k r_k.$$

Отсюда

$$P_k = R (a/r_k); R = G_k P_k = G_k f; P_k = P_f,$$

где P_f - сила сопротивления качению, $H; f$ - коэффициент сопротивления качению.

Сопротивление качению зависит от скорости движения, эластичности шины и состояния поверхности дорожного покрытия.

Коэффициент сопротивления качению возрастает с увеличением скорости движения, так как кинетическая энергия колеса при наездах на неровности прямо пропорциональна квадрату скорости качения. Практически значение f остается постоянным до скорости движения 50 км/ч для определенного типа дорожного покрытия:

<i>Тип дорожного покрытия</i>	<i>f</i>
Цементобетонное и асфальтобетонное.....	0,01...0,02
Щебеночное, обработанное вяжущим.....	0,02...0,025
Щебеночное, не обработанное вяжущим.....	0,03...0,04
Ровная сухая грунтовая дорога.....	0,03...0,06

При скорости движения более 50 км/ч коэффициент сопротивления качению определяют по формуле

$$f_v = f [1 + 0,01 (v - 50)], \quad (3.8)$$

где v - скорость движения, км/ч; f - коэффициент сопротивления качению при скорости движения до 50 км/ч.

Движение автомобиля возможно при условии $T > P_k$. Сила трения достигает наибольшего значения, когда

$$T_{max} = \varphi G_{сн}, \quad (3.9)$$

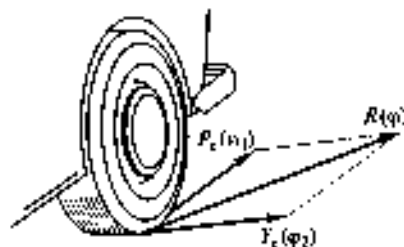
где $G_{сн}$ - нагрузка на ведущее колесо (сцепной вес), $H; \varphi$ - коэффициент сцепления.

Коэффициент сцепления φ - это отношение максимального значения силы тяги на ободу колеса к сцепному весу автомобиля.

Различают следующие значения коэффициентов сцепления (рис. 3.2): φ - при движении в плоскости качения без скольжения и буксования; φ_1 - при движении в плоскости качения при скольжении и буксовании (коэффициент продольного сцепления);

Рис. 3.2. Силы, действующие на дорожное покрытие на криволинейных участках:

P_k - окружная сила (сила тяги); Y_k - поперечная сила; R - сила реакции; φ - коэффициент сцепления; φ_1 - коэффициент продольного сцепления; φ_2 - коэффициент поперечного сцепления



φ_2 - при боковом заносе (коэффициент поперечного сцепления).

Между этими коэффициентами сцепления имеются следующие зависимости:

$$R = G \varphi; R^2 = P_k^2 + Y_k^2;$$

$$G_k^2 \varphi^2 = G_k^2 \varphi_1^2 + G_k^2 \varphi_2^2; \varphi^2 = \varphi_1^2 + \varphi_2^2,$$

где Y_k - поперечная сила.

Отсюда

$$\varphi_1 = \sqrt{\varphi^2 - \varphi_2^2}. \quad (3.10)$$

Результаты исследования показывают следующие количественные зависимости между φ , φ_1 , φ_2 :

$$\varphi_1 = (0,7...0,8) \varphi; \varphi_2 = (0,85...0,90) \varphi_1 \text{ или } \varphi_2 = (0,6...0,7) \varphi.$$

Значение φ зависит от типа и состояния дорожного покрытия, скорости движения и других факторов (табл. 3.1).

При торможении колеса автомобиля часто возникают большие касательные усилия (рис. 3.3).

Сила торможения составляет

$$P_{к.т.} = \varphi G_{к.т.}, \quad (3.11)$$

где $G_{к.т.}$ - вес автомобиля, приходящийся на тормозящие колеса, H .

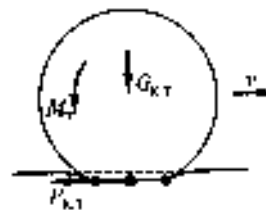


Рис. 3.3. Силы, действующие на дорожное покрытие при торможении:

$G_{к.т.}$ - вес автомобиля, приходящийся на тормозящие колеса; M_t - тормозящий момент; $P_{к.т.}$ - сила торможения; v - скорость движения автомобиля

Таблица 3.1

Состояние дорожного покрытия	Условия движения	Коэффициент сцепления φ (при скорости движения 60 км/ч)
Сухое, чистое	Особо благоприятные	0,7
То же	Нормальные	0,5
Влажное, грязное	Неблагоприятные	0,3
Обледенелое	Особо неблагоприятные	0,1...0,2

Боковые касательные силы возникают при движении по криволинейным участкам дорог, при обгонах, боковом заносе, при сильном поперечном ветре, при наличии большого поперечного уклона проезжей части. Действие касательных сил в зоне контакта шины колеса с дорожным покрытием приводит к истиранию и деформации дорожного покрытия и истиранию шины.

3.3. Прочность и деформация дорожной одежды

Прочность дорожной одежды является наиболее важным показателем транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги, который необходимо регулярно оценивать в течение всего срока ее службы. Прочностные качества дорожной одежды определяются, прежде всего, сопротивляемостью подстилающего грунта сжатию. Дорожная одежда должна распределять действующую на нее нагрузку от колеса автомобиля по возможности на большую площадь и предупреждать проникание воды, которая значительно ослабляет

прочность грунтового основания.

Возможны три случая деформации дорожного покрытия в зависимости от прикладываемой нагрузки.

Если нагрузка невелика, а слои дорожной одежды и земляного полотна хорошо уплотнены, дорожная одежда не разрушается и происходят только упругие деформации, т. е. дорожная одежда под действием нагрузки прогибается и после проезда автомобиля возвращается в прежнее положение.

При возрастании нагрузки или при временном снижении прочности грунтов основания в весенний или осенний периоды возникают постепенно накапливающиеся пластические малые деформации.

В случае, если суммарное значение деформаций за период ослабленного состояния дорожной одежды превысит некоторые предельные значения, дорожная одежда разрушится.

Прочность дорожной одежды зависит от предельно допустимого прогиба (табл. 3.2), а также от количества приложений нагрузки за период ослабления дорожной одежды.

При очень больших нагрузках или значительном ослаблении прочности грунта основания вначале замедленно накапливаются деформации, которые в дальнейшем быстро возрастают, в результате чего происходит полное разрушение дорожной одежды.

При действии давления от колеса основание дорожной одежды сжимается в пределах активной зоны (зоны, в которой возможно перемещение грунта) и происходит прогиб дорожной одежды по некоторой криволинейной поверхности с образованием так называемой чаши прогиба 2 (рис. 3.4).

Давление, передаваемое на грунтовое основание, зависит от площади, на которую распределяется нагрузка. С увеличением толщины дорожной одежды эта площадь увеличивается, а давление соответственно уменьшается. В весенний или осенний период, когда вследствие большого переувлажнения снижается прочность грунта, существующая толщина дорожной одежды не обеспечивает безопасное давление, и при проезде очень тяжелых автомобилей могут возникнуть проломы дорожной одежды.

В связи с этим в течение двух-трех наиболее неблагоприятных недель дорожники закрывают движение тяжелых автомобилей.

При действии нагрузки происходят сжатие и доуплотнение верхней части дорожной одежды (зона 3), а в нижней части дорожной одежды - растяжение (зона 1).

При превышении предельной прочности материалов верхних или нижних слоев дорожной одежды образуются трещины 4.

По периметру зоны контакта шины колеса с дорожным покрытием действуют срезающие напряжения, которые могут

Таблица 3.2

Интенсивность движения, авт./сут, приведенная к расчетному автомобилю и нагрузке 10^5 Н	Предельно допустимый прогиб дорожных покрытий, мм		
	капитальных	облегченных	переходного типа
100	1,15	1,45	1,85
200	1,03	1,27	1,68
500	0,92	1,1	-
1000	0,85	-	-
2000	0,78	-	-
5000	0,73	-	-
10000	0,69	-	-

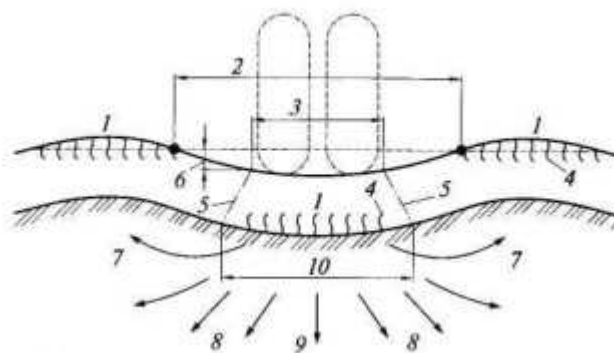


Рис. 3.4. Виды деформаций и разрушений дорожной одежды:

- 1 - зона растяжения; 2 - чаша прогиба; 3 - зона сжатия одежды; 4 - трещины в дорожной одежде;
- 5 - поверхность среза одежды; 6 - деформация дорожной одежды; 7 - направление выпирания грунта;
- 8 - направление сжатия грунта; 9 - уплотнение грунта в основании дорожной одежды;
- 10 - площадь передачи давления на грунт

приводить при слабом основании и тонкой дорожной одежде к ее пролому или выкалыванию отдельных ее частей.

В нижних слоях дорожной одежды из малосвязных и несвязных материалов и в грунтовых основаниях могут возникать необратимые деформации (так называемые пластические течения), развитие которых приводит к накоплению деформаций дорожной одежды и ее разрушению.

Вероятность появления деформаций связана с одновременным действием нагрузки от колеса и климатических факторов (влажности и температуры). При эксплуатации автомобильных дорог все деформации протекают вначале скрытно, и трудно предвидеть их развитие. Поэтому необходимо проводить профилактический контроль прочности дорожной одежды в неблагоприятные периоды года с целью разработки мероприятий по предупреждению разрушения дорожной одежды.

Прочность дорожной одежды характеризуют модулем длительной упругости

$$E = p D (1 - \mu^2) / l, \quad (3.12)$$

где p - удельное давление колеса на поверхность дорожного покрытия, МПа, для транспортных средств группы А $p = 0,6$ МПа, для транспортных средств группы Б $p = 0,5$ МПа; D - диаметр круга, равновеликого отпечатку колеса, м, для транспортных средств группы А $D = 0,33$ м, для транспортных средств группы Б $D = 0,28$ м; l - упругий прогиб, м; μ - коэффициент бокового расширения (коэффициент Пуассона), $\mu = 0,3$.

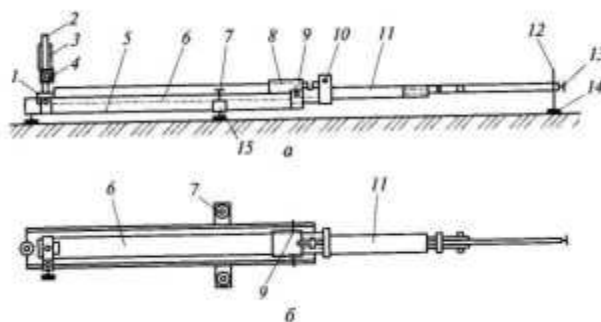


Рис. 3.5. Рычажный прогибомер МАДИ - ЦНИЛ:

- a* - вид сбоку; *б* - вид сверху; 1 - пробка; 2 - стойка для индикатора; 3 - индикатор;
4 - держатель индикатора; 5 - швеллер; 6 - заднее плечо рычага; 7 - подъемные винты; 8 - соединительная муфта; 9 - опорный винт; 10 - стяжной болт; 11 - переднее плечо рычага; 12 - измерительная игла;
13 - винт, закрепляющий иглу; 14 - подпятник, предохраняющий врезание измерительной иглы в дорожное покрытие; 15 - поперечная опорная балка

Величина $p D$ - постоянная для расчетного автомобиля, поэтому для определения модуля упругости дорожной одежды E и оценки по его значению прочности дорожной одежды достаточно определить прогиб l . Наиболее простым прибором для быстрого определения прогиба является рычажный прогибомер МАДИ - ЦНИЛ (рис. 3.5).

Рычажный прогибомер имеет составной рычаг, свободно вращающийся на оси рамы. Переднее плечо 11 рычага имеет измерительную иглу 12 с подпятником 14. Заднее плечо 6 рычага заканчивается пробкой 1 с горизонтальной площадкой, в которую упирается стержень индикатора 3, установленный на стойке.

Испытание дорожной одежды производят на обследуемом участке через каждые 50 м. Прогиб измеряют на полосе наката (1...1,5 м от кромки дорожного покрытия).

Для повышения производительности труда при определении прогибов дорожной одежды разработан длиннобазовый прогибомер (рис. 3.6).

Длиннобазовый рычажный прогибомер состоит из сборного рычага, который поворачивается на оси, закрепленной в корпусе опоры 5. Рычаг 6 состоит из переднего 7 и заднего 4 плеч. На переднем плече расположен щуп 9, который с помощью шарового шарнира соединен с подпятником 11. Щуп крепится к рычагу зажимным винтом 10. На заднем плече на кронштейне 2 закреплен индикатор 3. Щуп с подпятником размещают между скатами заднего сдвоенного колеса 8 под центром задней оси автомобиля.

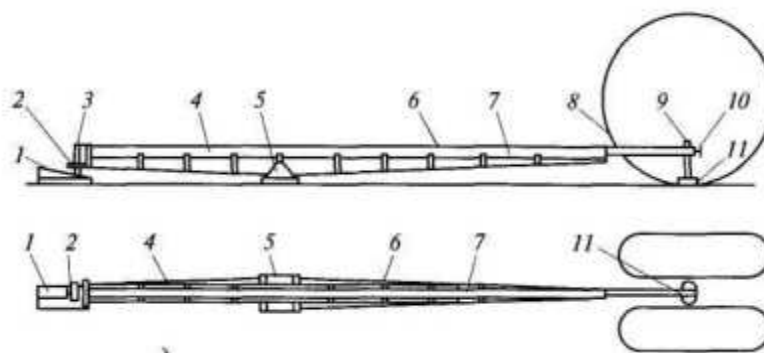
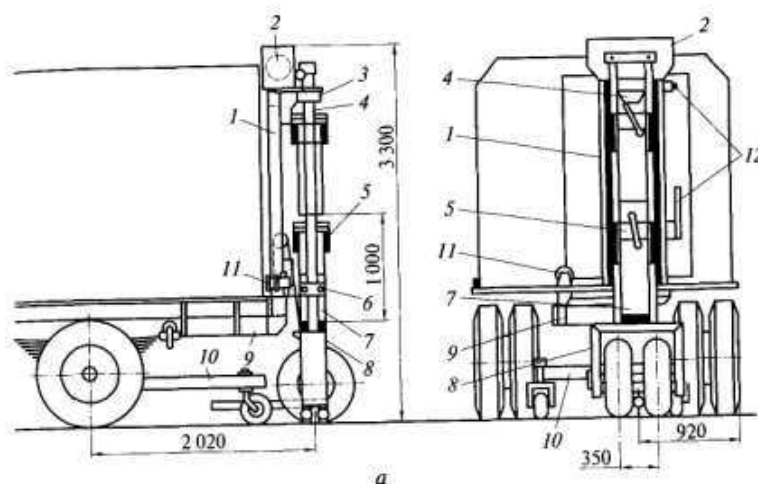


Рис. 3.6. Длиннобазовый рычажный прогибомер:

1 - опорная подкладка; 2 - кронштейн; 3 - индикатор; 4 - заднее плечо рычага; 5 - опора; 6 - рычаг; 7 - переднее плечо рычага; 8 - заднее двоящее колесо; 9 - шуп; 10 - зажимной винт; 11 - подпятник

Наклонная поверхность клиновидной опорной подкладки 1 контактирует со стержнем индикатора. Для оценки прочности дорожной одежды применяют установки динамического нагружения. К ним, например, относится установка с падающим грузом УДН-НК (рис. 3.7). Установка УДН-НК смонтирована сзади кузова автомобиля. Нагружение осуществляется путем сбрасывания груза. Усилие на дорожное покрытие передается через двоянные авиационные пневматические колеса, обеспечивающие площадь отпечатка и удельную нагрузку, эквивалентные отпечатку и нагрузке расчетного транспортного средства группы А. Прогиб измеряют с помощью сейсмоприемника. Измерительный датчик смонтирован на специальной тележке и находится между двоянными авиационными колесами. Аппаратура сбора и первичной обработки данных испытаний расположена в кабине водителя. Нагружение дорожной одежды производят с остановкой в каждой точке испытания. Производительность установки при 20 испытаниях на 1 км составляет 20 км за смену. Упругий прогиб дорожной одежды можно измерить также с помощью установки динамического нагружения ДИНА-3М (рис. 3.8), которая может работать как в автономном режиме, так и в составе передвижной дорожной лаборатории типа КП-514 МП (рис. 3.9). На прицепе установлено механизированное устройство для подъема груза массой 160 кг на определенную высоту с последующим сбросом его на штамп, опускаемый на поверхность дорожного полотна. В момент приложения динамической нагрузки измеряется упругий прогиб дорожной конструкции.



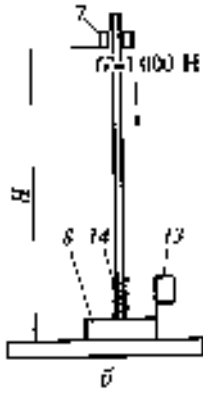


Рис. 3.7. Установка динамического нагружения (навесная) УДН-НК:

- a* - конструкция; *б* - схема испытания;
- 1 - несущая рама; 2 - электроталь; 3 - верхний кронштейн; 4 - ограничитель подъема; 5 - зацепное устройство; 6 - нижний кронштейн; 7 - испытательный груз; 8 - штамп; 9 - опорная рама; 10 - измерительная тележка; 11 - лебедка для подъема штампа; 12 - прибор управления электроталью; 13 - виброграф для измерения прогиба; 14 - пружина; *G* - вес груза; *H* - высота сбрасывания груза



Рис. 3.8. Установка динамического нагружения ДИНА-3М



Рис. 3.9. Передвижная дорожная лаборатория типа КП-514 МП

При использовании установки в составе передвижной лаборатории она оснащается модулем связи с бортовым вычислительным комплексом, что позволяет полностью автоматизировать процесс нагружения и измерений. Диапазон измерений прогиба 0,1...3 мм, производительность 20 км/смена.

По значению прогиба, определяемому лабораториями, получают фактический модуль упругости дорожной конструкции и ее прочность.

Прочность жестких дорожных одежд оценивают:

максимальным динамическим прогибом l_{max} под воздействием падающего груза (амортизированный удар) прибора ударного типа;

максимальным радиусом кривизны дорожного покрытия r при воздействии динамической нагрузки (амортизированный удар);

максимальным напряжением σ в бетонной плите, определяемым согласно теории упругости по формуле

$$\sigma = hE(1 - \mu)/(2r), \quad (3.13)$$

где h - толщина плиты, м;
жесткостью дорожной одежды c , Н/м, определяемой отношением максимальной ударной силы F , Н, к максимальному динамическому прогибу l_{\max} , м:

$$c = F/l_{\max}.$$

Основной сравнительной характеристикой является статистическая оценка жесткости дорожной одежды.

3.4. Виды деформаций дорожного покрытия и разрушений дорожной одежды

При проектировании дорожной одежды размеры каждого слоя выбирают с учетом местных материалов, возможных нагрузок и природно-климатических условий проложения дороги. Все расчеты выполняют для средних условий, поэтому возможны отклонения от расчетных условий, приводящие к потере прочности дорожной одежды, деформациям и разрушению.

Разрушения могут быть вызваны низким качеством выполнения работ, недостаточным или неправильным учетом гидрогеологических условий, применением материалов низкого качества. Большое значение в обеспечении устойчивости дорожной одежды имеет своевременный ремонт разрушенных участков дорожного покрытия. Появление остаточных (необратимых) деформаций, своевременно не ликвидированных, приводит к значительным разрушениям, как под действием движения автомобилей, так и под влиянием природно-климатических факторов.

Основными видами деформаций и разрушений дорожной одежды являются:

деформации и разрушения, вызванные пучинами, происходящими в весенний период при оттаивании грунта земляного полотна на участках с неблагоприятными условиями водоотвода и защиты земляного полотна от температурных воздействий. Причинами таких разрушений могут быть ошибки в оценке перспективной интенсивности движения и нагрузок, некачественные материалы и их неоднородность, плохое уплотнение земляного полотна и дорожной одежды, а также переувлажнение земляного полотна;

потери прочности дорожной одежды, вызванные непрерывным воздействием колес автомобилей и природно-климатических факторов. На потерю прочности большое влияние оказывают ошибки, допущенные при проектировании, строительстве и эксплуатации дорожной одежды, а также температурные деформации; *просадки нежестких дорожных одежд* в виде впадин, возникающие в результате местных просадок недоуплотненного грунта или слоев дорожной одежды. Особенно часто этот вид деформации появляется на въездах на мост, в местах прокладки под существующими дорогами водопропускных труб и трубопроводов; *сквозные трещины*, характерные для цементобетонных покрытий, когда на них образуются просадки. Трещины появляются чаще всего в местах просадок земляного полотна и связаны с несвоевременным ремонтом дорожной одежды;

проломы - разрушения дорожной одежды в виде длинных прорезей по полосам наката колес. Такие разрушения характерны для дорожных одежд переходного типа при проходе очень тяжелых автомобилей и снижении несущей способности основания дорожной одежды.

Разрушению всей конструкции дорожной одежды предшествуют деформации и разрушение дорожных покрытий.

Дорожное покрытие является самой верхней частью дорожной одежды, на которую непосредственно действуют колеса автомобилей и природно-климатические факторы.

Основными видами разрушений дорожного покрытия являются:

износ (истирание), представляющий собой уменьшение толщины дорожного покрытия за счет потери им материала в процессе эксплуатации под воздействием колес и природно-климатических факторов. Износ происходит по всей поверхности дорожного покрытия, но больше всего на полосах наката, где проходят колеса автомобилей. Для усовершенствованных дорожных покрытий износ измеряют в миллиметрах, на которые уменьшилась толщина верхнего слоя покрытия, а для дорожных покрытий переходного и простейшего типа определяют также объем потери материалов, м³/км;

шелушение - обнажение поверхности дорожного покрытия за счет отделения поверхностных тонких пленок и чешуек материала покрытия, разрушенного воздействием воды и мороза. Такой вид дефекта наиболее характерен для жестких дорожных одежд, где происходит отслоение цементного раствора с поверхности дорожного покрытия с последующим оголением крупного заполнителя. Такие разрушения в основном происходят при частом замораживании и оттаивании дорожного покрытия, особенно при использовании хлоридов для предупреждения гололеда;

выкрашивание - разрушение дорожного покрытия за счет потери им отдельных зерен гравийного и щебеночного материала. Такое разрушение происходит на дорожных покрытиях всех типов в результате потери связи между зернами материала. Причиной выкрашивания могут быть плохое перемешивание материала и его укладка в дождливую или холодную погоду;

обламывание кромок - разрушение дорожных покрытий (особенно нежестких) в местах сопряжения их с обочинами при переезде тяжелых автомобилей через кромку. Обломанные кромки проезжей части могут быть причиной дорожно-транспортных происшествий;

волны - деформация асфальтобетонных покрытий, обладающих пластичностью. Волны появляются под действием касательных сил в зоне контакта шины колеса с дорожным покрытием;

гребенка - разрушение гравийных и щебеночных покрытий под действием движения тяжелых грузовых автомобилей. Гребенка представляет собой частое повторение выступов и впадин;

сдвиги - деформации, которые происходят при действии касательных сил от колеса автомобиля. Сдвиги являются причиной отсутствия связи верхнего слоя дорожного покрытия с нижним;

вмятины - углубления в пластических дорожных покрытиях, появляющиеся при прохождении по ним гусеничных машин или автомобилей в жаркую погоду;

трещины - деформации, обычно вызываемые резкими температурными изменениями. Сетка трещин появляется на дорожном покрытии как результат недостаточной прочности основания или покрытия;

колеи, которые образуются на щебеночных или гравийных покрытиях при узкой проезжей части в результате многократного прохода автомобиля по одной полосе, а также на асфальтобетонных покрытиях в результате выдавливания колесами автомобиля из-за недостаточной сдвигоустойчивости асфальтобетона;

выбоины - углубления со сравнительно крутыми краями, образовавшиеся в результате местного разрушения материала дорожного покрытия. Причиной появления выбоин является, как правило, плохое качество строительных работ;

повреждение кромок швов - разрушение кромок швов в виде сколов и выкрашивание бетона в зоне до 15...20 см от шва.

Контрольные вопросы

1. Какие силы действуют на дорожное покрытие от стоящего колеса, ведущего колеса, ведомого колеса автомобиля?
2. Какие силы действуют от колеса на дорожное покрытие при торможении?
3. Какие силы действуют от колеса на дорожное покрытие на криволинейных участках?
4. Какова сущность коэффициентов продольного и поперечного сцепления?
5. Чем определяются прочностные качества дорожной одежды?
6. Каким видам деформаций и разрушений подвергается дорожная одежда?
7. Каким показателем характеризуется прочность дорожной одежды?
8. Какими приборами и установками определяют упругий прогиб дорожной одежды?

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

4.1. Надежность и проезжаемость автомобильных дорог

Надежность 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.

Можно говорить о надежности отдельных элементов дороги: дорожной одежды, геометрических элементов, искусственных сооружений. Поэтому надежность 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. 4.1 показан пример изменения надежности усиленной нежесткой дорожной одежды в зависимости от ее срока службы.



Рис. 4.1. 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

$$t_p = 1 + \frac{1}{\lg q} \lg \left(\frac{1}{T_{cl}} \frac{q^{T_{cl}} - 1}{q - 1} \right), \quad (4.1)$$

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

Кривая, представленная на рис. 4.1, описывается уравнением

$$p = 1 - r_i, \quad (4.2)$$

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

$$r_i = 1 - \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \int_{K_{np1}}^{K_{np2}} \exp \left[-\frac{(K_{np} - \bar{K}_{np})^2}{2\sigma_k^2} \right] dK_{np}, \quad (4.3)$$

где σ_k - среднее квадратическое отклонение коэффициента прочности на участках с остаточными деформациями; \bar{K}_{np} - среднее значение коэффициента прочности на участке с остаточными деформациями, обычно $\bar{K}_{np} = 0,7$; $K_{np} = E_\phi/E_{\text{тр}}$; E_ϕ , $E_{\text{тр}}$ - 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, мероприятия 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:

$$p = \exp\left(-\frac{ht_p}{m}\right), \quad (4.4)$$

где h - текущее значение площади, подверженной деформации, тыс. м^2 ; t_p - время, необходимое для ремонта 1000 м^2 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 движения 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 грузов. 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 большое 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 потребуются 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.

4.2. 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. 4.2, *а*).

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

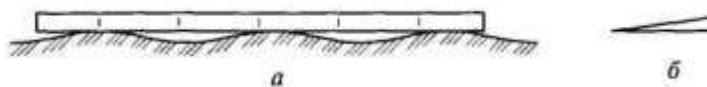


Рис. 4.2. Трехметровая рейка (*а*) с мерным клином (*б*)

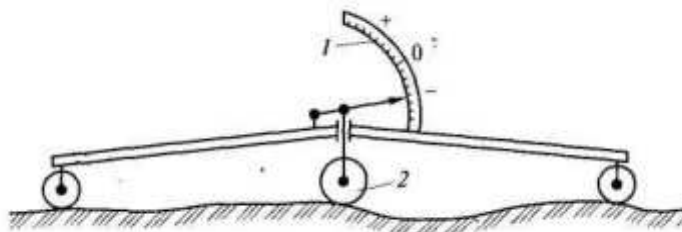


Рис. 4.3. Передвижная двухопорная рейка ПКР-1:
1 - шкала замера неровностей; *2* - колесо-индикатор

Просветы под трехметровой рейкой измеряются с помощью клина (рис. 4.2, *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 измерений 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. 4.3) и прибор РК-1 (рис. 4.4).

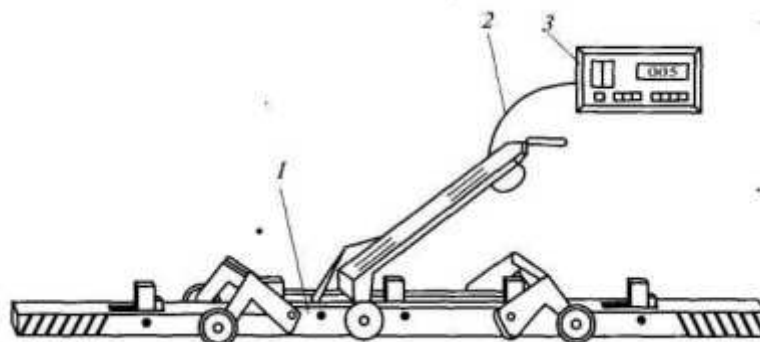


Рис. 4.4. Прибор РК-1:

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

При измерении ровности дорожного покрытия двухопорная рейка (см. рис. 4.3) прокатывается по проезжей части и через равные расстояния (обычно через 1...3 м) регистрируются размеры просветов.

Прибор РК-1 (см. рис. 4.4) 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 двоичный 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.

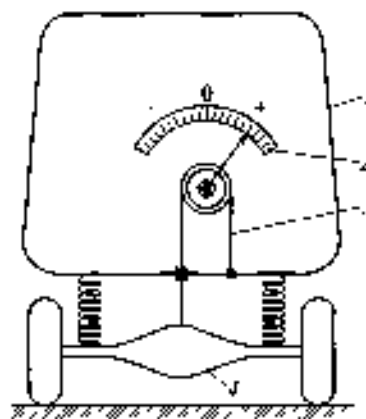
Существуют разные конструкции толчкомеров: ТХК-2, ПКРС-2, ТЭД-2М, ИВП-1М и др.

Толчкомер конструкции ТХК-2 (рис. 4.5) 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. 4.5. 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:

$$S_{ТХК} = 7,1h^{1,7}, \quad (4.5)$$

где $S_{ТХК}$ - показания толчкомера, см/км; h - средний размер просвета под трехметровой рейкой, мм. Динамометрическая установка ПКРС-2 (рис. 4.6) состоит из прицепного одноколесного прибора, оборудованного датчиком

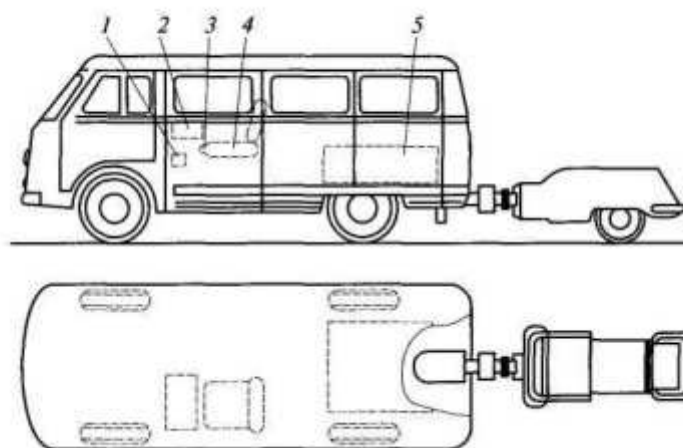


Рис. 4.6. Динамометрическая установка ПКРС-2:

1 - тормозная педаль прицепа; 2 - пульт управления; 3 - рычаг водополива;
4 - место оператора; 5 - бак для воды

ровности дорожного покрытия и установленного в автомобиле пульта управления.

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 толчкомера 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 не-

удовлетворительной 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. 4.7) являются следующие:

- использование муфты прямого и обратного хода, полностью исключая люфты по сравнению с другими толчкомерами;
- использование индуктивного или оптоэлектронного 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;

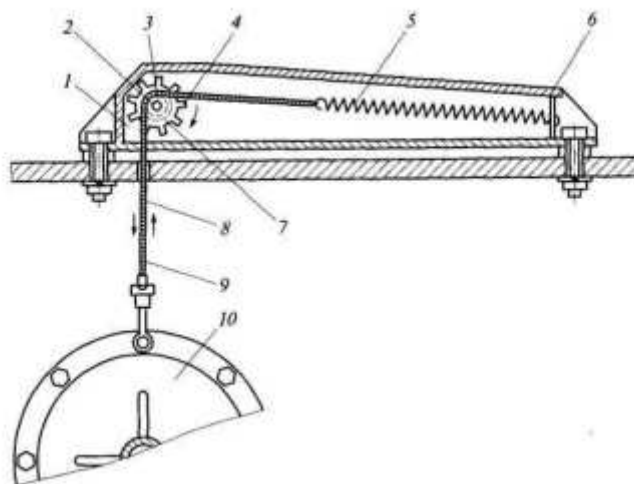


Рис. 4.7. Толчкомер ТЭД-2М:

- 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

- 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.

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:

$$S_H = \frac{S_1 L_H}{L_1}, \quad (4.7)$$

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.

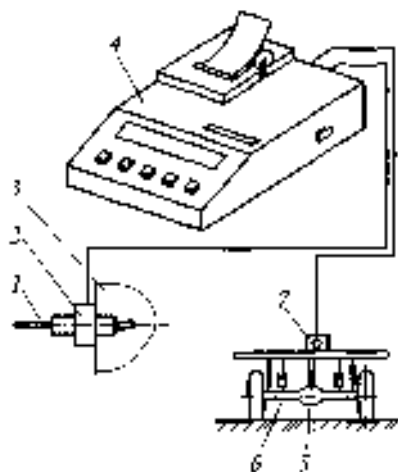
Дорожное покрытие удовлетворяет требуемым условиям эксплуатации по ровности при величине фактического показателя ровности дорожного покрытия меньше предельно допустимого значения или равного ему (табл. 4.1).

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
		»	860	170	350	9
1000 - 3000	III	Облегченный	1100	240	460	12
		То же	1200	265	500	14
200 - 500		Переходного типа	-	340	510	-
До 200	V	Низший	-	510	720	-

Рис. 4.8. Интегратор АИН-1:

- 1 - трос спидометра; 2 - датчик расстояния; 3 - спидометр; 4 - микрокомпьютер; 5 - гибкий трос; 6 - задний мост автомобиля; 7 - датчик перемещений



Недостатком измерения ровности дорожного покрытия толчкоммерами типа ТХК-2 и ПКРС-2 является получение с их помощью только общей суммы сжатия рессор на участке длиной 1 км. По этим показаниям невозможно определить величину отдельных неровностей.

Автоматический интегратор неровности АИН-1 (рис. 4.8) позволяет классифицировать все неровности в зависимости от их величины на семь классов.

Все указанные выше толчкоммеры не позволяют определить неровности с длиной волны более 0,3 м.

Наиболее совершенным прибором, применяемым в России, является профилометр ДПП (динамический преобразователь профиля), разработанный в 1960-х гг. в МАДИ под руководством проф. А.А. Хачатурова (рис. 4.9). Данный прибор в процессе движения позволяет записывать микропрофиль поверхности дороги и полностью автоматизировать процесс измерения ровности, обработки получаемой информации на ЭВМ и выдачи результатов в международных индексах ровности *IRI*. Принцип действия прибора основан на свойстве «медленного» маятника «запоминать» свое первоначальное положение, что позволяет регистрировать перемещение рамы прибора относительно маятника.

В Росдорнии разработан прибор РИКАД-2 (рис. 4.10) для определения параметров микропрофиля автомобильной дороги. Прибор входит в состав диагностического комплекса АДК-м, относится к установкам профилометрического типа и предназначен для определения международного индекса ровности *IRI*, который рассчитывается путем моделирования движения по микропрофилю 1/4 части расчетного автомобиля.

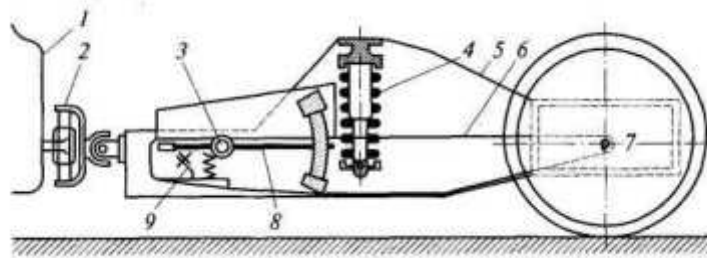
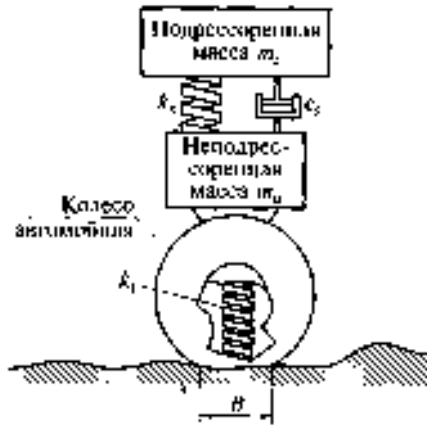


Рис. 4.9. Схема прибора для записи микропрофиля конструкции МАДИ:

- 1 - буксирующий автомобиль; 2 - шарнирное сцепное устройство; 3 - ось вращения маятника;
4 - амортизатор, гасящий колебания; 5 - наружная рама; 6 - внутренняя рама; 7 - груз;
8 - «медленный» маятник; 9 - датчик относительных перемещений маятника

Рис. 4.10. Схема прибора РИКАД-2:

- B - ширина участка контакта шины с поверхности дороги; c_s - жесткость амортизатора;
 k_s - жесткость упругого элемента подвески;
 k_I - жесткость шины



Прибор РИКАД-2 состоит из датчиков, регистрирующих пройденный путь и вертикальные перемещения и устанавливаемых на оси колеса и кузове автомобиля, электронного блока регистрации результатов измерений и бортового компьютера.

Во многих странах для определения ровности дорожного покрытия используют французский анализатор продольного профиля APL-25 (рис. 4.11), предназначенный для измерения неровностей дорожного покрытия с амплитудой ± 50 мм и длиной волны 0,3...15 м.

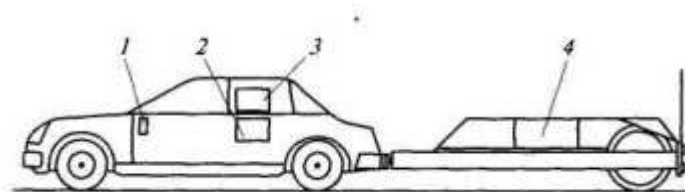


Рис. 4.11. Анализатор продольного профиля APL-25:

- 1 - устройство контроля скорости движения автомобиля; 2 - устройство усиления сигнала;
3 - устройство записи информации; 4 - измерительный прицеп

Анализатор состоит из измерительного прицепа 4, устройства усиления сигнала 2 и записи информации 3 на магнитном носителе, устройства 1 контроля скорости движения.

При измерении ровности дорожного покрытия автомобиль должен двигаться со скоростью 21,6 км/ч $\pm 2\%$. Скорость движения контролируется тахометром. Профиль дорожной поверхности регистрируется анализатором APL-25 по величине измерения угла α между несущей балкой и эталонным инерционным маятником. Во время движения анализатора индуктивным датчиком происходит непрерывное измерение угла α , который прямо пропорционален вертикальным перемещениям измерительного колеса и, следовательно, неровностям дорожного профиля.

В последние годы многими странами принята новая система определения ровности дорожного покрытия. За показатель ровности дорожного покрытия принимается международный индекс ровности - *IRI* (International Roughness Index), который определяется как отношение сумм вертикального перемещения измерительного колеса прицепа к пройденному расстоянию.

Для определения *IRI* применяется анализатор продольного профиля APL-72, представляющий собой одно-

колесный прицеп, буксируемый с постоянной скоростью автомобилем. Анализатор снабжен датчиком пройденного пути и персональным компьютером типа Notebook для записи, обработки и хранения результатов измерений.

Анализатор позволяет определять неровности дорожного покрытия высотой ± 10 см и длиной волны 0,2...100 м. При измерении должна обеспечиваться скорость движения, равная 21,6 или 72 км/ч ± 10 %. Производительность анализатора составляет 100 км/смена.

Существуют следующие корреляционные зависимости между толчкомерами разной конструкции:

- ТХК-2 и ТЭД-2М:

$$S_{ТХК} = 0,208 S_{ТЭД}^{1,259}, \quad (4.8)$$

где $S_{ТХК}$, $S_{ТЭД}$ - значения ровности дорожного покрытия, измеренные при помощи ТХК-2 и ТЭД-2М соответственно;

- ИВП-1М и ТЭД-2М:

$$S_{ТЭД} = 0,83 S_{ИВП} + 20,45, \quad (4.9)$$

где $S_{ИВП}$ - значения ровности дорожного покрытия, измеренные при помощи толчкомера ИВП-1М;

- ТХК-2 и ИВП-1М:

$$S_{ТХК} = 0,208 (0,83 S_{ИВП} + 20,245)^{1,259}; \quad (4.10)$$

- ТХК-2 и APL-72:

при значениях индексов ровности, превышающих 2,5 м/км по шкале *IRI*:

$$S_{ТХК} = a(IRI)^2 + b(IRI) + c, \quad (4.11)$$

где *IRI* - значения международного индекса ровности, м/км; *a*, *b*, *c* - коэффициенты, определенные в результате сравнительных испытаний;

при значениях индекса ровности менее 2,5 м/км по шкале *IRI*:

$$S_{ТХК} = a(IRI)^b. \quad (4.12)$$

Зависимости, связывающие показания толчкомеров разной конструкции с показаниями *IRI*, действительны только для конкретного прибора и автомобиля, участвующего в сравнительных испытаниях.

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 (рис. 4.12, а). Эта зависимость с достаточной точностью может быть описана уравнениями:

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

$$v = 70,0 - 0,016 S; \quad (4.13)$$

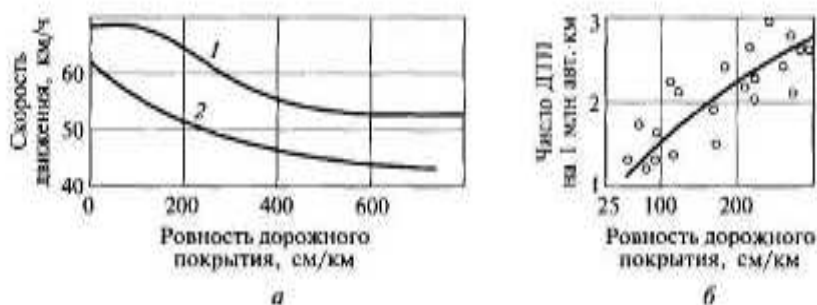


Рис. 4.12. Влияние ровности дорожного покрытия на скорость движения (а) и аварийность (б):

1 - для легковых автомобилей; 2 - для грузовых автомобилей

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

$$v = 55,0 - 0,023 S, \quad (4.14)$$

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 (рис. 4.12, б). 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:

$$N_{ДТП} = 0,0915 S^{0,5}, \quad (4.15)$$

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:

$$S = a Q + \beta. \quad (4.16)$$

Значения коэффициентов a и β в уравнении (4.16) зависят от типа дорожного покрытия:

Дорожные покрытия	a	β
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 ремонт дорожных покрытий.

Таблица 4.2

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,	Состояние дорожного покрытия
------------------------	------------------------------	------------------------------

	для дорог		тия
	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 4.2.

Показания толчкомера дают возможность оценить состояние дорожного покрытия (табл. 4.3).

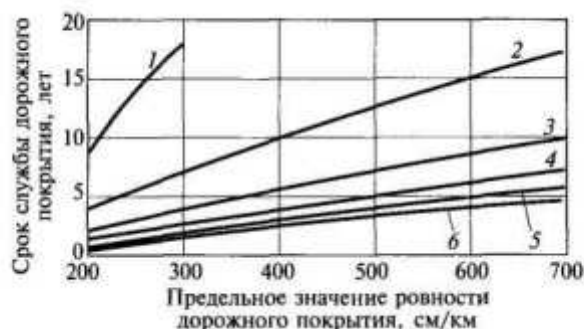


Рис. 4.13. Зависимость срока службы дорожного покрытия облегченного типа между средними ремонтами от предельно допустимого значения ровности дорожного покрытия при исходном уровне перевозок на дороге:

- 1 - 0,3 млн. т брутто; 2 - 1 млн. т брутто; 3 - 2 млн. т брутто;
 4 - 3 млн. т брутто; 5 - 4 млн. т брутто;
 6 - 5 млн. т брутто

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 $S_{\text{пред}}$. Зависимость сроков службы дорожного покрытия между средними ремонтами от предельного значения ровности дорожного покрытия при ежегодном росте объемов перевозок приведена на рис. 4.13.

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

4.3. Скользкость и шероховатость дорожного покрытия

Скользкость дорожного покрытия - важнейшая 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 (рис. 4.13).

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.

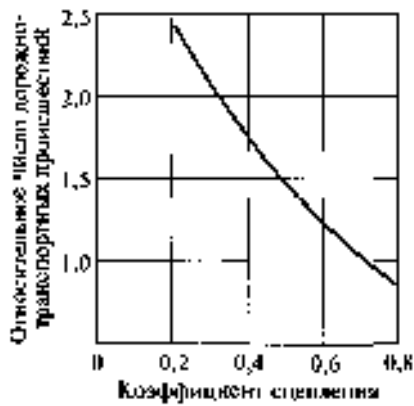


Рис. 4.14. Влияние коэффициента сцепления на аварийность

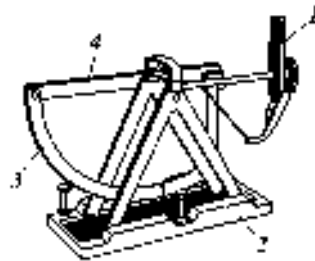
Так, снижение скорости движения при увлажнении дорожного покрытия не превышает 10...12 км/ч. Проведенные в США исследования на участке автомобильной магистрали после увлажнения дорожного покрытия показывают незначительные уменьшения средних скоростей движения (всего на 3...5 км/ч). Наиболее резкое снижение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

Рис. 4.15. Маятниковый прибор МП-3:

- 1 - маятник;
- 2 - станина;
- 3 - мерная шкала;
- 4 - штанга



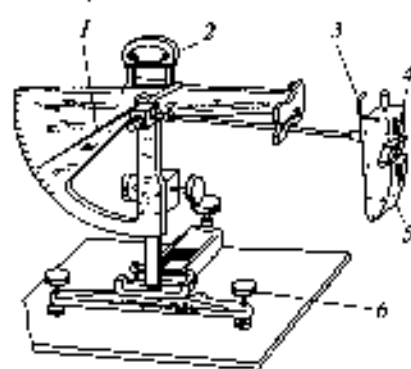
Существуют разные конструкции портативных приборов.

Маятниковый прибор МП-3 (рис. 4.15) состоит из станины 2, штанги 4 с укрепленной на ней мерной шкалой 3 и маятника 1.

Прибор устанавливают на поверхности дорожного покрытия, штангу приводят в вертикальное положение по уровню. Маятник укрепляют в горизонтальном положении, поверхность дорожного покрытия смачивают водой, маятник отпускают.

Рис. 4.16. Портативный маятниковый прибор Транспортной дорожной исследовательской лаборатории Великобритании:

- 1 - стрелка, фиксирующая отклонения маятника;
- 2 - ручка для переноски прибора;
- 3 - рычаг, перемещающий указательную стрелку при падении маятника;
- 4 - вставка из протекторной резины;
- 5 - маятник;
- 6 - установочные винты, обеспечивающие касание резины с поверхностью дорожного покрытия



Отпущенный маятник падает, проскальзывая обрезиненным башмаком по поверхности дорожного покрытия, затем поднимается на определенный угол, который фиксируется на шкале прибора. Большой угол

подъема маятника соответствует большей скользкости поверхности дорожного покрытия. За рубежом наиболее распространен прибор Транспортной дорожной исследовательской лаборатории Великобритании (рис. 4.16).

Портативный прибор ППК-2 разработки МАДИ - ВНИИБД (рис. 4.17) состоит из штанги 5 со скользящим по ней грузом 7 массой 9 кг, подвижной муфты 4 и пружины 10, соединяющей два резиновых имитатора 1. При испытании прибор устанавливают таким образом, чтобы имитаторы находились на расстоянии (10 ± 1) мм над дорожным покрытием. Подвижный груз закрепляется в верхнем положении стойки. После увлажнения поверхности дорожного покрытия груз освобождается, ударяя по подвижной муфте. Под действием удара груза имитаторы прижимаются и перемещаются по поверхности дорожного покрытия. По положению измерительной шайбы на шкале определяют коэффициент сцепления.

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 ϕ_1 сцепления определяют по формуле

$$\phi_1 = P_x / G, \quad (4.17)$$

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

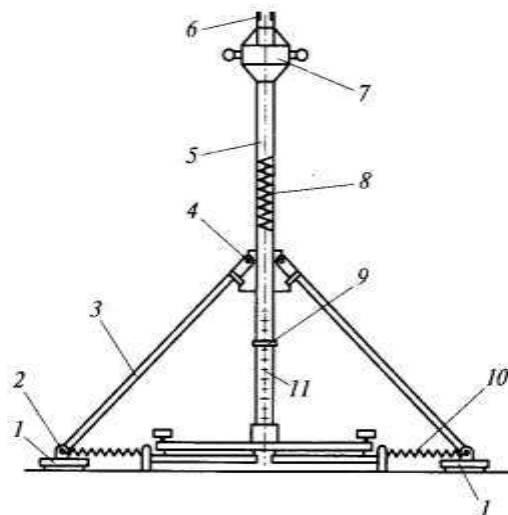


Рис. 4.17. Портативный прибор ударного действия:

- 1 - имитаторы; 2 - шарнир; 3 - тяга; 4 - подвижная муфта; 5 - опорная штанга;
6 - устройство сброса груза; 7 - груз; 8 - центральная пружина; 9 - регистрирующая шайба;
10 - стягивающая пружина; 11 - шкала коэффициентов сцепления

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

$$\varphi_1 = j/g, \quad (4.18)$$

где j - отрицательное ускорение, м/с²; g - ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с².

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:

$$\varphi_1 = \frac{K_3 v^2}{254 S_T} \pm i, \quad (4.19)$$

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. 4.4.

Таблица 4.4

Условия движения	Характеристика участков дорог	Коэффициент продольного сцепления φ_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 выше 0,5	0,6

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 (рис. 4.18).

Шероховатость поверхности дорожных покрытий - один из важнейших транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог, обуславливающий надежность контакта автомобильной шины с поверхностью дорожного покрытия и в большей степени влияющий на безопасность движения транспортных средств.

Микрошероховатость характеризуется неровностями длиной менее 2...3 мм и высотой 0,2...0,3 мм. Неровности длиной более 2...3 мм и высотой более 0,2...0,3 мм называются макрошероховатостью.

При определении состояния дорожного покрытия чаще всего оценивают макрошероховатость, к которой предъявляют противоречивые требования. С одной стороны, макрошероховатость должна быть как можно меньшей,



Рис. 4.18. Зависимость коэффициента поперечного сцепления от шероховатости дорожного покрытия

чтобы обеспечивалась наибольшая площадь контакта протектора шины с поверхностью дорожного покрытия.

С другой стороны, дорожная поверхность должна быть достаточно грубой, что должно способствовать быстрому отводу воды из площадки контакта и предупреждению тем самым явления аквапланирования. Однако увеличение макрошероховатости ведет к возрастанию сопротивления качению, износу шин и уровня шума.

Основными параметрами, характеризующими макрошероховатость, являются высота выступов, средняя высота выступов, шаг неровностей (расстояние между соседними вершинами неровностей), средний шаг неровностей.

Для измерения параметров шероховатости поверхности дорожного покрытия применяют приборы разных типов, которые по принципу действия подразделяют на контактные и бесконтактные.

Простейшим методом измерения шероховатости является метод песчаного пятна, который заключается в распределении на поверхности дорожного покрытия определенного объема песка (обычно 10...30 см³) с размером частиц 0,15...0,3 мм. Песок распределяется вровень с поверхностью отдельных выступов дорожного

покрытия, придавая песчаному пятну форму правильного круга. По измеренному диаметру пятна D и объему песка V вычисляют среднюю глубину шероховатости:

$$h_{cp} = \frac{4V}{\pi D^2} = 1,275 \frac{V}{D^2}. \quad (4.20)$$

При вычисленной средней глубине шероховатости на участках дорог с продольными уклонами до 30 ‰ на дорожных покрытиях с применением органических вяжущих, составляющей менее 0,7 мм, а на цементобетонных покрытиях менее 0,5 мм, шероховатость считается неудовлетворительной, при средней глубине шероховатости соответственно 0,7...1,5 и 0,5...0,6 мм - удовлетворительной, 1,5...2 и 0,6...0,8 мм - хорошей и при средней глубине более 2 и 0,8 мм - очень хорошей. Для безопасного движения на участках дорог с большими уклонами средняя глубина шероховатости должна быть не менее следующих значений:

Уклон, ‰.....	40	50	60	70	80
Средняя глубина шероховатости, мм.....	3,5	4	4,5	5	5

С помощью приборов контактного типа обеспечивается возможность копирования контуров поверхности и определения числовых значений параметров шероховатости.

Принцип работы таких приборов основан на ощупывании неровностей поверхности щупом

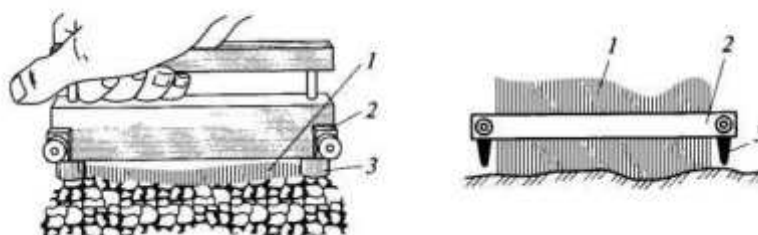


Рис. 4.19. Прибор игольчатый типа ПКШ-4:

1 - игла-щуп; 2 - зажимные планки; 3 - опоры

с последующим копированием контуров шероховатости на миллиметровую бумагу или преобразованием механических колебаний в электрические. После обработки полученных профилограмм определяют числовые значения параметров шероховатости.

Игольчатый прибор ПКШ-4 (рис. 4.19) состоит из тонких игл 1, закрепленных между зажимными планками 2. Внизу планок имеются опоры 3.

При измерении неровностей прибор ПКШ-4 устанавливают на дорожное покрытие и слегка вдавливают так, чтобы иглами прибора точно копировался рельеф поверхности дорожного покрытия. Полученный микропрофиль переносят на миллиметровую бумагу и определяют высоту выступов, средний шаг и средний угол при вершине. Измерения проводят дважды с установкой прибора вдоль оси дороги и перпендикулярно.

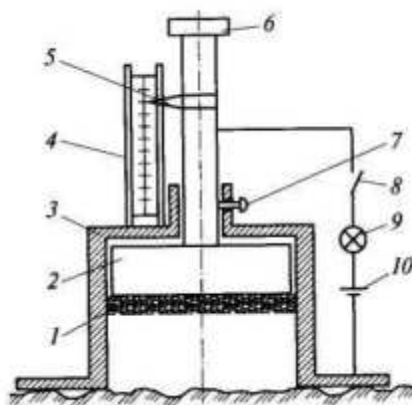


Рис. 4.20. Магнитный прибор для измерения средней глубины впадин макрошероховатости дорожного покрытия:

1 - металлические шарики; 2 - магнит; 3 - корпус; 4 - шкала; 5 - указатель средней глубины впадин;

6 - шток с ручкой; 7 - стопорный винт; 8 – выключатель электрической цепи; 9 - лампочка-сигнализатор;
10 - источник тока (12 В)

При расхождении в результатах более чем на 10 % требуются дополнительные измерения с установкой прибора под углом 45° к оси дороги.

В магнитном приборе для измерения средней глубины впадин неровностей (рис. 4.20) используют мелкие металлические шарики.

При проведении испытания прибор устанавливают на поверхность дороги, при этом мелкими металлическими шариками заполняют все впадины шероховатости в пределах внутреннего диаметра цилиндра и по шкале определяют среднюю глубину шероховатости. После снятия отсчета прибор переносят на новую точку измерений.

Действие профилографа (рис. 4.21) основано на ощупывании поверхности дорожного покрытия специальным шупом и вычерчивании профиля неровностей на миллиметровой бумаге. По полученному микропрофилю определяют среднюю высоту выступов, средний шаг, средний угол при вершине выступов.

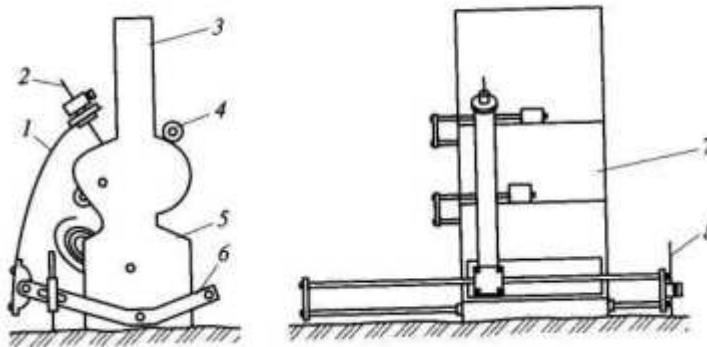


Рис. 4.21. Профилограф Союздорнии:

1 - плечо-коромысло; 2 - карандаш; 3 - ручка прибора; 4 - прижимной ролик; 5 - корпус прибора; 6 - передвижная рамка; 7 - вал с бумагой; 8 - игла-шуп

Для определения микрошероховатости применяют индуктивный профилограф (рис. 4.22), который позволяет определять параметры микрошероховатости как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Прибор работает по принципу ощупывания исследуемой поверхности алмазной иглой с радиусом кривизны при вершине 10 мкм с последующим преобразованием механических колебаний иглы в пропорциональные изменения электрического напряжения. Пределы измерения при записи профилограмм 0,2...400 мкм.

Лазерный профилограф (рис. 4.23) работает по принципу ощупывания исследуемой поверхности световым лучом. Копирование поверхности дорожного покрытия осуществляется сфокусированным лучом лазера, а фотоприемным устройством измеряется диффузионная составляющая отраженного светового потока. Пределы измерений при записи профилограммы 1...500 мкм.

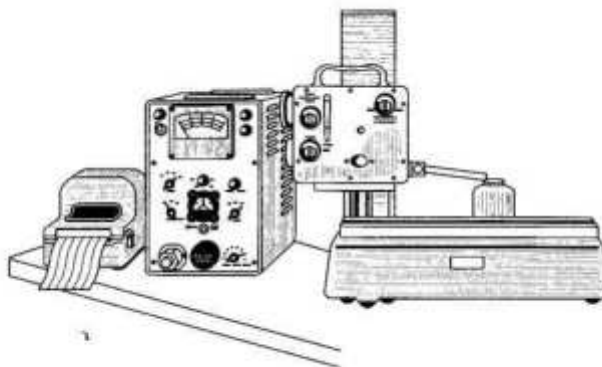


Рис. 4.22. Индуктивный профилограф МАДИ

Лазерный профилограф, как и индуктивный, позволяет измерять микрошероховатость дорожного покрытия или размер зерен щебня, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

В МАДИ был разработан метод оценки состояния дорожного покрытия методом дистанционного зондирования. Метод основан на оптическом сканировании исследуемой поверхности с помощью цифровых

устройств (цифровые фотокамеры) и последующей обработки полученных снимков в цифровых фотограмметрических системах.

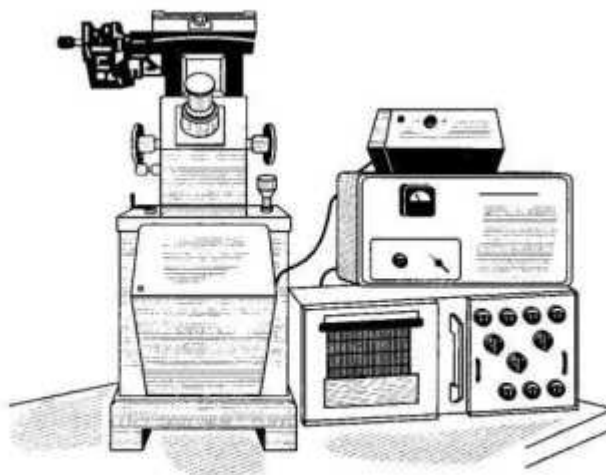


Рис. 4.23. Лазерный профилограф МАДИ

В последние годы во многих странах для определения макрошероховатости дорожных покрытий применяют передвижные установки, смонтированные на микроавтобусе.

Впереди микроавтобуса устанавливают поперечную балку, оснащенную лазерами для измерения профилей и текстуры дорожного покрытия. Запись, обработку и хранение результатов измерений производят бортовым вычислительным комплексом.

4.4. Природно-климатические факторы и транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги

Автомобильные дороги как транспортные сооружения работают при постоянном воздействии природно-климатических факторов и движения 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 длительнее 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 снеготаносимых участков на дороге существенно ухудшает транспортно-эксплуатационные качества всей автомобильной дороги. На региональных дорогах протяженность снеготаносимых 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.

Таблица 4.5

Характеристика участка	Скорость движения 85%-ной обеспеченности, км/ч					Средняя скорость движения, км/ч				
	летом	осенью	весной	Снижение, %		летом	осенью	весной	Снижение, %	
				осенью	весной				осенью	весной
Прямой горизонтальный с асфальтобетонным покрытием шириной 11м, укрепленные обочины	$\frac{90}{73}$	$\frac{70}{65}$	$\frac{80}{67}$	$\frac{22}{11}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{77}{68}$	$\frac{60}{54}$	$\frac{70}{53}$	$\frac{22}{21}$	$\frac{9}{22}$
Кривая в плане 350 м, на спуске 40 ‰ при ширине асфальтобетонного покрытия 6,5 м; обочины шириной 0,5...1,5 м не укреплены	$\frac{66}{55}$	$\frac{53}{48}$	$\frac{62}{53}$	$\frac{20}{13}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{55}{47}$	$\frac{45}{40}$	$\frac{52}{42}$	$\frac{18}{15}$	$\frac{5}{11}$
Спуск 40 ‰ на прямой, ширина асфальтобетонного покрытия 7,5 м; обочины укреплены щебнем	$\frac{73}{70}$	$\frac{64}{63}$	$\frac{70}{64}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{62}{60}$	$\frac{55}{55}$	$\frac{60}{57}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{3}{5}$
Подходы к мосту шириной 7 м; покрытие асфальтобетонное; обочины укреплены щебнем	$\frac{71}{69}$	$\frac{64}{57}$	$\frac{70}{65}$	$\frac{21}{17}$	$\frac{13}{6}$	$\frac{72}{58}$	$\frac{57}{49}$	$\frac{62}{55}$	$\frac{21}{15}$	$\frac{14}{5}$

Примечание. В числителе приведены скорости легковых автомобилей, в знаменателе - грузовых.

Существенное снижение скоростей движения наблюдается при ухудшении условий видимости, уменьшении сцепления шины колеса с дорожным покрытием и изменении геометрических характеристик дороги, например уменьшении эффективной ширины проезжей части вследствие образования снежных и ледяных отложений на прикромочных полосах и неполной очистки при снегоуборке. Отмечено снижение скоростей 50, 85 и 95%-ной обеспеченности зимой на 25...30 % (рис. 4.24).

Скорость 85%-ной обеспеченности на прямолинейном горизонтальном участке при мокром дорожном покрытии снижается на 10 %, при снежном накатанном - на 22 и при частично обледенелом - на 36 %.

На изменение условий движения в разные периоды года указывает также изменение зависимости интенсивность движения - плотность транспортного потока (рис. 4.25).

Изменение расстояния метеорологической видимости приводит к изменению скорости движения: при видимости 100 м (интенсивный снегопад) скорость снижается на 49 %, при видимости 200 м - на 29 %. Для расчета скорости движения в условиях разной метеорологической видимости рекомендуется зависимость

$$v = v_0 + aSe^{-bS}, \quad (4.21)$$

где v_0 - скорость транспортного потока при видимости 50 м, $v_0 = 14$ км/ч; S - метеорологическая видимость, м; a, b - коэффициенты, для определения средней скорости $a = 306$; $b = 1,8$;



Рис. 4.24. Зависимость скорости свободного движения транспортных средств от ширины проезжей части в зимних условиях:
1 - 50%-ной обеспеченности; 2 - 85%-ной обеспеченности; 3 - 95%-ной обеспеченности

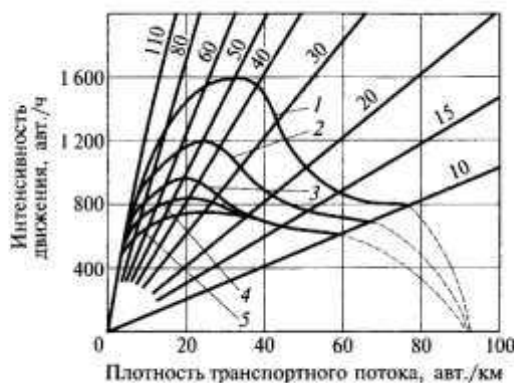


Рис. 4.25. Основная диаграмма транспортного потока для реальных условий движения:

- 1 - сухое шероховатое покрытие; 2 - мокрое шероховатое покрытие;
- 3 - проезжая часть частично покрыта льдом; 4 - снежный накат;
- 5 - гололед; цифры на прямых - скорость движения, км/ч

для определения скорости движения 95%-ной обеспеченности $a = 223$; $b = 1,82$.

В разные периоды года существенно меняется число дорожно-транспортных происшествий и их тяжесть - оказывает влияние изменение состояния дорожного покрытия, условий видимости, погодных условий, продолжительность светлого времени суток.

В ряде стран, где интенсивность движения мало меняется в течение года, наибольшая аварийность наблюдается в осенне-зимний период.

Половина столкновений и опрокидываний происходит при неблагоприятных погодных условиях. Погодные условия и состояние дорог влияют на тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий. Как правило, тяжесть дорожно-транспортных происшествий осенью и весной выше, чем летом, зимой - несколько

ниже из-за наличия снега и более низких скоростей движения. Максимальное число погибших на каждые 100 дорожно-транспортных происшествий отмечается в России в октябре - ноябре и марте. Все эти закономерности необходимо учитывать при разработке мероприятий по повышению транспортно-эксплуатационных качеств дороги.

Контрольные вопросы

1. Что такое надежность автомобильной дороги?
2. Что понимается под отказом дорожной одежды?
3. Что понимается под проезжаемостью дороги?
4. На что влияет ровность дорожного покрытия?
5. Какие приборы применяют для определения ровности дорожного покрытия?
6. Как измеряется ровность дорожного покрытия рейками?
7. Как измеряется ровность дорожного покрытия толчкомерами?
8. Как устроены и работают наиболее распространенные толчкомеры?
9. Как оценивают состояние дорожного покрытия по ровности?
10. Как влияет ровность дорожного покрытия на скорость движения автомобиля?
11. Как влияет ровность дорожного покрытия на аварийность?
12. Как влияет ровность дорожного покрытия на себестоимость автомобильных перевозок?
13. Что является критерием скользкости дорожного покрытия?
14. Какими портативными приборами измеряют коэффициент продольного сцепления?
15. Как определяется коэффициент продольного сцепления с помощью динамометрических тележек?
16. Как определяется коэффициент продольного сцепления методом тормозного пути?
17. Как оценить состояние дорожного покрытия по сцепным качествам?
18. Какими параметрами характеризуется шероховатость дорожного покрытия?
19. Какие методы и приборы применяют для измерения параметров шероховатости?
20. На что влияет шероховатость дорожного покрытия?
21. Какое влияние оказывают природно-климатические факторы на транспортные качества дороги?

ЛЕКЦИЯ 5
**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И СРЕДСТВ
 РЕГУЛИРОВАНИЯ НА РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ
 ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

5.1. Качественное состояние транспортного потока

С изменением интенсивности движения на дороге резко меняется качественное состояние транспортного потока и условия труда водителей.

Для характеристики разных состояний транспортного потока и условий движения используют следующие показатели: коэффициент загрузки движением; коэффициент скорости движения; коэффициент насыщения движением; уровень удобства движения.

Коэффициент загрузки дороги движением z представляет собой отношение интенсивности движения N к пропускной способности данного участка (или элемента) дороги P :

$$z = N/P. \quad (5.1)$$

Применение понятия коэффициента загрузки позволяет строить сопоставимые зависимости характеристик движения транспортного потока от дорожных условий для дорог разных категорий, так как эта величина безразмерная. Коэффициент z может принимать любые значения от 0 до 1.

Коэффициент скорости движения c - это отношение скорости движения при каком-либо уровне удобства движения v_z к желаемой скорости движения в свободных условиях $v_{жс}$, которая выбирается водителем для обеспечения высокой комфортности поездки:

$$c = v_z/v_{жс}. \quad (5.2)$$

Значение желаемой скорости движения в свободных условиях зависит от многих факторов: расстояния до цели поездки, состояния водителя, его квалификации и опыта, состояния дорожного покрытия, геометрических элементов и планировочных решений на дороге.

Отклонением от желаемых условий движения (например, несвоевременного достижения цели поездки) вызывает у водителя чувство снижения комфортности, а иногда и нервозность, которая может привести к непоправимым ошибкам - дорожно-транспортному происшествию.

Коэффициент насыщения движением ρ представляет собой отношение плотности транспортного потока при каком-либо уровне удобства движения q_z к максимальной плотности транспортного потока q_{max} :

$$\rho = q_z / q_{max}. \quad (5.3)$$

Под *уровнем удобства движения* понимается определенное качественное состояние транспортного потока, при котором устанавливаются характерные условия труда водителей, условия комфортности поездки и эффективности работы транспортных средств, а также аварийность. Каждый уровень удобства движения характеризуется значениями коэффициентов загрузки, скорости и насыщения движением.

С целью установления границ уровней удобства движения проводились экспериментальные исследования с применением ходовой лаборатории, аэрофотосъемки и анализа видеозаписей и киносъемки.

При построении зависимости скорость движения - интенсивность движения определена кривая, имеющая три характерные точки изменения кривизны (рис. 5.1). Это указывает на то, что при коэффициентах загрузки, соответствующих точкам перегиба, меняется качественное состояние транспортного потока.



Рис. 5.1. Зависимость скорость движения - интенсивность движения:
 1 - теоретическая кривая для транспортного потока высокой плотности;
 2 - экспериментальная кривая

На существование разных состояний транспортного потока указывает также зависимость скорость движения - плотность транспортного потока (рис. 5.2). На кривой также могут быть отмечены характерные перегибы, хотя часто необоснованно эта зависимость изображается в виде прямой.

Наличие нескольких состояний транспортного потока подтверждается и изменением вида и числа дорожно-транспортных происшествий, а также формой кривых распределения скоростей движения транспортного потока (рис. 5.3).

При низких значениях интенсивности движения, как правило, наблюдается большой разброс значений скоростей движения, кривая распределения имеет полимодальный характер.

По мере роста интенсивности движения вид кривой распределения заметно меняется, превращаясь из полимодальной (кривая А) в одномодальную (кривая Г). Разброс значений скорости движения существенно снижается, ее среднее квадратическое отклонение также уменьшается. Значительные изменения наблюдаются и в общем виде кривых распределения значений интервалов во времени.



Рис. 5.2. Зависимость скорости движения - плотность транспортного потока

О разном состоянии транспортного потока свидетельствует также изменение эмоциональной напряженности водителя (рис. 5.4).

Таким образом, анализ транспортного потока показывает существование четырех наиболее характерных его состояний - четырех уровней удобства движения: А, Б, В и Г.

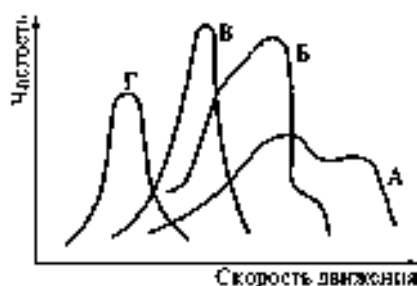


Рис. 5.3. Кривые распределения значений скорости движения при разных уровнях удобства движения А - Г

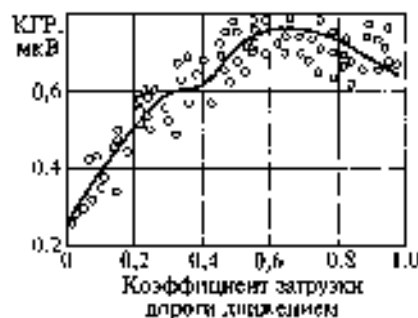


Рис. 5.4. Зависимость кожно-гальванической реакции (КГР) водителя от коэффициента загрузки дороги движением

Уровень удобства движения А характеризуется следующими значениями коэффициентов: $z \leq 0,2$; $c \geq 0,9$; $\rho < 0,1$. Обгоны практически отсутствуют, автомобили не взаимодействуют между собой. Водителем может выдерживаться желаемая скорость движения. Снижение средних скоростей незначительно (см. рис. 5.1). Эмоциональная напряженность водителя низкая (см. рис. 5.4). Водители и пассажиры не испытывают неудобства при движении автомобиля. Поездки являются комфортными. Транспортный поток при уровне удобства движения А называется *свободным*.

Уровень удобства движения Б характеризуется следующими значениями коэффициентов: $z = 0,2...0,45$; $c = 0,7...0,9$; $\rho = 0,1...0,3$.

В потоке непрерывно возрастает число автомобилей, которые совершают обгоны или вынуждены двигаться в пачках за медленнодвижущимися. Наблюдается резкое падение средних скоростей движения. Исследования с применением ходовой лаборатории показывают невозможность обгона при $z = 0,45$. Это значение можно считать верхней границей уровня удобства движения Б.

Эмоциональная напряженность водителей быстро возрастает по мере загрузки движением и приближается к наибольшей. Частота маневров наибольшая. При этом уровне удобства движения водители испытывают снижение комфортности поездки из-за необходимости совершения маневров обгона или объезда. Транспортный поток при уровне удобства движения Б называется *устойчивым*.

Уровень удобства движения В характеризуется следующими значениями коэффициентов: $z = 0,45...0,7$; $c = 0,55...0,7$; $\rho = 0,3...0,7$. Происходит дальнейшее снижение скоростей движения (см. рис. 5.1).

Эмоциональная напряженность водителей достигает наибольшего уровня (см. рис. 5.4). Водители испытывают неудобства из-за невозможности обгона медленнодвижущихся автомобилей и необходимости внима-

тельного слежения за впереди идущим автомобилем. Комфортность поездки резко снижается. Транспортный поток состоит из отдельных больших групп и пачек и называется *неустойчивым*.

Уровень удобства движения Г характеризуется следующими значениями коэффициентов: $z = 0,7...1$; $c = 0,55...0,4$; $\rho = 0,7...1$. Движение происходит с остановками вследствие состояния транспортного потока, близкого к затору.

Эмоциональная напряженность водителя снижается из-за снижения скоростей и движения с постоянными низкими скоростями.

Скорости движения всех автомобилей близки между собой, среднее квадратическое отклонение значений скоростей небольшое. Водители и пассажиры испытывают наибольшие неудобства от поездки.

Движение происходит с неэкономичными скоростями в колонном режиме. Транспортный поток при уровне удобства движения Г называется *насыщенным*.

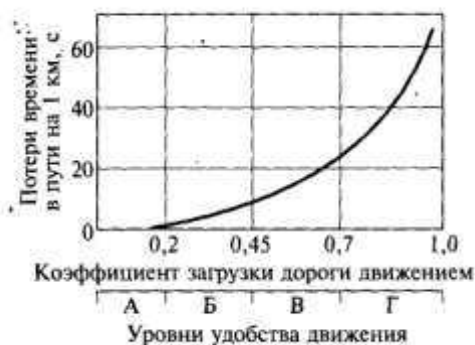


Рис. 5.5. Потери времени в пути на автомобильной магистрали с четырьмя полосами при разных уровнях удобства движения

Загрузка дорог движением оказывает существенное влияние на потери времени автомобилями в пути (рис. 5.5).

Степень загрузки дороги движением оказывает влияние на расход топлива (рис. 5.6), т.е. на экономичность движения. Наименьший расход топлива отмечается при $z = 0,5...0,6$.

Анализ распределения интенсивности движения в течение суток показывает разные вероятности существования в течение суток каждого уровня удобства движения на дорогах разных категорий (табл. 5.1).

Описанные состояния транспортного потока складываются в результате изменения не только интенсивности движения, но и дорожных условий, а также вследствие применения средств организации дорожного движения.

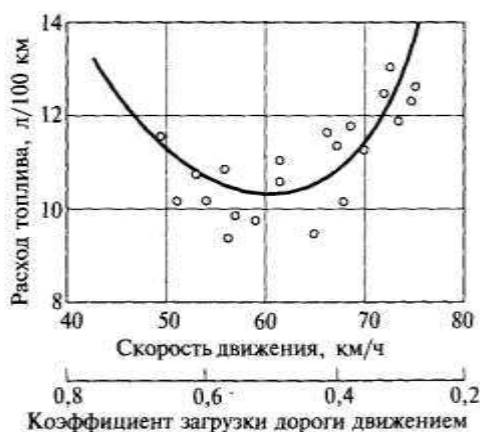


Рис. 5.6. Расход топлива при разных уровнях удобства движения на двухполосной автомобильной дороге

Таблица 5.1

Категория дороги	Вероятность уровней удобства движения, %			
	А	Б	В	Г
І	18,8	64	12	5,2

II	32,4	57	8,1	2,5
III	53	40,4	5,9	0,7
IV	79,3	20,5	0,2	-
V	91,4	8,55	0,55	-

Таблица 5.2

Тип автомобильной дороги	Оптимальное значение коэффициента загрузки дороги движением $z_{\text{опт}}$		Рекомендуемый уровень удобства движения	Критерии определения $z_{\text{опт}}$
	Новое проектирование	Реконструкция		
Подъезды к аэропортам, морским и речным причалам	0,2	0,5	A	Минимум времени сообщения
Внегородские автомобильные магистрали (дороги I категории)	0,45	0,6	B	Минимум приведенных затрат
Въезды в город, обходы и кольцевые дороги вокруг больших городов	0,55	0,65	B	То же
Автомобильные дороги II, III категорий	0,65	0,7	Г	»
Автомобильные дороги IV категории	0,7	0,75	Г	»

Задача инженера-проектировщика автомобильных дорог и инженера дорожного движения - создание на дороге уровня удобства, обеспечивающего наилучшие и наиболее эффективные условия работы автомобильного транспорта.

При проектировании и эксплуатации дорог стремятся обеспечивать оптимальный уровень удобства движения на дороге, который различен для каждого типа дорог (табл. 5.2).

5.2. Режимы движения транспортного потока на горизонтальных участках автомобильных дорог

На горизонтальных участках автомобильных дорог основное влияние на режим движения оказывают интенсивность движения, состав и плотность транспортного потока.

Для установления характера зависимости скорости движения от интенсивности движения состава и транспортного потока наблюдения проводят на прямых горизонтальных участках дорог, имеющих хорошую ровность дорожного покрытия.

При обработке данных наблюдений методами математической статистики отмечается колоколообразное очертание кривых распределения скорости движения при высокой интенсивности движения (рис. 5.7, а), причем значения наиболее часто встречающихся скоростей движения незначительно отличаются друг от друга. Построение кумулятивных кривых (рис. 5.7, б) позволяет проводить установление скорости движения определенных групп автомобилей.

При плотных транспортных потоках данные наблюдений соответствуют кривой нормального распределения (см. рис. 5.7, а):

$$p_i = \frac{P_i^\phi}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(v_i - \bar{v})^2}{2\sigma^2}\right], \quad (5.4)$$

где p_i , P_i^ϕ - соответственно теоретическое и фактическое значение частоты появления значений скорости движения в заданном интервале Δv (обычно Δv принимают равным 5 км/ч); σ - среднее квадратическое отклонение значений скоростей движения, км/ч; v_i - скорость i -го автомобиля, км/ч; \bar{v} - средняя скорость движения всего транспортного потока, км/ч.

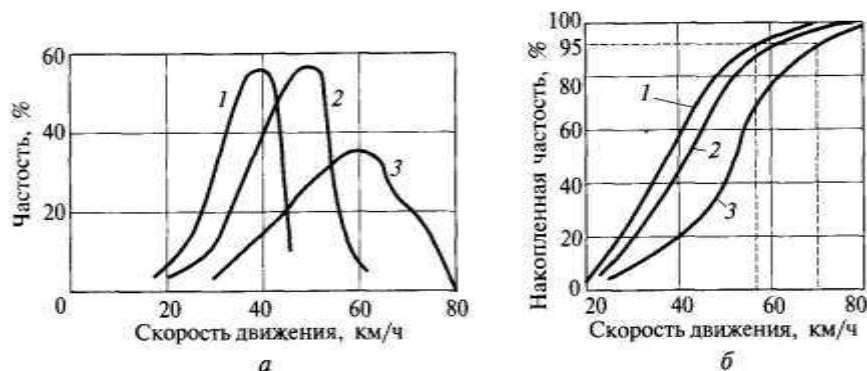


Рис. 5.7. Обработка данных наблюдений методами математической статистики:
a - кривые распределения; *б* - кумулятивные кривые; 1 - интенсивность движения 400 авт./ч; 2 - интенсивность движения 400 авт./ч (в потоке на 10 % меньше грузовых автомобилей);
 3 - интенсивность движения 150 авт./ч

Кривые распределения скоростей движения при малой интенсивности движения, когда медленнодвижущиеся и быстродвижущиеся автомобили практически не оказывают влияния друг на друга и водители свободны в выборе скоростей движения, могут иметь одну, две и даже три вершины.

Анализ полимодальной кривой распределения показывает, что эту кривую можно рассматривать как состоящую из трех кривых нормального распределения (рис. 5.8):

одна - для медленно движущейся части транспортного потока (кривая 1), вторая - для большинства автомобилей потока (кривая 2) и третья - для быстро движущейся части транспортного потока (кривая 3).

Суммирование этих кривых дает кривую распределения всего транспортного потока, которая получается при обработке результатов наблюдений.



Рис. 5.8. Полимодальная кривая распределения:
 1, 3 - соответственно для медленно- и быстро движущейся части транспортного потока; 2 - для большинства автомобилей транспортного потока

С увеличением интенсивности движения кривые 1 и 3 исчезают, так как происходит выравнивание скоростей быстро движущихся и медленно движущихся автомобилей.

Поэтому при очень высоких интенсивностях движения кривая распределения становится практически одновершинной. Трехвершинные кривые распределения скоростей движения характерны для низкой интенсивности движения и, особенно, для участков дорог, где наблюдается большая разница в скоростях движения грузовых и легковых автомобилей, обусловленная различием их динамических качеств.

При низкой интенсивности движения (менее 200 авт./ч) нормальная кривая распределения не соответствует фактическому распределению значений скоростей движения.

Учитывая существование кривых нормального распределения скоростей отдельных групп свободнов движущихся автомобилей, правильным будет предположение о существовании какой-то суммарной кривой распределения. Для описания такой кривой можно применить распределение смеси.

Таким образом, распределение скоростей движения всего транспортного потока оказывается смесью нормальных кривых распределения скоростей движения отдельных групп автомобилей, движущихся в общем потоке:

$$p_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ \frac{p_1}{\sigma_1} \exp \left[-\frac{(v_i - \bar{v}_1)^2}{2\sigma_1^2} \right] + \frac{p_2}{\sigma_2} \exp \left[-\frac{(v_i - \bar{v}_2)^2}{2\sigma_2^2} \right] + \frac{p_3}{\sigma_3} \exp \left[-\frac{(v_i - \bar{v}_3)^2}{2\sigma_3^2} \right] \right\}, \quad (5.5)$$

где p_1, p_2, p_3 - фактические частоты появления значений скоростей в каждой группе автомобилей (грузовые тяжелые, грузовые средние, легковые); $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - средние квадратические отклонения значений скоростей для каждой группы автомобилей, км/ч; v_i - скорость i -го автомобиля, км/ч; $\bar{v}_1, \bar{v}_2, \bar{v}_3$ - средние скорости движения каждой группы автомобилей, км/ч.

При использовании формулы (5.5) наблюдаются наименьшие отклонения теоретических значений частот от фактических (рис. 5.9).

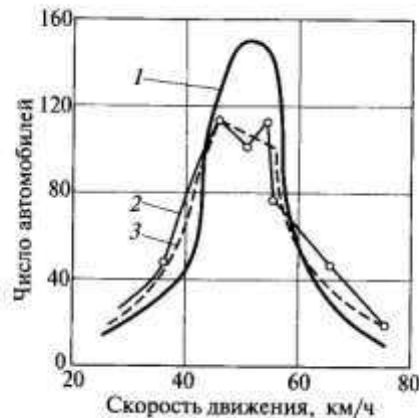


Рис. 5.9. Кривые распределения скоростей движения:
1 - рассчитанная по формуле (5.4); 2 - рассчитанная по формуле (5.5); 3 - фактическая кривая

Общий вид кривой распределения скоростей движения при малой интенсивности движения зависит от состава транспортного потока на дороге. При высокой интенсивности движения состав транспортного потока оказывает влияние в основном на положение вершины кривой.

При наличии в транспортном потоке большого числа тяжелых автомобилей вершина кривой смещается влево. Преобладание в транспортном потоке автомобилей с высокими динамическими качествами приводит к смещению кривой вправо. Так, увеличение в транспортном потоке числа медленно движущихся автомобилей на 10 % приводит к уменьшению модального значения скорости на 6 км/ч.

С целью установления закономерности снижения скорости движения при увеличении интенсивности движения строят график скорость движения - интенсивность движения, имеющий криволинейный характер (см. рис. 5.1). Точки перегиба этой кривой соответствуют границам разного состояния транспортного потока. Путем обработки данных наблюдений методом наименьших квадратов с достаточной точностью для практических расчетов зависимость скорость движения - интенсивность движения может быть аппроксимирована линейной функцией

$$v = v_0 - \alpha/N. \quad (5.6)$$

$$\text{При } 50 < N < 600 \text{ авт./ч } v = 59 - 0,015N. \quad (5.7)$$

Первый член этих уравнений - скорость движения v_0 одиночных автомобилей при отсутствии помех со стороны других транспортных средств, зависит от динамических качеств автомобилей.

Скорость движения легковых автомобилей $v_{л}$ снижается с ростом интенсивности движения быстрее, чем скорость грузовых автомобилей $v_{гр}$:

$$v_{л} = 78 - 0,0385N; \quad (5.8)$$

$$v_{гр} = 54,2 - 0,0122N. \quad (5.9)$$

Более интенсивное снижение скорости движения легковых автомобилей связано с большим различием в динамических качествах легковых и грузовых автомобилей. Снижение скорости движения грузовых автомобилей в основном объясняется влиянием медленно движущихся автомобилей и невозможностью их обгона.

При интенсивности движения в двух направлениях более 700 авт./ч разность скоростей движения легковых и грузовых автомобилей составляет менее 10 км/ч.

Наблюдения показывают, что с увеличением интенсивности движения разность скоростей движущихся друг

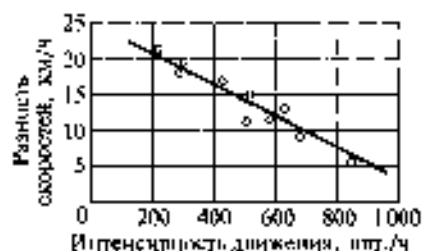
за другом автомобилей уменьшается (рис. 5.10).

При свободных условиях движения разность скоростей движения составляет 15...20 км/ч, уменьшаясь до 5 км/ч при интенсивности движения 900 авт./ч в обоих направлениях.

Степень стеснения условий движения может быть охарактеризована отклонением значения скорости движения отдельного автомобиля от средней скорости движения транспортного потока.

Зависимость среднего квадратического отклонения скоростей σ от суммарной интенсивности движения N

Рис. 5.10. Зависимость разности скоростей движущихся друг за другом автомобилей от интенсивности движения



(при наличии в транспортном потоке 25 % легковых автомобилей) для дорог с двумя полосами движения можно выразить уравнением

$$\sigma = 13,2 - 0,0043N. \quad (5.10)$$

Наблюдения, проводимые при разной интенсивности и составе движения, показывают значительное влияние состава транспортного потока на среднюю скорость движения транспортного потока. При наличии в транспортном потоке:

5 % легковых автомобилей

$$U_5^{\Pi} = 53 - 0,018N; \quad (5.11)$$

25 % легковых автомобилей - см. выражение (5.7);

50 % легковых автомобилей

$$U_{50}^{\Pi} = 63,8 - 0,012N; \quad (5.12)$$

80 % легковых автомобилей

$$U_{80}^{\Pi} = 70 - 0,008N. \quad (5.13)$$

Аналогичные зависимости получены для скорости движения легковых автомобилей. При наличии в транспортном потоке:

5 % легковых автомобилей

$$U_5^{\Pi} = 67 - 0,051N; \quad (5.14)$$

25 % легковых автомобилей - см. выражение (5.8);

50 % легковых автомобилей

$$U_{50}^{\Pi} = 83 - 0,027N; \quad (5.15)$$

80 % легковых автомобилей

$$U_{80}^{\Pi} = 91 - 0,019N. \quad (5.16)$$

Для скоростей движения грузовых автомобилей получены следующие зависимости. При наличии в транспортном потоке:

5 % легковых автомобилей

$$U_5^{2p} = 51 - 0,014N; \quad (5.17)$$

25 % легковых автомобилей - см. выражение (5.9);

50 % легковых автомобилей

$$U_{50}^{2p} = 56,5 - 0,01N; \quad (5.18)$$

80 % легковых автомобилей

$$U_{80}^{2p} = 59,6 - 0,0076N. \quad (5.19)$$

В этом случае; наблюдается небольшое изменение наклона корреляционной прямой при разном составе транспортного потока. Это указывает на то, что число легковых автомобилей в транспортном потоке незначительно влияет на скорость движения грузовых автомобилей, основное влияние оказывает число медленно движущихся автомобилей.

Корреляционные уравнения связи между средним квадратическим отклонением скоростей движения и ин-

тенсивностью движения при разном составе транспортного потока выглядят следующим образом:

при 25 % легковых автомобилей - см. уравнение (5.10);

при 50 % легковых автомобилей

$$\sigma_{50} = 1,56 - 0,007N; \quad (5.20)$$

при 90 % легковых автомобилей

$$\sigma_{90} = 23 - 0,0085N. \quad (5.21)$$

В практических расчетах большое значение имеет возможность перехода от скорости движения при одном составе транспортного потока к значениям скорости движения при другом составе транспортного потока.

На основании анализа зависимостей скорости движения - интенсивность движения и скорости свободного движения в уравнении (5.6) при заданных интенсивности движения и скорости свободного движения получены графики изменения коэффициентов α при заданных интенсивности движения и скорости свободного движения в уравнении (5.6) при разном составе транспортного потока (рис. 5.11).

С помощью этих графиков для известного значения доли легковых автомобилей в транспортном потоке можно определить коэффициент α и значение скорости свободного движения, т.е. можно количественно оценить снижение скорости движения с изменением состава транспортного потока.

Это позволяет экстраполировать результаты проведенных наблюдений на дорогах с двумя полосами движения на перспективный состав транспортного потока на дорогах.



Рис. 5.11. Зависимость коэффициента α (1) и скорости свободного движения v_0 (2) от состава транспортного потока (доли легковых автомобилей в транспортном потоке)

Для дорог с тремя полосами движения существует следующая связь между средними мгновенными скоростями движения и интенсивностью движения:

для всего потока

$$v = 67,23 - 0,0164N; \quad (5.22)$$

для внешних полос

$$v = 61,89 - 0,01218N; \quad (5.23)$$

для центральной полосы

$$v = 76,93 - 0,00438N. \quad (5.24)$$

Зависимость средней мгновенной скорости движения от интенсивности движения на автомагистралях с шестью полосами движения при $650 < N < 1500$ авт./ч будет следующей:

$$v = 72,3 - 0,0081N. \quad (5.25)$$

Для каждой полосы движения получены следующие уравнения:

для крайней правой полосы

$$v_1 = 58,5 - 0,0092N; \quad (5.26)$$

для средней полосы

$$v_2 = 77 - 0,0257N; \quad (5.27)$$

для крайней левой полосы

$$v_3 = 85,5 - 0,0364N. \quad (5.28)$$

Уравнения (5.26) - (5.28) справедливы при интенсивности движения 200 - 700 авт./ч.

Таким образом, результаты измерений скорости движения позволяют получить следующие уравнения для расчета средней скорости движения на горизонтальных прямолинейных участках с учетом суммарной интенсивности движения N и доли легковых автомобилей в потоке $p_{л}$, отн. ед.:

на дорогах с двумя полосами движения

$$v = 52 - (0,019 - 0,00014p_{л}) N + 0,22p_{л}; \quad (5.29)$$

на дорогах с тремя полосами движения

$$v = 55 - (0,017 - 0,00013p_{л}) N + 0,215p_{л}; \quad (5.30)$$

на дорогах с четырьмя полосами движения

$$v = 59 - (0,015 - 0,00012p_{л}) N + 0,21p_{л}; \quad (5.31)$$

на дорогах с шестью полосами движения

$$v = 62 - (0,012 - 0,00010p_{л}) N + 0,2p_{л}; \quad (5.32)$$

на дорогах с восемью полосами движения

$$v = 64 - (0,009 - 0,00008p_n) N + 0,19p_n. \quad (5.33)$$

Уравнения (5.29) - (5.33) применимы при $50 < N < 800$ авт./ч.

Скорость движения зависит от состава транспортного потока, особенно числа маршрутных автобусов (рис. 5.12).

Большое влияние на скорость движения оказывает плотность транспортного потока, являющаяся важнейшей характеристикой транспортного потока.

Для автомагистралей получена следующая зависимость скорости движения от плотности транспортного потока:

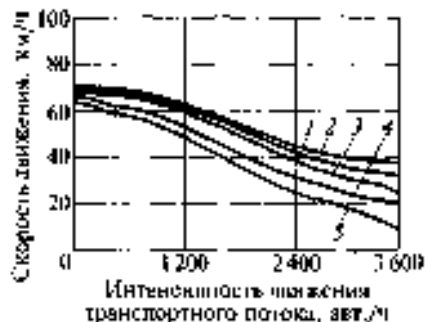


Рис. 5.12. Зависимость скорости движения от интенсивности движения транспортного потока на четырехполосной автомагистрали при расстоянии между автобусными остановками 500...1000 м (2, 4) и до 500 м (3, 5):

- 1 - при отсутствии автобусов; 2, 3 - при интенсивности движения автобусов 10 - 15 авт./ч;
4, 5 - при интенсивности движения автобусов 25-30 авт./ч

$$v = \frac{v_0}{(q_i/a)^3 + 1} \exp\left\{-0,5\left[\frac{q_i}{(q_{\max}n)}\right]^2\right\}, \quad (5.34)$$

где v_0 - скорость движения в свободных условиях, км/ч; q_i - плотность транспортного потока на каком-либо элементе дороги в рассматриваемый момент времени, авт./км; a - постоянная, зависящая от числа полос движения, для четырехполосных автомагистралей $a = 90$, для шестиполосных автомагистралей $a = 135$; q_{\max} - максимальная ПЛОТНОСТЬ транспортного потока на одной полосе движения, авт./км; n - число полос движения в одном направлении.

Для двухполосных автомобильных дорог зависимость скорости движения от плотности транспортного потока хорошо описывается уравнением

$$v = v_0 \left[1 - (q/q_{\max})^\beta\right]^\gamma, \quad (5.35)$$

где v_0 - скорость движения в свободных условиях, км/ч; q , q_{\max} - соответственно средняя и максимальная плотность транспортного потока, авт./км; β , γ - параметры, зависящие от дорожных условий, например для участков дорог, расположенных в пределах малых населенных пунктов, протяженностью 2 км $\beta = 1,75$; $\gamma = 5$.

Средняя скорость движения плотного транспортного потока при интенсивности движения, равной пропускной способности, определяется по формуле

$$v_p = v_0 (1 + \beta\gamma)^{-\gamma} (\beta\gamma)^\gamma. \quad (5.36)$$

Зависимость скорость движения - плотность транспортного потока имеет преимущество по сравнению с зависимостью скорость движения - интенсивность движения и справедлива для участка дороги, позволяя оценить условия маневрирования на этом участке. Зависимость скорость движения - интенсивность движения характерна только для определенного поперечного сечения дороги.

5.3. Влияние элементов автомобильных дорог на скорость движения транспортных средств

Скорость движения во многом определяется размерами и сочетаниями геометрических элементов автомобильных дорог. Из элементов поперечного профиля дороги наибольшее влияние на скорость движения оказывает *ширина обочин и проезжей части*.

Зависимость средней технической скорости движения от ширины обочин b при $0,5 < b < 2,5$ м описывается следующими уравнениями:

для транспортного потока $v = 69 + 9,8b$; (5.37)

для легковых автомобилей $v_n = 73,5 + 10,5b$. (5.38)

Среднее квадратическое отклонение технической скорости движения при $0,5 < b < 2,5$ м
 $\sigma_v = 12,8 + 2,7b$. (5.39)

Мгновенная скорость движения зависит от ширины обочины в месте производства замеров. На основании регрессионного анализа получены следующие уравнения при $1 < b < 3,5$ м:

для транспортного потока $v = 57 + 4,7b$; (5.40)

для легковых автомобилей $v_n = 65 + 5,3b$. (5.41)

Среднее квадратическое отклонение мгновенной скорости движения при $1 < b < 3,5$ м
 $\sigma = 10 + 0,85b$. (5.42)

Заметное влияние на скорость движения оказывает ширина проезжей части B на дорогах с двумя и тремя полосами движения, имеющих осевую разметку. При этом может быть использовано следующее корреляционное уравнение для мгновенной скорости движения при $5 < B < 13$ м

$$v = 58 + 1,58B. \quad (5.43)$$

Существенное изменение скорости движения наблюдается на участках подъемов.

Значение установившейся скорости движения, характерной для определенного уклона (рис. 5.13, а), определяют по формуле

$$v_i = v_0 / (1 + \alpha i), \quad (5.44)$$

где v_0 - начальная скорость при въезде на подъем, км/ч; α - эмпирический коэффициент; i - продольный уклон, отн. ед.

Коэффициент α в зависимости от уклона имеет следующие значения:

Уклон, отн. ед.....	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
Коэффициент α	9	10	13,5	17,5	26,7	28,6	29,4

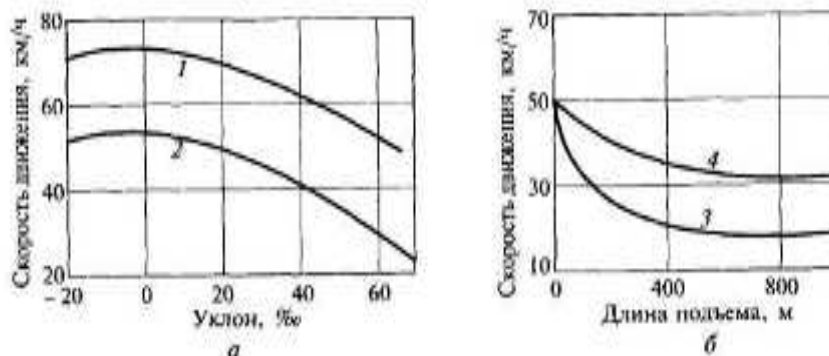


Рис. 5.13. Влияние уклона (а) и длины подъема (б) на скорость движения: а - влияние уклона; б - влияние длины подъема; 1 - легковые автомобили; 2 - грузовые автомобили; 3 - $i = 70$ ‰; 4 - $i = 50$ ‰

На скорость движения оказывает влияние также длина подъема (рис. 5.13, б). Наиболее резкое падение скорости наблюдается на первых 200...300 м при уклонах 50 ‰ и более и на первых 600...800 м при уклонах менее 30 ‰.

Среднее квадратическое отклонение скорости движения σ на подъемах зависит от их уклона и длины (рис. 5.14). Так, в начале подъема σ составляет 9,9 км/ч, уменьшаясь в дальнейшем до 5,08 км/ч.

При устройстве дополнительной полосы движения на подъем существенно изменяется скоростной режим транспортного потока. Были получены следующие формулы для оценки скорости свободного движения: на дополнительной полосе

$$v_0 = 62,2 - 0,532i + 0,009 5R + 11,46p_n - 10,06p_{авт}; \quad (5.45)$$

на основной (левой) полосе

$$v_0 = 62,2 - 0,521i + 0,009 7R + 11,16p_n - 9,6p_{авт}; \quad (5.46)$$

где i - продольный уклон ‰, R - радиус кривой в плане, м; $p_{авт}$ = доля автопоездов в транспортном потоке, отн. ед.

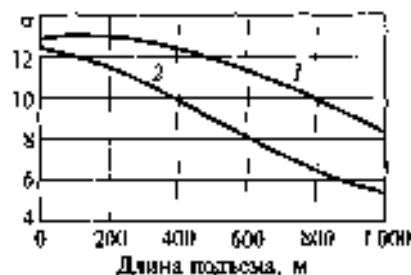


Рис. 5.14. Зависимость среднего квадратического отклонения скоростей движения от длины подъема:

1 - $i = 30 \%$; 2 - $i = 80 \%$



Рис. 5.15. Время реакции водителя на характерных участках дорог в горной местности:

1 - движение на спуск; 2 - движение на подъем; 3 - равнинные участки

С изменением продольного уклона, особенно на автомобильных дорогах, проходящих в горной местности, изменяется также время реакции водителя (рис. 5.15).

Большое влияние на скорость движения оказывают радиусы кривых в плане. Скорость движения в свободных условиях на кривых с обеспеченной видимостью более 700 м может быть определена по уравнениям, представленным в табл. 5.3.

Зависимость модальных (50%-ной обеспеченности) значений скорости движения от радиуса кривой в плане

$$v = 78[1 - \exp(-0,0159 R)] \quad (5.47)$$

Для горных дорог получены следующие корреляционные зависимости средней скорости автомобилей от радиуса кривой в плане:

Таблица 5.3

Тип автомобиля	Корреляционные уравнения	Коэффициент корреляции	Среднее квадратическое отклонение скорости движения, км/ч
Грузовой	$v = 60,67 - 0,996 K$	0,975	1,14
	$v_{85} = 69,25 - 1,06 K$	0,965	1,64
	$v_{95} = 76,17 - 1,29 K$	0,97	1,83
Легковой	$v = 70,78 - 1,51 K$	0,99	1,23
	$v_{85} = 84,65 - 1,98 K$	0,96	3,2
	$v_{95} = 95,09 - 2,23 K$	0,935	4,73

Примечание. K - кривизна, равная $1000/R$; R - радиус кривых в плане; v - средняя скорость движения; индексы 85 и 95 соответствуют 85%-ной и 95%-ной обеспеченности.

на внешних кривых, где дорога огибает выступающий склон косогора:

$$v = v_0 + 0,27R, \quad (5.48)$$

где $v_0 = 17,3$ км/ч для грузовых автомобилей; $v_0 = 19,7$ км/ч для автобусов; $v_0 = 21,5$ км/ч для легковых автомобилей;

на внутренних кривых, где дорога вдается в склон или лог:

$$v = v_0 + 0,51R \text{ при } 10 < R < 50 \text{ м}, \quad (5.49)$$

где $v_0 = 18,6$ км/ч для грузовых автомобилей; $v_0 = 20,2$ км/ч для автобусов; $v_0 = 22,5$ км/ч для легковых автомобилей.

Уклон виража i_b $0 < i_b < 100 \%$ на кривых малых радиусов следующим образом влияет на скорость движе-

ния:

$$v = 81,7 - i_b \text{ (коэффициент корреляции } r = 0,24); \quad (5.50)$$

$$v = 86,8 - 1,1i_b \text{ (коэффициент корреляции } r = 0,26). \quad (5.51)$$

Параметры кривых в плане оказывают существенное влияние также на психофизиологические показатели водителя. Установлено, что на кривых в плане горных дорог частота пульса водителя заметно уменьшается с увеличением радиуса кривой (рис. 5.16).

Это указывает на улучшение условий работы водителя с увеличением радиуса кривой в плане.

Расстояние видимости также является важным фактором, определяющим скорость движения. Возрастая с увеличением расстояния видимости, скорость движения практически стабилизируется при расстоянии видимости свыше 600 м (табл. 5.4).

Техническая скорость движения в зависимости от расстояния видимости может быть определена по формулам:

для транспортного потока

$$v_n = 88 - 0,168S \text{ (коэффициент корреляции } r = 0,71); \quad (5.52)$$

для легковых автомобилей

$$v_n = 93,7 - 0,177p_s \text{ (коэффициент корреляции } r = 0,71), \quad (5.53)$$

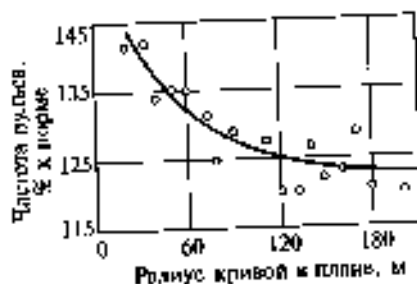


Рис. 5.16. Зависимость частоты пульса водителя от радиуса кривой в плане

где S - расстояние видимости, м; p_s - число участков с ограниченной видимостью, %.

Мгновенная скорость движения для транспортного потока и легковых автомобилей и среднее квадратическое отклонение скорости движения изменяются следующим образом:

$$v_n = 69,1 + 0,215S \text{ (коэффициент корреляции } r = 0,64); \quad (5.54)$$

$$v_n = 73,2 + 0,0232S \text{ (коэффициент корреляции } r = 0,65); \quad (5.55)$$

$$\sigma = 14,7 + 0,0036S \text{ (коэффициент корреляции } r = 0,34). \quad (5.56)$$

Для горных дорог зависимость средней скорости движения автомобилей от расстояния видимости при движении по кривой радиусом 60 м при $10 < S < 110$ м имеет вид

$$v = v_0 + 0,13S, \quad (5.57)$$

где v_0 - 26,3 км/ч для грузовых автомобилей; $v_0 = 29,1$ км/ч для автобусов; $v_0 = 31,5$ км/ч для легковых автомобилей.

Расстояние видимости на кривых в плане оказывает заметное влияние на психофизиологические показатели водителя (рис. 5.17).

Существенное влияние на скорость движения оказывают габариты и длины мостов (табл. 5.5). В табл. 5.6 показаны изменения скорости движения на мосту, ширина проезжей части которого была увеличена при реконструкции с 7 до 12,8 м.

На скорость движения на мостах оказывает влияние интенсивность движения. Отмечено снижение скорости движения по длине моста. Расчет скорости движения легковых автомобилей на мосту

Таблица 5.4

Обеспеченность, %	Снижение скорости движения, км/ч, при фактической видимости, м					
	100	200	300	400	500	600
50	$\frac{12,2}{20}$	$\frac{8,1}{13,7}$	$\frac{4,9}{8,6}$	$\frac{2,8}{4,9}$	$\frac{1,5}{2,3}$	$\frac{0,8}{0,4}$
85	$\frac{13,5}{17,5}$	$\frac{9,8}{12,7}$	$\frac{5,8}{8,3}$	$\frac{3,3}{4,9}$	$\frac{2}{2,5}$	$\frac{1}{0,9}$
59	$\frac{13,9}{19,2}$	$\frac{9,8}{14,6}$	$\frac{5,9}{10,2}$	$\frac{3,3}{6,3}$	$\frac{2}{2,5}$	$\frac{1}{1}$

Примечание. В числителе - данные для грузовых автомобилей, в знаменателе - для легковых автомобилей.

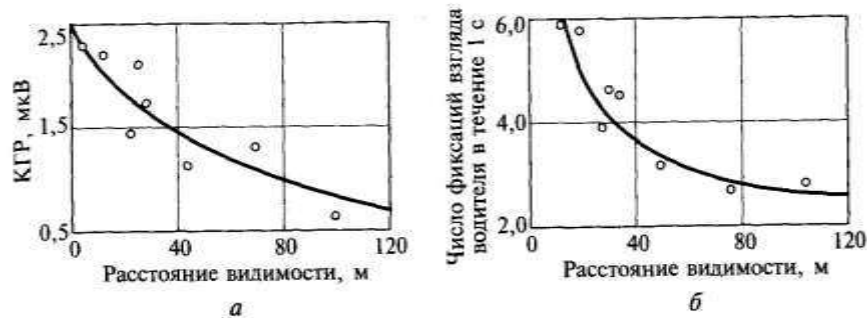


Рис. 5.17. Влияние расстояния видимости на кривых в плане горных дорог ($R = 50 \dots 100$ м) на психофизиологические показатели водителя:
 а - изменение кожно-гальванической реакции (КГР);
 б - изменение числа фиксаций взгляда водителей в секунду

при низкой интенсивности движения (свободные условия движения) проводят по формуле

$$v_0 = 30,625 + 3,125\Gamma - 0,206L + 0,01875\Gamma L, \quad (5.58)$$

где Γ - габарит моста, м, $7 < \Gamma < 13$ м; L - длина моста, м.

Большое влияние на скорость движения оказывают *препятствия, расположенные сбоку от дороги*. Средняя разность скоростей движения при расстоянии до деревьев 0,65 м и от кромки проезжей части 3,1 м составляет 11,5 км/ч.

Для учета совместного влияния всех элементов дороги и интенсивности движения на скорость движения предложены уравнения, полученные на основе множественной корреляции.

Одно из таких уравнений

$$v = \log k + 3,16B - 0,21i - 0,023N - 0,13p - 71, \quad (5.59)$$

где v - средняя скорость движения, км/ч; k - площадь деформаций дорожного покрытия, влияющих на скорость движения, %;

Таблица 5.5

Условие движения на мосту	Скорость движения, км/ч, при соотношении ширины проезжей части моста B_m и дороги B_d , м		
	$B_m = B_d$	$B_m = B_d + 1$	$B_m = B_d + 4,3$
Отсутствие встречных автомобилей	40,3	45	58
Наличие встречных автомобилей	34	40	56

Таблица 5.6

Характеристика транспортного потока	Скорость движения, км/ч		Прирост скорости движения, км/ч (%)
	до реконструкции	после реконструкции	
Одиночные легковые автомобили	53,8	62,7	8,9 (11,7)
Одиночные грузовые автомобили	48	55	7 (14,6)
Поток автомобилей без встречного движения	49	55	6,5 (13,3)
Поток автомобилей при наличии встречного движения	45	55,5	10,5 (23,4)

B - ширина проезжей части, м; i - продольный уклон, ‰; N - интенсивность движения, авт./ч; p - доля легковых автомобилей в транспортном потоке, %.

Для оперативной оценки скорости движения в свободных условиях на двухполосных дорогах рекомендуется следующая зависимость:

$$v_0 = 29 + 3,85B - 0,53i + 0,096R + 10,8p_l - 10,3p_{авт}, \quad (5.60)$$

где B - ширина проезжей части, м; i - продольный уклон, ‰; R - радиус кривой в плане, м, $100 < R < 1000$ м; p_l , $p_{авт}$ - количество легковых автомобилей и автопоездов в составе транспортного потока, отн. ед.

Приведенные ранее данные показывают существенное влияние элементов дорог на скорость движения и могут быть использованы для ориентировочной оценки принимаемых проектных решений.

5.4. Средства регулирования и скорость движения транспортных средств

Установка на дорогах средств информации водителей и организации дорожного движения вызывает изменение скоростного режима движения транспортного потока.

Влияние на режим движения двух основных групп дорожных знаков (предупреждающих и запрещающих) приведено в табл. 5.7.

Наиболее действенное влияние на скоростной режим оказывают дополнительный знак «Ограничение скорости 60 км/ч», установленный на одной стойке с предупреждающим «Прочие опасности», и знак «Прочие опасности», установленный на расстоянии 100 м перед знаком «Опасный поворот».

Таблица 5.7

Наличие дорожных знаков	Скорость, км/ч, при обеспеченности, %				
	15	50	85	95	100
До установки знаков	51	63,5	78,5	85	100
«Опасный поворот»	50	60	77	84	90
«Извилистая дорога»	55	61	76	86	100
«Опасный поворот» и «Прочие опасности»	49	56	71,5	81	100
«Опасный поворот» и «Ограничение скорости до 60 км/ч»	51,5	58	69	78	90
«Прочие опасности» и «Опасный поворот» на расстоянии 100 м друг от друга	41	53,5	67	77	100

В США при испытаниях знака «Обгон запрещен», установленного в зоне расположения школы, зафиксировано снижение скорости движения 85%-ной обеспеченности всех автомобилей с 40 (до установки знака) до 30 км/ч (после его установки).

Данные исследования показали необходимость тщательного анализа условий установки знака «Обгон запрещен». Установлено, что запрещение обгона необходимо при условии необеспеченности видимости, соответствующей средней скорости движения: 51 км/ч - 225 м; 105...112 км/ч - 570 м. Расстояние между зонами запрещения обгона при скорости движения 51 км/ч должно соответствовать 75 м, при скорости движения 98...112 км/ч - 135 м.

Большое внимание во всех странах мира уделяется ограничению скорости движения. Основная цель этого ограничения - снижение аварийности. Установлено, что при введении ограничения скорости движения в 1973 г. в США в условиях энергетического кризиса до 88 км/ч предел скорости движения 88 км/ч водителями нарушался в 65 % случаев на внегородских дорогах и в 48 % случаев на городских дорогах. В 1973 г. скорость движения 104 км/ч превышало 54 % водителей, в 1974 г. - 6 %.

В Швейцарии максимальная скорость движения была ограничена 100 км/ч. Такое ограничение оказало отрицательное воздействие на движение транспортного потока и привело к трудностям совершения обгонов легковыми автомобилями грузовых автомобилей и автопоездов, превышающих скорость 80 км/ч.

В Германии при ограничении скорости движения до 100 км/ч скорость движения в рабочие дни снизилась у 70...80 % автомобилей, а при ограничении до 130 км/ч - у 20...30 %.

Было установлено, что ограничение скорости движения приводит к уменьшению разности скоростей движения автомобилей, уменьшению числа обгонов и снижению уровня шума. Анализ пропускной способности показал, что на автомагистралях Германии максимальная интенсивность движения наблюдается при скорости движения 60...80 км/ч.

Однако не рекомендовано в качестве критерия ограничения скорости движения принимать пропускную способность. При опросе 64 % водителей высказались о целесообразности введения ограничения скорости движения до 100 км/ч.

Введение ограничения скорости движения на одной из автомагистралей Германии позволило повысить интенсивность движения с 20300 до 22600 авт./ч, допускалась максимальная скорость движения 130 км/ч, минимальная - 80 км/ч.

Установка знака ограничения скорости движения до 80 км/ч на автомагистрали М1 в Англии показало снижение средней скорости движения на 16 км/ч, минимальный интервал между автомобилями составил 1,5 м. Отмечено, что основным недостатком ограничения скорости до 80 км/ч является небольшая разность скоростей между автомобилями разных типов.

В Финляндии ограничение скорости до 60, 80 и 120 км/ч привело к снижению средней скорости движения и ее среднего квадратического отклонения. Ограничение скорости движения до 120 км/ч привело к снижению средней скорости движения на 2,3 км/ч (максимально на 5,6 км/ч), значение среднего квадратического отклонения уменьшилось на 3,2 км/ч.

Анализ ограничения скорости движения в России на больших участках дорог Москва - Рязань и Москва - Тула значениями 80 и 70 км/ч не показал изменения средней скорости движения, произошло только снижение максимальной скорости движения.

Большое влияние на скорость движения оказывает разметка проезжей части и, прежде всего, размер штрихов и разрывов, оптимальное соотношение которых должно быть не менее 1:3.

Сплошная осевая разметка в сочетании с краевой разметкой на дорогах с шириной проезжей части 6 м приводит к значительному снижению скорости движения (табл. 5.8).

Наблюдения показали наиболее существенное снижение скорости движения быстродвижущейся группы

легковых и легких грузовых автомобилей. Скорость движения основной части грузовых автомобилей уменьшилась всего на 2...4 км/ч, т. е. на 3...7 %. Особенно эффективным действие разметки было на кривых в плане с шириной проезжей части 6 м. После нанесения разметки скорость движения снизилась на 12...18 км/ч.

При высокой интенсивности движения на дорогах с шириной проезжей части 7 м разметка способствует устранению помех для движения и повышает скорость движения транспортных потоков.

Таблица 5.8

Дорожные условия	Снижение скорости движения, км/ч, при разной обеспеченности, %			Среднее квадратическое отклонение скорости движения 50%-ной обеспеченности, км/ч	
	50	85	95	до разметки	после разметки
Прямая в плане и профиле	5,5	8,1	7,2	7,1	5,9
Кривая в плане радиусом:	5	7,8	8,5	6,7	5,8
	300 м	6,2	10,1	14,2	6,9
Населенный пункт	5,1	7	7,1	4,8	4,1
Спуск 35 % протяженностью 570 м	5,3	8,2	11,3	7,6	5,7

Большой эффект дает организация с помощью разметки реверсивной полосы на трехполосных дорогах. Среднее время сообщения уменьшается на 12...13%, значительно упорядочивается движение транспортных средств. Средняя скорость движения увеличивается на 4,75 км/ч, скорость движения в направлении с наибольшей интенсивностью движения возрастает на 12,3 км/ч.

Таким образом, разные средства организации движения позволяют устанавливать желаемый и оптимальный режим движения транспортных средств на дороге.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели используют для характеристики транспортного потока и условий движения?
2. Охарактеризуйте уровни удобства движения А, Б, В и Г.
3. Какое влияние на режим движения оказывает интенсивность движения, состав и плотность транспортного потока?
4. Как зависит скорость движения от интенсивности движения?
5. Какое влияние оказывает на скорость движения ширина проезжей части дороги?
6. Какое влияние на скорость движения оказывают продольные уклоны дороги, радиусы кривых в плане, расстояние видимости?
7. Как влияют параметры мостов и препятствия, расположенные сбоку от дороги, на скорость движения?
8. Какое влияние оказывают на скорость движения средства информации водителей (дорожные знаки, разметка)?

ЛЕКЦИЯ 6
РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

6.1. 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.

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

$$\frac{A - (B + kF)v^2}{0,1G} = f + i + \frac{\delta}{g} \cdot \frac{dv}{dt}, \quad (6.1)$$

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, м²; v - скорость движения автомобиля, м/с; G - вес автомобиля, Н; f - коэффициент сопротивления качению; i - продольный уклон дороги, отн. ед.; δ - коэффициент, учитывающий влияние вращающихся частей автомобиля; g - ускорение свободного падения, $g = 9,8$ м/с²; $\frac{dv}{dt}$ - ускорение автомобиля, м/с².

После интегрирования уравнения (6.1) получаем выражение для определения скорости

$$v = \sqrt{(v_H^2 - k_1) \exp(-\mu S_1) + k_1 + k_2 S_1}, \quad (6.2)$$

где v_H - начальная (входная) скорость движения на участке дороги, м/с;

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

$k_2 = -\frac{1}{R}$; R - 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

$$v = \sqrt{127 R (\gamma_2 \varphi_2 \pm i_B)}, \quad (6.3)$$

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

$$v = \sqrt{13aR}, \quad (6.4)$$

где a - центробежное ускорение, $a \approx 0,5 \dots 0,7$ м/с².

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

$$v_K = \sqrt{v_H^2 - 254L_p (D - f - i_{cp})}, \quad (6.5)$$

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.; Δi - изменение уклонов на участке, отн. ед.

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

$$v_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i v_{cpi}}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad (6.6)$$

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, %:

$$p_{dp} = 0,2 + 16\psi - 83\psi^2, \quad (6.7)$$

где ψ - 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

$$v_{don} = \sqrt{127 R(\mu \pm i_{II})}, \quad (6.8)$$

где R - радиус кривой в плане, м; μ - коэффициент поперечной силы, $\mu = 0,15$; i_{II} - поперечный уклон, отн. ед; на кривых в плане при ограниченной видимости

$$v_{don} = \sqrt{\frac{127(\varphi_1^2 - i^2)}{k_3 \varphi_1}}(S - 5), \quad (6.9)$$

где φ_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:

$$v_{don} = \sqrt{\frac{127(\varphi + i)}{k_3}}(S - 5), \quad (6.10)$$

при выпуклом переломе с сопрягающимися уклонами i_1 и i_2

$$v_{don} = \sqrt{\frac{127(\varphi + i_1)(\varphi + i_2)}{k_3 \varphi}}(S - l_0), \quad (6.11)$$

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 τ_3 , учитывающего восприятие водителями дорожных условий:

Дорожные условия

τ_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

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 τ_3 , т.е. $v_\Phi = \tau_3 v_r$.

6.2. 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 $0,01 < z < 0,85$

$$v_v = v\Theta v_0 - \alpha_n k_a N, \quad (6.12)$$

где v - коэффициент, учитывающий средневзвешенное влияние состояния дорожного покрытия на скорость движения потока в зависимости от природно-климатических условий; Θ - 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; α_n - коэффициент, учитывающий долю легковых автомобилей в составе транспортного потока; k_a - коэффициент, учитывающий наличие дорожной разметки (табл. 6.1); N - интенсивность движения, авт./ч.

Таблица 6.1

Наличие разметки	Коэффициент психологического восприятия водителями дорожных условий τ_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 v определяют следующим образом:

$$v = \frac{m_1 g_1 + m_2 g_2 + m_3 g_3 + m_4 g_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}, \quad (6.13)$$

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 Θ определяют по формуле

$$\Theta = \tau_1 \tau_2 \tau_3, \quad (6.14)$$

где τ_1 - коэффициент, учитывающий влияние продольного уклона; τ_2 - коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока на скорость свободного движения; τ_3 - коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и средств организации дорожного движения на скорости свободно движущихся автомобилей.

Значения коэффициента τ_1 в зависимости от величины уклона следующие:

Уклон, %.....	0	20	30	40	50	60	70	80
τ_1	1	0,92	0,84	0,76	0,68	0,56	0,45	0,34

Значения коэффициента τ_2 для разного состава потока следующие:

Доля легковых автомобилей в потоке, %	100	70	50	40	20	10	0
τ_2	1	0,9	0,8	0,78	0,75	0,67	0,62

Расчетные значения коэффициента τ_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 α_n , установленные по результатам обработки экспериментальных исследований, принимают для практических расчетов следующими:

Доля легковых автомобилей

в потоке, %.....	0	10	20	40	50	70	100
α_n	0,02	0,018	0,016	0,013	0,012	0,01	0,007

На величину коэффициента α_n 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 α_n	1,2	1,15	1,11	1,1	1,02	1
-----------------------------	-----	------	------	-----	------	---

Для оценки средней скорости быстро движущихся автомобилей транспортного потока рекомендуется использовать выражение

$$v_{n.б.} = v_{\Theta} \Theta_0 - \alpha_6 N, \quad (6.15)$$

при этом $\Theta_0 = \tau_{16} \tau_{26}$; $0,01 < z < 0,85$,

где τ_{16} - коэффициент, учитывающий влияние подъемов; τ_{26} - коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока; α_6 - коэффициент, зависящий от состава транспортного потока.

Значения коэффициента τ_{16} в зависимости от величины уклона следующие:

Уклон, %.....	0	20	40	60	80	100
τ_{16}	1	1	0,95	0,92	0,85	0,75

Значения коэффициента τ_{26} в зависимости от состава движения следующие:

Доля легковых автомобилей

в потоке, %	100	70	50	40	20	10
τ_{26}	1	0,99	0,95	0,9	0,8	0,75

Таблица 6.2

Длина подъема, м	Поправочные коэффициенты к значению α_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 α_6 в зависимости от состава движения следующие:

Доля легковых автомобилей

в потоке, %	10	20	50	60	80
α_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:

$$v_{\phi \max} = 120 K_{p.c.}^{умог} = 120 КП_{Ди}, \quad (6.16)$$

где $КП_{Ди} = K_{p.c.}^{умог}$ - 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

$$\Delta v = 120 \Delta K_{p.c.} \quad (6.17)$$

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

$$v_{\Pi i} = v_{\phi \max} - t \sigma_v - \Delta v, \quad (6.18)$$

где t - функция доверительной вероятности, для доверительной вероятности 85 % $t = 1,04$; σ_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 6.3

$v_{\phi \max}$, 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 6.4

$v_{\phi \max}$, 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:

$$v_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n v_{\Pi i} l_i}{L}, \quad (6.19)$$

где $v_{\Pi i}$ - средняя скорость транспортного потока на каждом характерном участке дороги, км/ч; l_i - протяжен-

ность каждого характерного участка дороги, км; n - число характерных участков; L - длина дороги, км.
Средняя скорость легковых автомобилей транспортного потока

$$v_{л} = (1,3...1,4)v_{II}. \quad (6.20)$$

Средняя скорость грузовых автомобилей транспортного потока

$$v_{gp} = (0,9...0,92)v_{II}.$$

6.3. 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:

$$P = \omega \alpha v_{св} q_{max}, \quad (6.21)$$

где ω - 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 $\omega = 0,99$; α - коэффициент, зависящий от дорожных условий, $\alpha = 0,18...0,23$, 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} :

$$\beta = P/P_{max}. \quad (6.22)$$

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:

$$P = BP_{max}, \quad (6.23)$$

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

$$B = (0,5 + 0,037b + 0,4513S + 0,0046R - 0,0053p_{gp} - 0,0038i + 0,0007c + 0,00118v_{огр}) \beta_8... \beta_{13}, \quad (6.24)$$

при числе влияющих факторов менее четырех

$$B = \beta_1 \beta_2... \beta_{13}. \quad (6.25)$$

где b - ширина полосы движения, м, $b = 3...3,75$ м; S - расстояние видимости, км, $S = 0,045...0,4$ км, при $S > 0,4$ принимают $0,4513S = 0,18052$; R - радиус кривой в плане, км, $R = 0,01...5$ км; p_{gp} - доля грузовых автомобилей в транспортном потоке, % (0...30 %); i - уклоны, ‰, $i = 0...60$ ‰; c - расстояние до боковых препятствий, м, $c = 0...10$ м; $v_{огр}$ - ограничение скорости, км/ч, $v_{огр} = 20...90$ км/ч; $\beta_1 - \beta_{13}$ - частные коэффициенты, отражающие влияние соответственно ширины полосы движения (β_1), бокового препятствия (β_2), количества грузовых автомобилей в транспортном потоке (β_3), продольного уклона (β_4), расстояния видимости (β_5), радиуса кривых в плане (β_6), скорости движения (β_7), типа пересечения (β_8), состояния обочин (β_9), типа дорожного покрытия (β_{10}), типа сооружений для обслуживания проезжающих (β_{11}), вида разметки проезжей части (β_{12}), вида дорожных знаков (β_{13}).

Пропускная способность при фактическом количестве автомобилей

$$P_{\phi} = P/(p_1 \beta' + p_2 \beta'' + ... + p_n \beta^n), \quad (6.26)$$

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

$$P = 2,4 \alpha \alpha_v \alpha_N v_{св} q_{max} \quad (6.27)$$

где α - коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий на пропускную способность, $\alpha = 0,2$; α_v - коэффициент, учитывающий влияние длины перегона между пересечениями и примыканиями на снижение скорости движения; α_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 6.5

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

$$P_m = 420 + 43G - 2,285L + 0,257GL, \quad (6.28)$$

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

$$P_{н.п.} = (1968,8 - 487,5L + 11,2l + 7,5Ll) K_1 K_2, \quad (6.29)$$

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

$$P = 413 + 27b - 4,07i + 0,065R + 434,6p_d, \quad (6.30)$$

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_d - доля легковых автомобилей в транспортном потоке, отн. ед., $0,2 \leq p_d \leq 0,8$.

Результаты определения пропускной способности дороги оформляют в виде линейного графика пропускной способности и уровней загрузки отдельных участков дороги (рис. 6.1). 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.

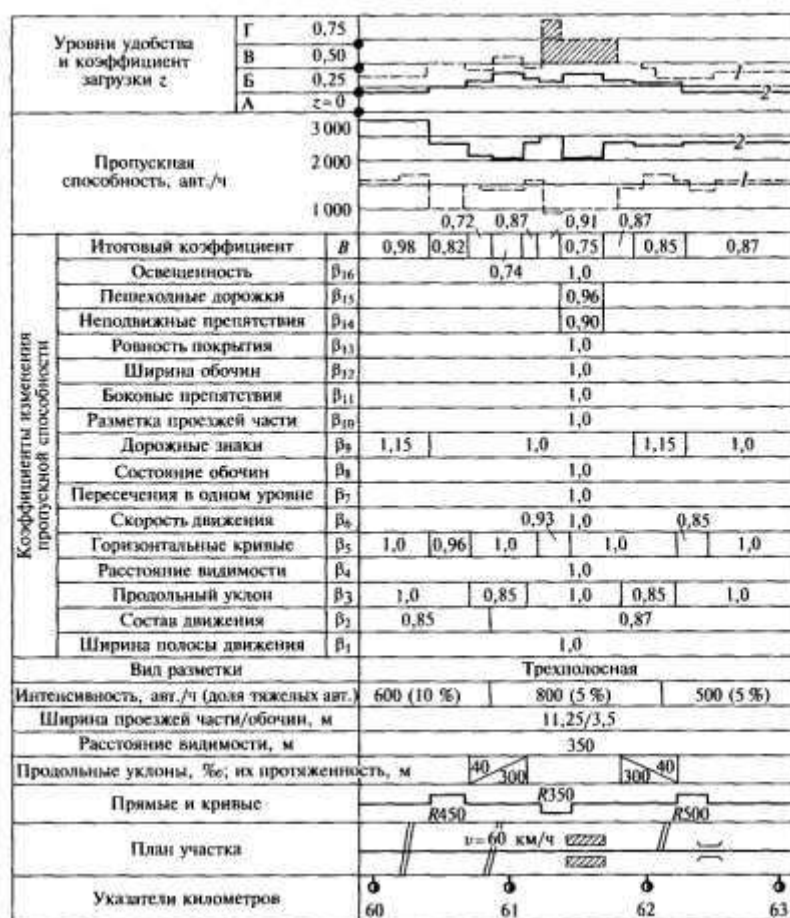


Рис. 6.1. Линейный график изменения пропускной способности и коэффициента загрузки дороги движением:

1 - двухполосная дорога до реконструкции; 2 - та же дорога после реконструкции в трехполосную

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

6.4. 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 натуральных 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 имитируются 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 транспортного 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 водителем 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 (рис. 6.2).

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.

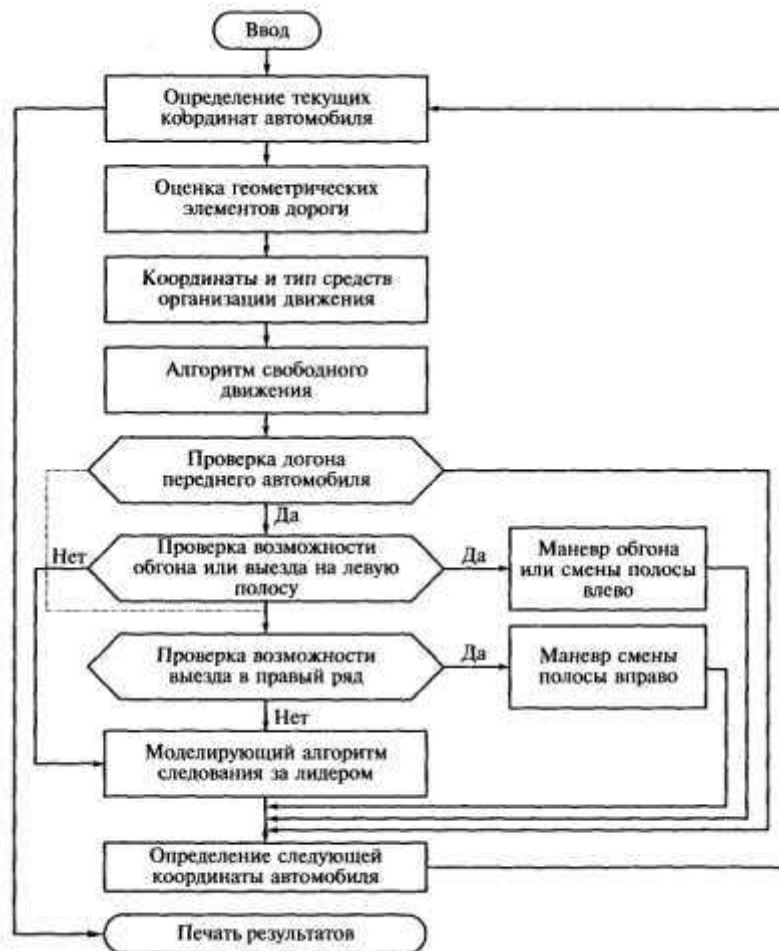


Рис. 6.2. Общий моделирующий алгоритм движения транспортного потока (смена полосы влево или вправо предусматривается только для многополосных дорог)

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. Учет наличия средств организации дорожного движения отражается в общем моделирующем алгоритме, приведенном на рис. 6.2.

Моделирование движения транспортных потоков позволяет:

учитывать все многообразие ситуаций, возникающих при движении транспортных потоков;

учитывать любые сочетания дорожных условий, наличие средств организации дорожного движения и оценивать их эффективность;

оценивать условия движения не только транспортного потока в целом, но и каждого из составляющих его автомобилей;

учитывать случайный характер изменения всех показателей, характеризующих движение транспортного потока и каждого автомобиля;

проводить исследование характеристик движения транспортных потоков в лаборатории с проверкой отдельных положений в реальных условиях движения по дороге с контролируемым или неконтролируемым экспериментом, что дает возможность:

значительно снижать затраты на эксперименты, проводить их более целенаправленно, без риска дорожно-транспортных происшествий;

разрабатывать методы статистического моделирования транспортных потоков для решения задач, которые не могут быть решены аналитическими методами;

значительно сокращать продолжительность проведения исследования и подготовки практических мероприятий по улучшению условий движения. Это особенно эффективно при сравнении вариантов проектируемых дорог с учетом движения транспортных потоков;

устанавливать основные характеристики транспортных потоков и давать им количественную и качественную оценку, а также уточнять постановку аналитических задач и проверять достоверность аналитических зависимостей;

получать более точные решения, чем при использовании методов теории массового обслуживания;

решать практические задачи с учетом экономико-математических моделей;

получать характеристики транспортного потока для большого протяжения дорог, измерение которых невозможно или очень затруднено в реальных условиях;

получать решения для дорог любых категорий и для любой точки дороги.

При анализе эффективности средств организации дорожного движения и оценке проектных решений с учетом экономико-математических методов комплексное использование ЭВМ позволяет выбирать оптимальные решения.

Контрольные вопросы

1. Как определяется предельно допустимая скорость движения автомобилей на кривых в плане и вертикальных кривых?
2. Как определяется средняя скорость транспортного потока на отдельном участке дороги?
3. Как определяется средневзвешенная скорость транспортного потока по всей дороге?
4. Насколько отличается средняя скорость движения легковых автомобилей транспортного потока от грузовых?
5. Какие параметры определяют пропускную способность дороги?
6. Как строится график изменения пропускной способности и изменения степени загрузки дороги движением?
7. Для каких целей и как производится моделирование на ЭВМ движения транспортного потока?

ОБСЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**7.1. Цели и задачи обследования автомобильных дорог**

Для обеспечения безопасного пропуска транспортных средств в любое время года большое значение имеет непрерывный контроль за состоянием автомобильной дороги, своевременное выявление конструктивных элементов и участков, требующих срочного ремонта, детальная оценка условий движения транспортных потоков разной плотности.

Для проведения этих работ необходимы комплексные планы обследования состояния автомобильной дороги, на основе которых разрабатывают мероприятия по улучшению условий движения.

Обследования являются составной частью всех видов работ, направленных на обеспечение высоких транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог.

По своему характеру обследования схожи с изысканиями автомобильных дорог, предусматривающими выбор размеров элементов дороги с учетом особенностей движения транспортного потока.

Результаты обследований служат исходным материалом для составления проектов организации дорожного движения, усиления дорожной одежды, реконструкции отдельных участков дорог и т. п.

Обследования следует выполнять очень тщательно и качественно, так как ошибочная информация может приводить к грубым ошибкам.

Обследования особенно важны в условиях ограниченного финансирования, так как они позволяют разработать наиболее экономичную и эффективную программу работ по улучшению условий движения и очередность этих работ.

Основной целью обследования автомобильных дорог является своевременное выявление участков, требующих улучшения условий дорожного движения, а также оценка состояния всех конструктивных элементов дорог.

При этом обследования могут быть направлены как на выбор простейших мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, так и на разработку рекомендаций по полной реконструкции автомобильной дороги.

При необходимости разработки оперативных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения обычно ограничиваются минимумом работ по обследованию дорог.

Разработка проекта реконструкции автомобильной дороги требует проведения весьма детальных обследований.

Обследования автомобильных дорог позволяют провести паспортизацию дороги;

разработать схемы расстановки знаков и нанесения разметки проезжей части, а также полного инженерного оборудования дороги; установить виды ремонтных работ и работ по содержанию дороги в разные периоды года; установить возможности пропуска тяжелых

автопоездов или негабаритных грузов; разработать проект капитального ремонта или реконструкции дороги либо отдельных ее элементов; провести установление соответствия элементов дороги требованиям современных нормативных документов.

Иногда ошибочным считается мнение о ненужности работы по обследованию дорог по причине хорошего знания состояния дорожниками, занимающимися эксплуатацией дорог, которое приводит к субъективным решениям при планировании работ по ремонту дорог.

Обследования являются необходимыми даже при проведении локальных работ, так как с их помощью оказывается возможным накопление материала, дающего объективное представление о тенденциях изменения качественного состояния элементов автомобильной дороги. Поэтому в задачу обследований входит не только получение данных о состоянии автомобильной дороги и ее элементов, но и накопление этих данных по годам.

Основными задачами обследований автомобильных дорог являются:

установление маршрута на дорожной сети, который не удовлетворяет требованиям возросшего движения; выявление ослабленных участков земляного полотна и дорожной одежды, требующих первоочередного ремонта;

выявление участков с плохим водоотводом и неудовлетворительной работой водопропускных сооружений;

выявление участков с плохой ровностью и низкими сцепными качествами дорожного покрытия;

выявление опасных участков на дороге и участков заторов;

установление уровня обслуживания проезжающих по дороге, ее архитектурных качеств;

установление соответствия дороги требованиям психофизиологии водителя;

оценка качества работы служб по содержанию дороги и организации дорожного движения.

7.2. Виды обследований автомобильных дорог

Обследования автомобильных дорог состоят из комплекса работ, разнообразных по сложности и методике выполнения.

Поэтому перед началом работ необходимо четкое определение цели обследований, установление состава и объема работ и планирование сроков их выполнения.

В зависимости от целей могут быть следующие виды обследований:

- оперативные, (например, на месте дорожно-транспортного происшествия);
 - текущие, выполняемые с целью оценки объема работ по содержанию дороги;
 - контрольные, выполняемые работниками ГИБДД МВД России и службы организации дорожного движения с целью предварительной оценки дорожных условий;
 - сезонные, выполняемые в разные периоды года с целью общей оценки состояния дороги;
 - частичные, выполняемые службой организации дорожного движения на отдельных элементах дороги;
 - комплексные, выполняемые специальной лабораторией или изыскательской группой с целью разработки проекта реконструкции, капитального ремонта дороги или пополнения банка данных об автомобильной дороге.

Проведение всех перечисленных видов обследований дороги должно быть соответствующим образом спланировано. Комплексные обследования автомобильных дорог, служащие также для накопления банка данных о состоянии всех элементов автомобильной дороги, целесообразно проводить не реже 1 раза в 5 лет.

Частичные обследования должны проводиться ежегодно с учетом результатов комплексных обследований, при которых могут быть выявлены опасные участки дороги.

При любом виде обследований различают подготовительный, полевой и камеральный периоды проведения работ.

Подготовительный период является наиболее ответственным, так как в этот период планируют виды работ по обследованию и уточнению сроков их выполнения. От тщательности проведения работ в подготовительный период зависит успех всего обследования.

В подготовительный период выполняют следующие работы:

- уточнение программы обследований, объема и сроков проведения работ;
- составление календарного графика проведения обследования;
- комплектование состава экспедиций; подготовка оборудования, проверка его состояния и тарировки;
- подготовка необходимых форм, журналов для полевых работ, сбор и обработка с соответствующим графическим оформлением метеорологических, проектных, картографических и паспортных данных по обследуемой дороге;
- сбор и анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях по материалам ГИБДД МВД России и службы организации дорожного движения;
- сбор, изучение и анализ данных об интенсивности движения и составе транспортного потока на дороге.

В зависимости от целей и вида обследований состав работ в подготовительный период может изменяться.

В *полевой период* непосредственно на обследуемой дороге выполняют следующие работы:

- изучение фактических режимов движения на дороге - измерение скорости движения на наиболее опасных участках или вдоль всей дороги, измерение фактической интенсивности движения и состава транспортного потока;
- определение размеров геометрических элементов дороги и в первую очередь расстояния видимости;
- выявление участков дороги, не отвечающих требованиям безопасности дорожного движения, и участков возможных заторов;
- обследование транспортно-эксплуатационных качеств дорожного покрытия, оценка ровности и сцепных качеств дорожного покрытия на всем протяжении маршрута или наиболее характерных участках;
- оценка прочности дорожной одежды, состояния водоотвода и водопропускных сооружений, обследование земляного полотна;
- оценка уровня транспортного шума и загазованности.

Полевые работы выполняют в два этапа: вначале во время рекогносцировочного проезда по дороге намечают места, требующие детальных обследований, затем проводят детальные обследования и инструментальные измерения.

В *период камеральной обработки* полевых материалов обобщают и анализируют результаты инструментальных измерений и визуальных наблюдений совместно с собранными в подготовительный период материалами.

Заполняют итоговые ведомости, составляют графики, выполняют полный анализ полученных в процессе обследований результатов и разрабатывают рекомендации по улучшению дороги и повышению безопасности дорожного движения.

Работы по обследованию дороги заканчивают оформлением научно-технического отчета, включающего в себя выводы и рекомендации, линейные графики ровности, скользкости, прочности дорожной одежды, коэффициентов аварийности, безопасности и степени загрузки дороги движением.

7.3. Организация работ по обследованию автомобильных дорог

Для выполнения большого объема трудоемких работ по обследованию дорог в установленные сроки необходима их четкая организация. Должны быть строго определены виды работ и их объем, состав экспедиции и наиболее целесообразные сроки проведения измерений по отдельным видам работ с учетом природно-

климатических особенностей района проложения дороги.

Основой проведения работ является календарный график работ.

При составлении календарного графика особое внимание должно уделяться планированию тех видов работ, выполнение которых необходимо приурочивать к периодам наиболее интенсивного движения. Так, например, для дорог с преобладающими сельскохозяйственными перевозками наибольшая нагрузка приходится на период посевной и уборки урожая, а на туристических маршрутах - на летний период.

Наиболее внимательно планируют работы по оценке прочности дорожной одежды, состояния земляного полотна и водоотвода. Такие работы необходимо проводить в сжатые сроки в период весеннего и осеннего переувлажнения. Особенностью их организации является то, что они должны выполняться не последовательно по протяжению дороги, а выборочно, в соответствии с возможными сроками наступления расчетного периода для каждого участка дороги в связи с условиями оттаивания. Очередность работ уточняют во время рекогносцировочного проезда вдоль дороги. При составлении графика работ учитывают возможность выезда в поле на 10 - 15 дней раньше срока наступления расчетного периода.

Менее жесткие ограничения в сроках проведения предъявляются к работам по оценке ровности и шероховатости дорожного покрытия, по измерению режима движения.

Однако при этом необходимо учитывать влияние сезона года на получаемые результаты. Анализ обустройства и озеленения дороги, приспособленности ее для туризма, сбор и анализ данных, характеризующих интенсивность, состав, безопасность дорожного движения, историю постройки дороги, климатические условия, сбор данных об уровне транспортного шума и загазованности воздуха могут быть выполнены в любое время года, удобное с точки зрения организации работ.

В соответствии с календарным планом и объемом работ, определяемым заданием по обследованию дороги, в состав экспедиции включаются высококвалифицированные водители-механики, операторы, хорошо знакомые с применяемым оборудованием, специалисты по организации дорожного движения и специалисты-дорожники с разносторонними знаниями и практическим опытом по выполнению всех предусмотренных программой работ.

Экспедицию возглавляет начальник экспедиции, который является ответственным исполнителем предусмотренных программой работ на всех этапах обследования.

В состав экспедиции входят также младшие научные сотрудники (инженеры), ответственные за выполнение отдельных видов работ:

анализ интенсивности движения и состава транспортного потока; расчет и измерение скоростей движения; оценку ровности и шероховатости дорожного покрытия; обследование состояния земляного полотна и водоотвода; оценку прочности дорожной одежды; оценку безопасности дорожного движения.

Весь состав экспедиции условно делят на две бригады: бригаду, анализирующую режим, условия и безопасность дорожного движения, и бригаду, в обязанности которой входит обследование земляного полотна, водоотвода и прочности дорожной одежды, измерение ровности и скользкости дорожного покрытия.

Первой бригаде выделяют один или два (в зависимости от сроков и объемов работ) легковых автомобиля-лаборатории, оборудованных приборами для оценки режима движения автомобилей;

второй бригаде - легковой автомобиль, оборудованный толчкомером, и автомобиль-лабораторию для измерения коэффициента сцепления, буровой агрегат для бурения дорожной одежды, смонтированный на грузовом автомобиле, и тяжелый грузовой автомобиль для оценки прочности дорожной одежды.

В состав каждой бригады входит необходимое число (в зависимости от объема работ) операторов-лаборантов.

В окончательно укомплектованном виде первая бригада состоит из трех младших научных сотрудников (инженеров), одного или двух водителей-механиков и трех операторов-лаборантов. В период проведения массовых измерений состав бригады по распоряжению начальника экспедиции пополняется сотрудниками за счет второй бригады. Это необходимо, например, при измерении интенсивности движения одновременно на большом числе створов. При этом состав бригады возрастает до 12-15 чел.

В состав второй бригады входят младшие научные сотрудники (инженеры), ответственные за обследование земляного полотна и водоотвода, прочности дорожной одежды, ровности и шероховатости дорожного покрытия.

Кроме того, в составе этой бригады находятся три водителя-механика и шесть операторов-лаборантов. Большой состав второй бригады по сравнению с первой объясняется трудоемкостью проведения работ в сжатые сроки. Рабочих, занятых на рытье шурфов, заделке буровых скважин в дорожном покрытии и других вспомогательных работах, предоставляют местные дорожные организации.

В процессе выполнения работ ежедневно в конце рабочего дня осуществляют обработку и анализ полученных за день материалов с необходимым графическим оформлением результатов дневных измерений.

Такая организация работ позволяет в случае недостоверных данных повторять измерения на следующий день. Особенно важно это при записи показаний приборов на осциллограф, так как результаты измерений можно оценивать только после обработки осциллограммы.

Окончательный анализ и обработку результатов измерений выполняют в камеральный период после окончания полевых работ.

При небольшом объеме работ по обследованию автомобильной дороги состав бригад может быть значительно уменьшен и включать в себя специалистов по решению ограниченного круга задач.

В оперативных обследованиях места дорожно-транспортных происшествий наряду с работниками ГИБДД МВД России должны принимать участие представители дорожной службы для оценки дорожных условий на месте происшествия.

При сезонных обследованиях создают комиссию, в которую кроме дорожников входят представители ГИБДД МВД России, анализирующие распределение дорожно-транспортных происшествий по сезонам года.

7.4. Методы инструментального контроля геометрических элементов автомобильных дорог

Необходимость в измерении параметров геометрических элементов автомобильных дорог возникает при первичных обследованиях, уточнении паспортных данных дороги до и после производства ремонтных работ, а также при оценке транспортно-эксплуатационных качеств дороги и других работах.

В процессе полевых измерений восстанавливают ось дороги, определяют ширину проезжей части и обочин, продольные и поперечные уклоны, радиусы кривых в плане и продольном профиле, высоту насыпей и глубину выемок, заложение откосов и другие параметры.

В случаях, когда требуется более обширная и полная информация об элементах дороги и дорожных сооружениях, выполняют топографическую съемку ситуации с оформлением соответствующей документации по ВСН 1 - 83 «Типовая инструкция по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования», утвержденному Минавтодором РСФСР 05.02.1982.

При проведении полевых измерений применяют стандартные геодезические приборы и инструменты, позволяющие определять параметры геометрических элементов с высокой точностью.

Бригада по проведению полевых измерений должна быть оснащена в полном объеме геодезическими приборами и инструментами (теодолиты, нивелиры, рейки, ленты, рулетки, металлические держатели для вешек, штыри, железные костыли или трубки с заостренными концами для забивки в дорожное покрытие при закреплении трассы, лопаты, лопаты, клинья, кувалды).

Для ограждения рабочих мест в соответствии с правилами безопасности при производстве работ бригада должна быть дополнительно оснащена переносными ограждениями, красными фонарями и стандартными переносными дорожными знаками.

Перед началом работ на проезжей части дороги с обеих сторон от места их производства устанавливают предупреждающие знаки «Дорожные работы» и переносные ограждения, перекрывающие полосу движения, на которой предстоит выполнение работ.

За движением автомобильного транспорта организуется непрерывное наблюдение в целях своевременного оповещения сотрудников об опасности.

Все необходимые приборы и оборудование по возможности следует располагать за пределами дорожного полотна. Автомобили, перевозящие людей и оборудование к месту производства работ, ставят на обочине, а при наличии съездов - на обреше за канавой.

При полном восстановлении трассы трассирование начинают с определения положения оси дорожного покрытия на прямых участках дороги и установления положения вершин углов.

Положение оси определяют несколькими промерами ширины земляного полотна с проезжей части с фиксацией осевых точек дороги вехами. Вехи, выставляемые таким образом, выравнивают по теодолиту в прямую линию.

При этом в случаях смещения трассы на отдельных, значительных по протяженности, участках настолько, что возникает необходимость уширения дорожной одежды с одной стороны при наличии изменений ширины с другой стороны, вводят дополнительные трассировочные углы.

Промер линии производят по бровке земляного полотна; в случае значительного разрушения бровки, а также при большой извилистости существующей дороги и частом чередовании закруглений малых радиусов - по оси проезжей части.

Пикетные точки и сторожки забивают на правой бровке дороги, считая по направлению хода пикетажа. На сторожках и в пикетажном журнале с точностью до 0,1 м указывают расстояние от точки, установленной на бровке, до оси для того, чтобы все последующие виды изыскательских работ могли быть привязаны к пикетажу трассы по оси.

Положение трассы фиксируют:

краской - на дорогах с усовершенствованными дорожными покрытиями;

штырями или заостренными трубками, забиваемыми вровень с поверхностью дорожного покрытия - на дорогах с дорожными покрытиями переходного типа;

деревянными кольями - на дорогах с дорожными покрытиями низкого типа;

краской на скальных обнажениях и отдельно расположенных крупных камнях - на горных дорогах.

Начало и конец трассы, как и весь промер линии, увязывают с существующими знаками километража. Рекомендуется совмещать направление промера линии с направлением существующего километража.

Все пикеты, кратные десяти, должны быть совмещены с положением существующих километровых знаков

на дороге. Нумерация их должна совпадать с номером километра, увеличенным в 10 раз. Если расстояние между двумя соседними километровыми знаками отличается более чем на 1 м, вводят рубленный пикет.

Промер линии и ведение пикетажного журнала производят в соответствии с Наставлением пикетажисту при изысканиях автомобильных дорог, утвержденным Союздорпроектом Минтрансстроя 28.09.1956.

Ширину проезжей части, ширину левой и правой краевых укрепленных полос, укрепленных и неукрепленных обочин (а на дорогах I категории и ширину разделительной полосы) измеряют на каждом характерном участке дороги, но не реже чем 1 раз на 1 км.

К характерным участкам относятся:

прямые участки в плане с одинаковой шириной проезжей части и укрепленных краевых полос, а при отсутствии краевых полос - участки дороги с одинаковой шириной проезжей части;

участки кривых в плане с радиусами кривых 200 м и более;

участки кривых в плане с радиусами кривых менее 200 м;

участки сужений проезжей части над трубами, в местах установки ограждений, парапетов, направляющих столбиков с шагом установки менее 10 м.

На месте измерения разбивают поперечник, местоположение которого заносят в журнал. Измерения с точностью до 0,1 м производят стальной лентой, рулеткой или курвиметром типа КП-203, который представляет собой колесо окружностью 1 м, установленное на вилке с ручкой и соединенное зубчатой передачей со счетчиком СО-59. До начала измерений с поверхности проезжей части, краевых укрепленных полос и укрепленных обочин очищают пыль и грязь для четкой видимости границы укрепления.

В тех случаях, когда из-за одинакового дорожного покрытия визуально невозможно выделение границы проезжей части и краевой укрепленной полосы или укрепленной обочины их размеры уточняют по данным проектной и исполнительной документации.

Ширину основной укрепленной поверхности дорожного покрытия при определении показателя влияния этой ширины на обеспеченность расчетной скорости движения вычисляют как сумму ширины проезжей части и краевых укрепленных полос.

Одновременно с измерением ширины проезжей части, краевых укрепленных полос и обочин в журнал измерений заносят данные о числе полос движения, типе и состоянии дорожного покрытия и поверхности обочины, а также о наличии разметки.

Для определения *продольных* и *поперечных* уклонов дорожного покрытия и обочин, заложения откосов земляного полотна, кюветов и выемок, ровности и ширины земляного полотна, основания и дорожного покрытия, толщины конструктивных слоев дорожной одежды применяют универсальную линейку (рис. 7.1).

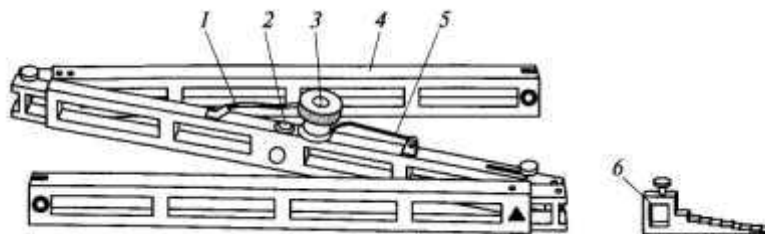


Рис. 7.1. Универсальная линейка:

1 - ручка; 2 - эклиметр; 3 - лимб измерительного устройства;

4 - двухшарнирный складывающийся трехметровый корпус;

5 - измерительное устройство с уровнем; 6 - клиновой шаблон

Универсальная линейка представляет собой двухшарнирный складывающийся трехметровый корпус 4, имеющий на боковой поверхности шкалу для измерения геометрических параметров, проградуированную в сантиметрах.

На верхней плоскости центральной части корпуса линейки расположено измерительное устройство 5 с уровнем для измерения продольных и поперечных уклонов.

Измерительное устройство имеет лимб 3, программированный в промилле. В средней части корпуса расположен эклиметр 2 для измерения заложения откосов насыпей и выемок, представляющий собой балансир со шкалой, проградуированной в уклонах.

На торце линейки закреплен клиновой шаблон 6 для определения ровности дорожного покрытия и измерения толщины конструктивных слоев покрытия. На верхней плоскости шаблона обозначена последовательно увеличивающаяся высота выступов в миллиметрах для определения просветов под рейкой. На нижней части шаблона нанесена шкала для измерения толщины конструктивных слоев дорожного покрытия, проградуированная в сантиметрах.

Радиус существующей кривой в плане при отсутствии документации может быть определен тремя способами.

По первому способу с помощью теодолита определяют угол поворота. Затем находят точки «Начало круго-

вой кривой» (НKK) и «Конец круговой кривой» (KKK) (рис. 7.2).

Радиус кривой определяют по формуле

$$R = \frac{180K}{\pi\alpha} = \frac{57,3K}{\alpha}, \quad (7.1)$$

где K - длина кривой, м; α - угол поворота дороги, °.

При длине кривой, определяемой не по оси дороги, а по кромке проезжей части, найденное значение радиуса уточняется:

$$R_k = R - 0,5B, \quad (7.2)$$

где R_k - уточненный радиус кривой, м; R - вычисленное значение радиуса, м; B - ширина проезжей части, м.

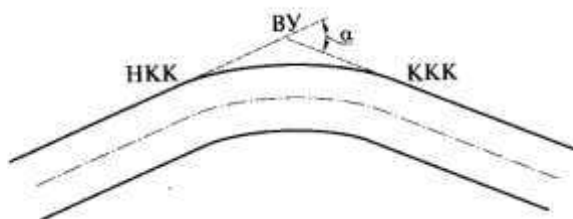


Рис. 7.2. Схема для определения радиуса кривой по длине кривой и углу поворота:

α - угол поворота дороги;

ВУ - вершина угла; НKK, КKK - соответственно начало и конец круговой кривой

По второму способу радиус кривой определяют путем измерения отрезка Z и хорды l_1 , стягивающей дугу окружности (рис. 7.3).

Хорду рекомендуется принимать равной длине мерной ленты (20 м). Радиус кривой в плане определяют по формуле

$$R = \frac{4Z^2 + l_1^2}{8Z}. \quad (7.3)$$

Как и по первому способу, при определении длин стрелки Z и хорды l_1 по кромке покрытия радиус кривой уточняется.

По третьему способу вначале определяют вершину угла поворота. Затем с помощью теодолита, установленного над точкой вершины угла, определяют угол поворота и длину отрезка биссектрисы, измеряемой мерной лентой или курвиметром от вершины угла поворота до середины проезжей части (рис. 7.4).

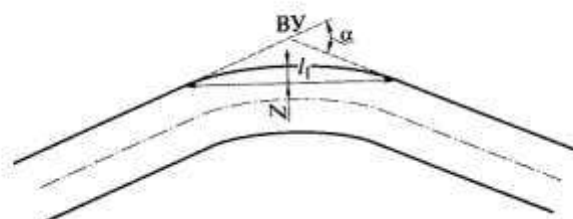


Рис. 7.3. Схема для определения радиуса кривой по хорде:
 l_1 - хорда; Z - отрезок; остальные обозначения см. на рис. 7.2

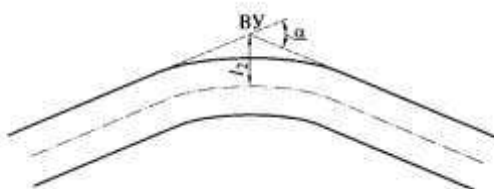


Рис. 7.4. Схема для определения радиуса кривой по биссектрисе:
 l_2 - длина отрезка биссектрисы от вершины угла до середины проезжей части; остальные обозначения см. на рис. 7.2

Радиус кривой определяют по формуле

$$R = \frac{l_2}{\sec(\alpha/2) - 1}, \quad (7.4)$$

где l_2 - длина отрезка биссектрисы от вершины угла поворота до середины проезжей части, м.

Для определения *расстояния видимости* используют геодезические приборы (теодолит, дальномер и дальномерные насадки).

При наличии чертежей плана и продольного профиля расстояние видимости может быть установлено графоаналитическими методами. В этом случае расстояние видимости в продольном профиле измеряют с помощью специального прибора (рис. 7.5). Прибор состоит из опорной плиты 1 и линейки 2, поворачивающейся вокруг точек A и B . На плите нанесена шкала расстояний 6 в масштабе 1:5000. На окружностях 5, имеющих центры в точках A и B , нанесены шкалы уклонов, дающие возможность внесения поправок на ошибки при измерении расстояний видимости, вызываемые тем, что вертикальный масштаб профилей в 10 раз превышает их горизонтальный масштаб. Поправку следует вводить при уклонах более 40 %:

Наклон линии видимости, %.....	40	50	60	70
Поправочный коэффициент.....	1,08	1,12	1,16	1,22

Расстояние OA на плите равно расстоянию OB и соответствует отложенной в масштабе 1:500 высоте расположения глаз водителя легкового автомобиля над поверхностью дороги (1,2 м). На поворотной линейке имеется так называемая линия видимости 3 и параллельные ей сплошные линии 4 - высоты встречного автомобиля (1,2 м) в масштабе 1:500.

Непосредственно на дороге расстояние видимости может быть оценено с помощью приборов, имеющих дальномерные приспособления.

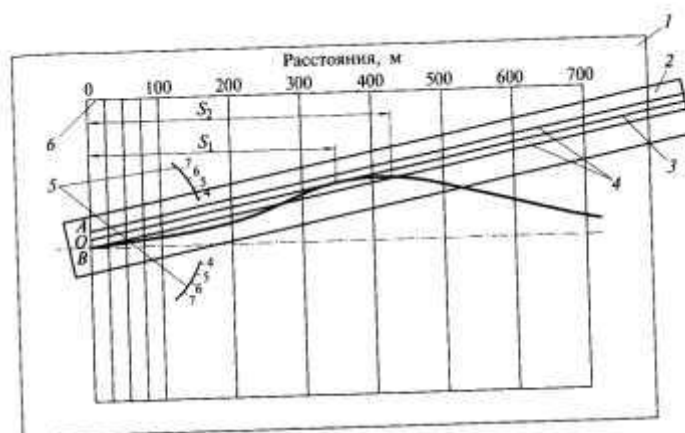


Рис. 7.5. Прибор для измерения расстояния видимости на основе продольного профиля дороги:

1 - опорная плита; 2 - линейка; 3 - линия видимости; 4 - высоты встречного автомобиля в масштабе 1: 500; 5 - окружности с центрами в точках A и B ; 6 - шкала расстояний в масштабе 1:5000;

S_1 - расстояние видимости поверхности дороги; S_2 - расстояние видимости встречного автомобиля

Наиболее простой метод измерения заключается в последовательной (через 25...50 м) проверке видимости при помощи приборов, имеющих дальномерные насадки.

Состав работ меняется в зависимости от того, проверяется видимость в плане или в продольном профиле. При определении видимости в плане рабочий инструмент устанавливают на крайней правой полосе движения на расстоянии 1,5...1,7 м от кромки проезжей части. Высоту инструмента выбирают из условий удобства работы и роста наблюдателя.

При определении видимости в продольном профиле высота инструмента принимается близкой 1,2 м - высоте положения глаз водителя.

Для определения геометрических элементов автомобильных дорог можно применять *наземную фотограмметрическую съемку*.

При этом для определения всех геометрических параметров дороги по стереоснимкам используют фототеодолиты (или спаренные аэрофотокамеры) и рейки, устанавливаемые вертикально на двух автомобилях.

С целью сокращения числа фотоснимков и объема фотограмметрической обработки при использовании обычной фототеодолитной съемки с каждой точки выполняют многократное фотографирование на одну фотопластину рейки, устанавливаемой последовательно в разных точках придорожной полосы.

Достоинством этих методов является также возможность изучения по перспективным фотоснимкам характеристик движения транспортных потоков.

При большом объеме работ по установлению размеров геометрических элементов, а также при паспортизации дорог применяют аэрофотосъемку и ходовые лаборатории.

Для измерения элементов плана и продольного профиля в *ходовых лабораториях* используют гироскопическое оборудование, достаточно точно регистрирующее траекторию перемещения центра тяжести автомобиля в пространстве. Автомобиль-лаборатория позволяет непрерывно регистрировать следующие элементы автомобильной дороги: протяженность, углы поворота трассы; радиусы кривых в плане; продольный уклон на отдельных участках; радиусы вертикальных кривых; поперечный уклон дорожного покрытия.

Существуют два метода определения радиуса кривой в плане или вертикальной кривой, основанных на применении гироскопической аппаратуры.

Первый метод заключается в определении соотношения угловой скорости ω и линейной скорости v . Мгновенное значение радиуса кривизны

$$R_v = v/\omega. \quad (7.5)$$

При использовании ходовой лаборатории линейную скорость v определяют с помощью бесконтактного тахогенератора переменного трехфазного тока. Угловую скорость ω определяют гироскопическим датчиком угловой скорости.

Второй метод заключается в определении угла поворота продольной оси автомобиля γ в поперечной плоскости (для кривых в плане) и в вертикальной плоскости (для вертикальных кривых). Этот угол является углом поворота трассы. Радиус кривой рассчитывают по формуле

$$R_\gamma = \frac{57,35S}{\gamma}, \quad (7.6)$$

где S - пройденный путь, м.

Углы γ определяют гирополукомпасом, направление измерительной оси которого всегда остается постоянным и ориентированным параллельно первоначальной установке.

Универсальным методом установления геометрических элементов автомобильных дорог является *аэрофотосъемка*.

С помощью крупномасштабной аэрофотосъемки, выполняемой с вертолетов, можно получить как характеристики движения транспортных потоков, так и размеры геометрических элементов, состояние проезжей части, обочин, съездов, пересечений и др.

Для определения размеров геометрических элементов обследуемой дороги наиболее целесообразно использование аэрофотосъемки крупного масштаба от 1: 500 до 1:200.

При этих масштабах точность определения всех геометрических элементов составляет 1...2%.

Применение аэрофотосъемки и ходовых лабораторий целесообразно при полном отсутствии данных о геометрических элементах дорог, а также при выполнении изыскательских работ с целью реконструкции существующей автомобильной дороги.

7.5. Обследование состояния земляного полотна и водоотвода

Геометрические размеры поперечного профиля земляного полотна, его состояние и обеспеченность отвода поверхностного стока с проезжей части оказывают большое влияние на безопасность и режим движения автомобилей.

Обследование проводят на всем протяжении дороги с целью общей оценки устойчивости земляного полотна, состояния его откосов и разработки конкретных мероприятий, обеспечивающих нормальную работу земляного полотна.

Работы по *обследованию земляного полотна* включают в себя сбор данных о состоянии обочин, откосов, водоотвода. Для этого определяют размеры земляного полотна, поперечные уклоны, прочностные и деформационные характеристики грунтов земляного полотна, их гранулометрический состав, степень уплотнения и влажность активной зоны, состояние водоотвода, глубину залегания грунтовых вод, оценивают состояние обочин, откосов и т.д.

Особое внимание уделяют участкам, подверженным пучинообразованию. Полученные данные сопоставляют с общими требованиями к земляному полотну, установленными нормативными документами.

Правильность геометрического очертания земляного полотна оценивают на каждом пикете и плюсовой точке путем снятия поперечного профиля на 20 м от оси в каждую сторону дороги. Для съемки также выбирают наиболее характерные участки (высокие насыпи, выемки, кривые в плане, населенные пункты, болота и т.п.).

На горных дорогах поперечный профиль снимают на кривых в плане, где необходимы срезки грунта для обеспечения достаточного расстояния видимости. Поперечные профили вычерчивают в масштабе 1:100 и указывают уклоны обочин, проезжей части и крутизну откосов.

При обследовании обочин определяют их ширину, поперечный уклон, ровность, разность отметок кромок проезжей части и обочины, степень обеспечения водоотвода, степень уплотнения, наличие укрепления.

Результаты обследований сводят в ведомость или заносят в линейный график.

Крутизну откосов и отметки земляного полотна анализируют по вычерченным поперечникам.

При обследовании земляного полотна оценивают состояние съездов и пересечений с дорогами местного значения, фиксируют наличие и длину их укрепления.

При анализе грунта земляного полотна определяют гранулометрический состав, физико-механические ха-

рактические и степень уплотнения грунта, абсолютную и относительную влажность, положение уровня грунтовых вод.

Обследования грунтов выполняют в два этапа: полевой и лабораторный. При полевых обследованиях осуществляют визуальный осмотр грунтов земляного полотна на обочинах и откосах, для отбора проб грунта и определения его плотности и влажности закладывают шурфы глубиной до 2,5 м и буровые скважины. В лаборатории определяют гранулометрический состав грунта, его влажность, оценивают степень уплотнения грунта.

Грунты обследуют во всех характерных местах продольного профиля и на пучинистых участках в местах бурения скважин. Шурф или буровую скважину при детальном обследовании закладывают на каждом пикете с каждой стороны проезжей части вплотную к ее кромкам. Разрез шурфов вычерчивают в масштабе 1:20 или 1:25 с указанием всех слоев дорожной одежды, характерных слоев земляного полотна и уровня грунтовых вод.

Важным этапом обследования земляного полотна является оценка прочности его грунта. Прочность грунта характеризуется модулем упругости, определяемым в наиболее неблагоприятный период года - период весеннего оттаивания грунта. Продолжительность этого периода обычно невелика и не превышает 1 - 1,5 недели, поэтому очень важно оперативно выполнить работы в указанный период.

Модуль упругости грунтов земляного полотна определяют пробным нагружением штампа при помощи передвижного пресса. В процессе измерения к штампу прикладывают нагрузку несколькими ступенями, которые остаются неизменными до конца испытания. Обычно принимаются следующие ступени: 4; 8; 12; 16; 20; 24; 28 кН.

Для каждой ступени вычисляют давление $p_{уд}$. Относительную упругую деформацию λ определяют по показаниям двух мессур (приборов для измерения линейных перемещений и деформаций):

$$\lambda = l_{cp}/D, \quad (7.7)$$

где l_{cp} - деформация грунтов (изменение положения штампа), м; D - диаметр штампа.

По данным измерений строят графики зависимости относительной деформации от давления подошвы штампа на грунт при нагружении и разгрузке.

По этому графику находят значения расчетной относительной упругой деформации, а затем вычисляют модуль упругости грунта

$$E = \frac{\pi}{4} \frac{p(1-\mu^2)}{\lambda}, \quad (7.8)$$

где $\pi/4$ - поправочный коэффициент, учитывающий жесткость штампа; $p = p_{нагр} - p_{разгр}$; $p_{нагр}$, $p_{разгр}$ - давление штампа на грунт соответственно при нагружении и после разгрузки, Па; μ - коэффициент Пуассона для грунта, $\mu = 0,35$; λ - относительная упругая деформация.

Полученные при обследовании дороги значения модуля упругости грунта записывают в таблицу, в которой также регистрируют отметки земляного полотна и состояние водоотвода.

По этим данным строят линейный график прочности дорожной одежды по всей длине обследуемой дороги.

При оценке условий водоотвода и водного режима в первую очередь обследуют вид растительности на придорожной полосе. Наличие влаголюбивых трав и кустарников указывает на высокий уровень грунтовых вод и плохой водоотвод (наличие застоя воды).

Во время оценки водоотвода проверяют возвышение бровки земляного полотна над источниками увлажнения, состояние боковых и нагорных канав, состояние дренажных устройств и водопропускных сооружений.

Рекомендуется обследовать водоотвод сразу после сильного дождя. Обследования выполняют в основном визуально при обходе или проезде на автомобиле с малой скоростью. При съемке геометрических параметров водоотводных сооружений используют геодезические приборы.

Большое влияние на условия водоотвода оказывает уровень грунтовых вод, положение которого определяют путем ручного бурения. Иногда положение уровня грунтовых вод можно определить по уровню воды в колодцах. Однако при быстроте метода он не отличается точностью.

На основе выполненных обследований разрабатывают мероприятия по повышению устойчивости земляного полотна, ликвидации пучинистых мест, обеспечению возможности безопасного съезда автомобиля с дороги.

7.6. Оценка прочности дорожной одежды и состояния дорожного покрытия

Важной характеристикой транспортного состояния автомобильной дороги является *прочность дорожной одежды*. В зависимости от прочности дорожной одежды решается вопрос организации грузовых перевозок.

Внимательное изучение прочности дорожной одежды является основой разработки мероприятий по поддержанию высокой несущей способности дорожной одежды.

Работы по обследованию состояния дорожных одежд состоят из трех периодов: подготовительного, полевого и камерального.

Во время подготовительного периода собирают данные, характеризующие земляное полотно, интенсивность движения и состав транспортного потока во взаимной увязке с конструктивными особенностями дорожной одежды для всего маршрута.

При этом используют проектные материалы по обследуемой дороге; данные о грунтах земляного полотна,

конструкции дорожной одежды; принятые при расчете дорожной одежды значения модулей упругости грунтов земляного полотна и отдельных

конструктивных слоев дорожной одежды, а также значения эквивалентных проектных модулей упругости всей дорожной одежды; разрезы дорожной одежды; материалы, освещающие историю, время постройки дороги и время проведения ремонтных работ; данные об участках, подверженных пучинам; результаты обследования земляного полотна.

На основе материалов, полученных в подготовительный период, организуют рекогносцировочный проезд вдоль дороги, намечают места бурения и испытания прочности дорожной одежды, частоту проведения измерений и выбор методов оценки прочности.

Наиболее трудоемкий этап - полевой период при выполнении работ по бурению и измерению прочности дорожной одежды.

Основой для выбора места бурения служат дефектные ведомости, составляемые при детальном обследовании состояния дорожного покрытия.

При этом важнейшими критериями являются виды дефектов дорожного покрытия и степень его разрушенности, условия работы дорожной одежды (толщина, тип основания, тип местности по характеру увлажнения, грунты земляного полотна, расположение в плане и профиле). Бурение осуществляется на глубину до 1 м с целью установления фактической толщины каждого слоя дорожной одежды.

Образцы материалов отдельных слоев дорожной одежды направляются в лабораторию для детального анализа. По результатам бурения в зависимости от гранулометрического состава, качества и состояния материала в отдельных слоях дорожной одежды оценивают модуль упругости грунта.

Полученные в процессе промера скважин толщины конструктивных слоев и вычисленные модули упругости каждого слоя позволяют определить по формулам теории прочности нежестких дорожных одежд фактический эквивалентный модуль деформации всей дорожной одежды в рассматриваемом поперечном профиле.

Полученный расчетом модуль упругости грунта может быть принят ориентировочно за показатель фактической прочности дорожной одежды.

Более точное значение прочности дорожной одежды получают путем непосредственных измерений на дороге в полевых условиях.

Определенный по данным измерения модуль упругости грунта записывают в линейный график дорожной одежды. Затем вычисляют коэффициент запаса прочности дорожной одежды

$$k_z = E_{\phi} / E_{тр}, \quad (7.9)$$

где E_{ϕ} - фактический эквивалентный модуль упругости, показывающий фактическую прочность дорожной одежды; $E_{тр}$ - требуемый эквивалентный модуль упругости, характеризующий требуемую по фактическому составу и интенсивности движения прочность дорожной одежды.

По значению k_z рассчитывают необходимое усиление дорожной одежды. При этом анализируют изменение коэффициента k_z по длине дороги, выделяют участки с $k_z > 1$; $k_z = 1$; $k_z < 1$.

Для каждого участка проверяют уменьшение коэффициента запаса прочности дорожной одежды, определяя изменение грузонапряженности дороги по сравнению с проектной.

Наряду с прочностью дорожной одежды большое влияние на транспортные качества дороги оказывает состояние дорожного покрытия. При обследованиях дорог состояние дорожного покрытия оценивают по его ровности, сцепным качествам и шероховатости.

Ровность дорожного покрытия измеряют толчкоммером, прибором типа ПКРС, рейками разных типов, акселераторами, акселерографами и др. (см. подразд. 4.2). Наиболее широко для оценки ровности дорожного покрытия используют толчкоммер.

Перед выездом на дорогу подбирают необходимую документацию, проверяют исправность толчкомера, предварительно тарируют толчкоммер на специальном тарировочном участке с заранее известной ровностью дорожного покрытия, проверяют правильность работы спидометра. Вес автомобиля должен сохраняться постоянным в продолжении всех измерений. Необходимо внимательно проверять состояние шин и давление в них, которое должно быть 0,2 МПа.

Полевые измерения выполняют во время проезда автомобиля с установленным на нем толчкоммером при определенной постоянной скорости движения по обследуемому участку дороги. По каждой полосе движения делают не менее двух проездов, а при наличии расхождения в полученных данных и третий проезд - выборочно по участкам, для которых показания толчкомера после двух проездов имеют расхождение более 10 %.

В состав бригады по измерению ровности дорожного покрытия входят водитель автомобиля и два оператора.

Один оператор ведет наблюдение за счетчиком спидометра, своевременно снимает отсчет при проезде створа километрового столба и сообщает второму оператору цифры отпечатанного на ленте отсчета.

В обязанность второго оператора входит контроль скорости движения по секундомеру, вычисление разности последовательных отсчетов с занесением ее в ведомость и регистрация в ведомости случаев отступления от движения с постоянной скоростью (обгон, торможение, вынужденная остановка и т.п.), а также запись на основании визуальной оценки состояния дорожного покрытия.

В связи с трудностью ведения записи в движущемся с большой скоростью автомобиле рекомендуется использование портативного магнитофона или диктофона, на который продиктовывается вся необходимая информация.

Ровность дорожного покрытия измеряется в период наименьшей интенсивности движения на дороге при скорости (50 ± 2) км/ч. При невозможности выдерживания требуемой скорости движения показания толчкомера следует умножить на поправку:

Скорость движения, км/ч	30	40	50	60	70	80
Поправочный коэффициент ...	1,1	1,05	1	0,95	1,1	1,15

По результатам измерений строят линейный график показателя ровности дорожного покрытия (рис. 7.6). Данный график является основой для выбора мероприятий по улучшению ровности дорожного покрытия.

Применение металлических или деревянных реек целесообразно только при оценке ровности участков дорог незначительной протяженности (участки с выбоинами, пучинами, просадками над водопропускными сооружениями, келейностью и т.п.). При использовании реек ровность дорожного покрытия оценивают по зазору между нижней кромкой рейки и поверхностью покрытия. Допускаемые отклонения по ровности дорожного покрытия при измерениях трехметровыми рейками должны соответствовать требованиям табл. 7.1. Основной характеристикой *степени скользкости* дорожных покрытий является *коэффициент сцепления*. Косвенной оценкой скользкости служит шероховатость поверхности дорожного покрытия.

Коэффициент сцепления определяют с помощью динамометрических тележек или портативных приборов, а также по длине тормозного пути (см. подразд. 4.3). Наиболее точные значения получают при использовании динамометрических прицепов. Измерения динамометрическими прицепами выполняют, как правило, на участках дорог большой протяженности при скорости (60 ± 5) км/ч.

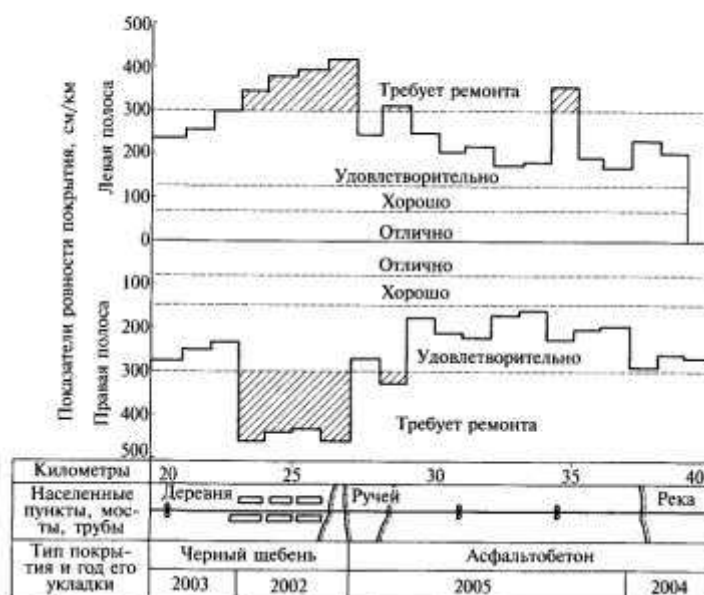


Рис. 7.6. Линейный график измерения ровности дорожного покрытия

Таблица 7.1

Оценка ровности дорожного покрытия	Количество просветов не более 3 мм, %	Допускаемое количество просветов свыше 5 мм, %	Максимальный допускаемый просвет, мм
Отлично	95	1	7
Хорошо	90	2	8
Удовлетворительно	80	5	10

Таблица 7.2

Средняя длина тормозного пути, м	Коэффициент продольного сцепления ϕ_1	Средняя длина тормозного пути, м	Коэффициент продольного сцепления ϕ_1	Средняя длина тормозного пути, м	Коэффициент продольного сцепления ϕ_1
5,8	0,76	9,2	0,48	13	0,34
6,1	0,72	10	0,44	14,7	0,3
7,9	0,64	11	0,4	16,9	0,26
8,5	0,52	12,2	0,36	20	0,2

При отсутствии динамометрических прицепов степень скользкости дорожного покрытия оценивают методом торможения автомобиля на мокром дорожном покрытии.

Для ускорения определения коэффициента сцепления используют данные, приведенные в табл. 7.2.

Измерения тормозного пути выполняют на прямых горизонтальных участках дороги при отсутствии сильного ветра и закрытии движения на участке измерений. Автомобиль должен иметь шины с неизношенным рисунком протектора и отрегулированную тормозную систему, обеспечивающую одновременное и полное затормаживание всех колес.

Спидометр должен быть откалиброванным и обеспечивающим возможность определения скорости движения с точностью до ± 5 км/ч. Автомобиль на участке торможения разгоняют до скорости 40 км/ч и резко тормозят. Длину тормозного пути измеряют рулеткой по следу на поверхности дорожного покрытия. Большую точность измерений обеспечивает автомобиль, оборудованный пистолетом-ракетницей, который заряжается краской или порошком (сухой краской). Пистолет-ракетницу связывают с педалью тормоза. При нажатии на педаль вызывается выстрел, и на проезжую часть наносится отметка, фиксирующая начало тормозного пути. Итоговым документом оценки скользкости дорожного покрытия является линейный график коэффициентов сцепления.

Шероховатость поверхности дорожных покрытий измеряют методом песчаного пятна или портативными микропрофилографами. В первом случае отпадает необходимость в применении какого-либо специального оборудования.

Целесообразно все линейные графики, характеризующие состояние дорожного покрытия, располагать один под другим. В этом случае облегчаются анализ состояния дорожного покрытия и планирование необходимых мероприятий.

Как правило, мероприятия по улучшению ровности дорожного покрытия одновременно повышают коэффициент сцепления и степень шероховатости поверхности дорожного покрытия.

Для дорог высших категорий создают банк данных состояния дорожного покрытия с применением ЭВМ. На магнитную ленту или диски ЭВМ фиксируют значения измеренных коэффициентов сцепления и показателей ровности дорожного покрытия. Дорожное покрытие наиболее важных маршрутов фотографируют сверху на пленку, по результатам просмотра которой принимают решение о проведении необходимых мероприятий по улучшению дорожного покрытия.

Для комплексной оценки состояния дорожного покрытия в ряде стран используют специальный прицепной прибор. Характерной особенностью конструкции прибора является наличие большого числа измерительных колес. Такой прибор позволяет одновременно оценивать поперечный уклон проезжей части, наличие выбоин, глубину колеи и т.п.

7.7. Оценка архитектурных качеств автомобильной дороги и обслуживания проезжающих

Большое влияние на безопасность и удобство движения оказывают архитектурные качества автомобильной дороги. Благоприятный ландшафт, плавная трасса и хорошие архитектурные качества дороги не вызывают переутомления водителей, тем самым способствуя предупреждению дорожно-транспортных происшествий. Под архитектурными качествами дороги понимается:

соблюдение требований к сочетанию элементов трассы в пространстве в отношении ее плавности и ясности направления для водителя, удобства и безопасности дорожного движения;

создание систем зрительных ориентиров, которые позволяют водителям предвидеть на большом расстоянии, в том числе за пределами видимости, изменение направления дороги и дорожных условий, выбрать безопасный режим движения;

вписывание дороги и всех ее элементов в ландшафт для улучшения удобства движения, раскрытия красоты окружающей местности;

дополнение и улучшение ландшафта озеленением, оборудованием и оформлением дороги.

Все элементы автомобильной дороги - проезжая часть, мосты и путепроводы, линейные здания, зеленые насаждения, оформление, обстановка пути - составляют единый архитектурный ансамбль.

Дорожный ландшафт должен быть разнообразным для предупреждения появления «дорожного гипноза», при котором резко снижается активность водителя и появляется сонное состояние, приводящее к аварийной ситуации. В то же время в оформлении каждой дороги необходимо соблюдение единого стиля.

При движении по дороге в поле зрения водителя в каждый момент времени попадают участки дороги определенной линии, обычно отличающиеся своими архитектурными качествами. В связи с этим дорога разделяется на участки с едиными архитектурными качествами, которые называются *архитектурными бассейнами*.

Границами архитектурных бассейнов являются заметные выпуклые переломы продольного профиля, границы разных ландшафтов, совпадающие с населенными пунктами или мостовыми переходами, отдельные глубокие выемки, крупные мостовые переходы, резкие повороты трассы в плане. Длина архитектурных бассейнов соответствует участку дороги, проходимому автомобилем, который движется с расчетной скоростью в течение 3...5 мин, и составляет для дорог I категории 10...16 км, для дорог II, III категорий - 8...10 км, для дорог IV, V категорий - 6...8 км.

Для обеспечения соответствия дороги, представляющей собой единый архитектурный ансамбль, гармонично вписанный в ландшафт при обязательном обеспечении расчетной скорости и безопасности дорожного движения, высоким эстетическим требованиям в ее создании наряду с работниками дорожной службы должны принимать участие и специалисты по архитектурно-ландшафтному проектированию.

При обследовании автомобильных дорог с точки зрения ее архитектурно-ландшафтных качеств оценивают: трассу дороги и поперечные профили земляного полотна; размещение и состояние монументального оформления дороги; состояние и внешний вид, а также степень архитектурной выразительности мостовых переходов, путепроводов и пересечений в разных уровнях; состояние и внешний вид зданий и сооружений дорожной службы, зданий и сооружений обслуживания движения, их размещение; декоративные качества озеленения, породы, возраст и состояние древесной и кустарниковой растительности в придорожной полосе шириной 50 м в каждую сторону; снегозащитные, пескозащитные и укрепительные качества озеленения.

Основным документом, подготавливаемым по результатам оценки архитектурно-ландшафтных качеств автомобильной дороги, является линейный график архитектурного состояния (рис. 7.7).

На этом графике отражены основные архитектурные показатели дороги: архитектурные бассейны, их характеристики, отличие друг от друга, элементы разграничения, доминирующие элементы внутри каждого бассейна.

Кроме того, на линейном графике архитектурного состояния дороги показывают сокращенный продольный профиль, основные размеры прямых и кривых в плане, главные элементы придорожного ландшафта, леса, пересекаемые дороги, реки, мосты, наиболее заметные здания, автозаправочные станции, автобусные остановки, пересечения, постоянные посты ГИБДД МВД России, расположение монументов, памятников и др.

Анализ линейного графика архитектурного состояния дороги в сочетании с визуальным осмотром дороги позволяет установить недостатки архитектурного плана и наметить необходимые мероприятия по их устранению.

Трасса автомобильной дороги должна плавно вписываться в окружающий рельеф, обеспечивать хорошее обозрение живописных мест, гармоничность и красоту расположения самой дороги на местности. Для этого в холмистой местности и в лесу при обследовании дороги намечают места расчистки леса, устройства специальных лужаек или вырубок длиной 70...150 м в зависимости от расчетной скорости движения.

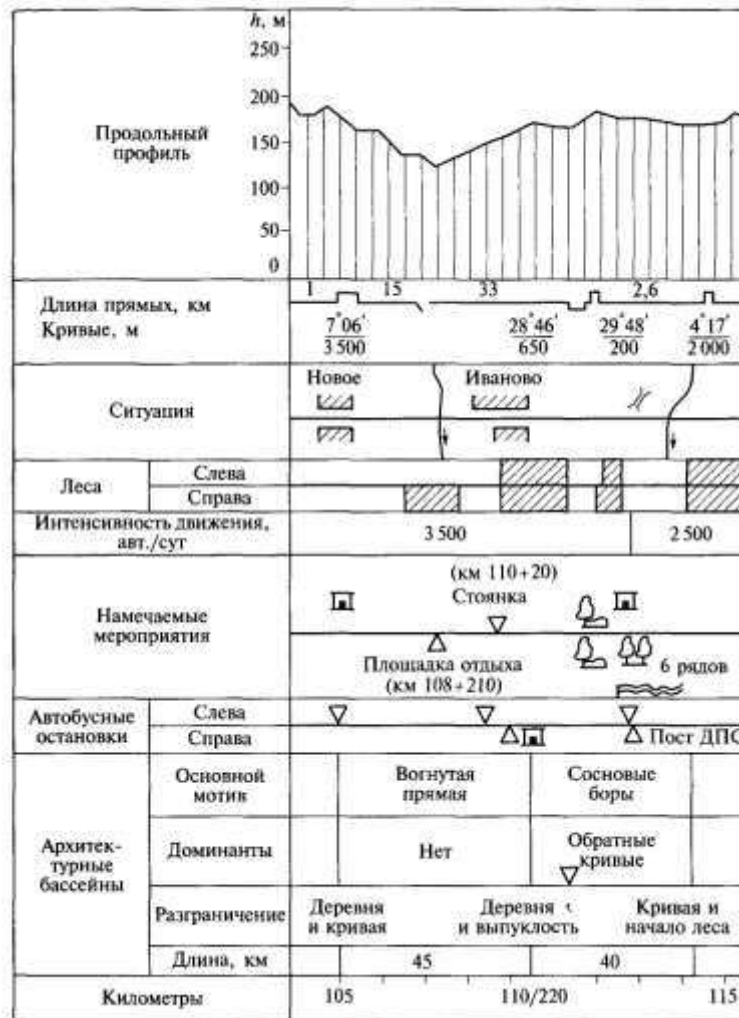


Рис. 7.7. Линейный график архитектурного состояния автомобильной дороги

Детально оценивают эффективность использования существующей растительности в пределах полосы отвода и ее состояние.

Эффективность *снегозадерживающих посадок* устанавливают путем осмотра и наблюдений в зимний период, опроса дорожников, обслуживающих дорогу, а также анализируют материалы дорожно-эксплуатационной службы.

Для оценки снегозащитных и укрепительных качеств придорожного озеленения используют следующие показатели:

данные об эффективности работы посадок за последние 3 - 5 лет;

возраст и состояние деревьев и кустарников;

плотность и размеры всей полосы посадок;

ориентировочный прогноз снегозащитной работы зеленых насаждений на последующие 10 лет.

Выявляют также засоренность полосы сорняками и заражение прилегающих сельскохозяйственных угодий сорняками и сельскохозяйственными вредителями.

Декоративные качества придорожной растительности оценивают по степени воздействия на водителей, на траектории и режим движения, а также по эстетическим показателям.

Одной из важнейших задач обследования автомобильных дорог является разработка мероприятий по улучшению придорожного ландшафта. Для этого фиксируются местоположение существующих деревьев и групп кустарников, схема их расположения, расстояние от проезжей части, породы и возраст деревьев и кустарников.

Вместе с тем при обследовании может ставиться задача разработки мероприятий по озеленению дороги в связи с изменением ее трассы. В результате обследования составляют перечень существующих деревьев на придорожной полосе или вдоль новой трассы, которые необходимо сохранить при выполнении работ по реконструкции дороги или ее капитальному ремонту. На таких деревьях с северной стороны делают пометки масляной краской.

Важное место при обследовании автомобильных дорог занимает *оценка обслуживания проезжающих по*

дороге - наличие и оборудование автобусных остановок, стоянок, площадок отдыха, столовых, мотелей, автозаправочных станций и т.п.

Существующие здания и сооружения обслуживания отмечают в специальной ведомости или на линейном графике дороги, где фиксируют их местоположение, удаление от проезжей части, размеры участка земли, вместимость и размеры стоянок автомобилей, число съездов на стоянку, наличие переходно-скоростных полос, наибольшее число автомобилей, наблюдавшееся на стоянке.

Выявляют места наиболее частых остановок автомобилей вдоль дороги (вблизи столовых, магазинов, гостиниц и ресторанов). В этих местах должна быть предусмотрена стоянка с покрытием капитального типа. Отмечают наличие элементов благоустройства существующих стоянок и рассматривают возможность их расширения на большее число автомобилей.

На международных, туристических и курортных маршрутах вне крупных городов должны быть построены мотели, представляющие собой гостиницы для автомобилистов, оборудованные стоянкой для автомобилей, автозаправочной станцией и пунктом питания (ресторан или столовая).

Для этого необходима территория размером 7...12 га. Около таких гостиниц устраивают автобусные остановки.

Потребное число мест для стоянки автомобилей возле мотелей, в которых имеется m_ϕ посадочных или спальных мест, определяют по формуле

$$q_{cm} = \frac{\beta m_\phi T}{a(1 + \delta)t}, \quad (7.10)$$

где β - коэффициент запаса, $\beta = 1,06...1,2$; T - период работы предприятия, ч;

a - средняя загрузка автомобилей каждого типа людьми; δ - показатель учета местной клиентуры, т.е. доля клиентуры, не пользующейся в данный момент автомобилем, отн. ед.;

t - суммарная длительность периода наибольшей загрузки предприятия, ч.

Площадки отдыха на дорогах общего пользования устраивают через 8...25 км, но не ближе 10 км от крупных городов, областных и республиканских центров, не ближе 1 км от ближайшей деревни. Площадки, располагаемые на обрезах, оборудуют двумя съездами (въезд и выезд), их отметки не должны отличаться от уровня проезжей части дороги более чем на 0,5...1 м.

Площадку отделяют от дороги посадками шириной 8...15 м и оборудуют столом, скамьями, навесом, мусоросборником и замаскированным посадками туалетом.

Среднее расстояние между площадками отдыха, км, может быть определено по формуле

$$X_{cp} = \frac{66,4 v_p q}{N_c t_{ct}}, \quad (7.11)$$

где v_p - расчетная скорость движения, км/ч; q - среднее число мест на стоянке площадки отдыха; N_c - среднегодовая интенсивность движения, авт./сут; t_{ct} - средняя продолжительность пребывания автомобилей на стоянке, ч.

Обследуется также *расположение автобусных остановок*. Совместно с представителями автобусного предприятия оценивается перспективная потребность в автобусных остановках.

С архитектурной и информационной точек зрения важно четкое оформление *въезда в город*, которое должно быть видимым издали.

Комплексное обследование архитектурных качеств дорог и уровня обслуживания проезжающих позволяет разрабатывать наиболее эффективные мероприятия по повышению удобства движения, а также качества обслуживания проезжающих.

7.8. Оценка инженерного обустройства автомобильных дорог

Под инженерным обустройством автомобильной дороги понимают комплекс средств, обеспечивающих организацию и безопасность дорожного движения: дорожные знаки, разметку проезжей части, указатели направлений движения, ограждения, направляющие столбики.

Безопасность дорожного движения в значительной степени определяется степенью продуманности применения всех элементов инженерного обустройства автомобильной дороги. Поэтому внимательная оценка эффективности и сбор данных о существующей на дороге системе расстановки знаков и схем разметки имеют большое значение для разработки практических мероприятий по улучшению условий движения.

При оценке инженерного обустройства дорог работы выполняют в три этапа:

сбор данных по фактическому инженерному обустройству;

камеральная обработка наблюдений и разработка усовершенствованной схемы инженерного обустройства с использованием линейных графиков скоростей движения, коэффициентов аварийности и безопасности;

анализ собранных данных и рекомендаций после повторного проезда по дороге.

Наиболее важными и трудоемкими являются сбор данных о расстановке дорожных знаков и разработка рекомендаций по совершенствованию схемы их расстановки.

Данные о фактической расстановке знаков собираются либо в процессе изысканий (пикетажистом), либо при проезде на автомобиле со скоростью 40...50 км/ч. Наблюдатель регистрирует все знаки в пикетажном журнале. Запись в журнале ведется раздельно для каждого направления движения. Привязка мест расстановки знаков к пикетажу при проезде на автомобиле делается по спидометру. Отмечается также положение знака в поперечном профиле дороги (расстояние от кромки проезжей части, расположение знака на обочине, на бровке земляного полотна или за его пределами на обресе).

Видимость знаков оценивается с проезжей части на полосе встречного движения к знаку на расстоянии 100...250 м вне населенных пунктов и 50...100 м в населенных пунктах. Одновременно отмечается нахождение знака на откосе выемки или на открытой местности, закрытие его листвой или расположение в окружении разных предметов, которые могут отвлекать внимание водителя от знака или скрывать его.

Особое внимание уделяется оценке видимости знаков в ночное время при освещении фарами автомобиля. При этом в первую очередь проверяется видимость знаков, отстоящих более чем на 5 м от кромки проезжей части, знаков, устанавливаемых в пределах кривых в плане или на переломах продольного профиля, на откосах выемок.

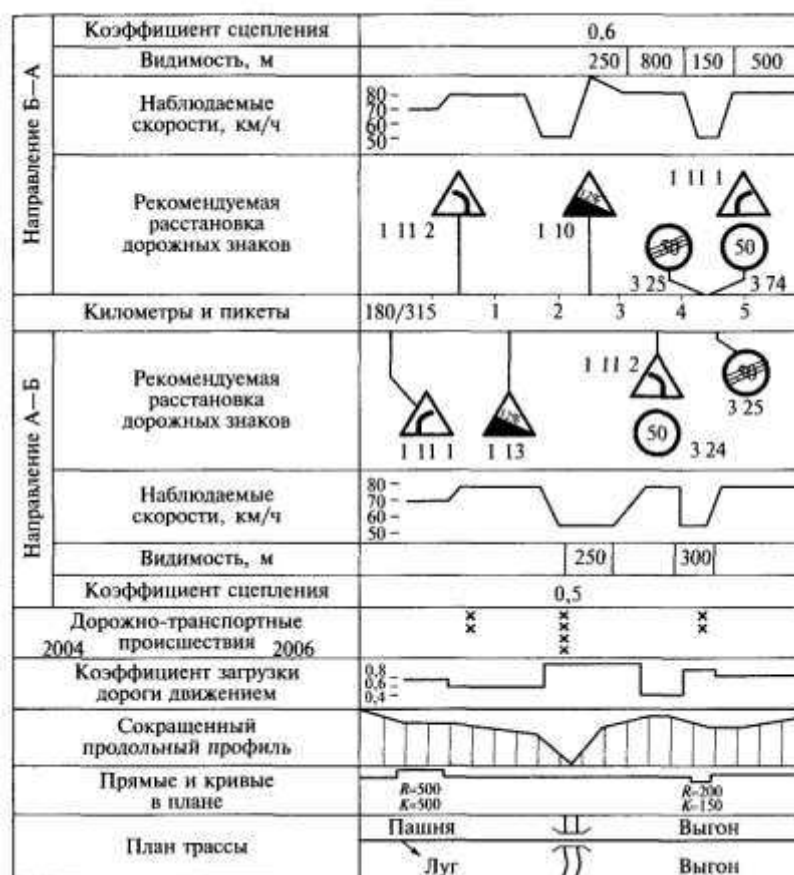


Рис. 7.8. Схема расстановки дорожных знаков

После первого проезда все полевые записи оформляют в виде линейного графика (рис. 7.8).

На линейный график наносят также данные о режимах движения на всем протяжении дороги, сведения о дорожно-транспортных происшествиях, расстояние видимости в плане и продольном профиле, прямые и радиусы кривых в плане, продольные уклоны.

Наличие такого графика позволяет разработать рекомендации по совершенствованию расстановки знаков с учетом условий движения, сложившихся на дороге.

При разработке рекомендаций по совершенствованию расстановки дорожных знаков руководствуются основным принципом - знаки устанавливаются с ориентиром на водителей, впервые попадающих на этот участок и нуждающихся в подробной информации о дорожных условиях и направлении дороги.

Дорожные знаки располагают в местах, привлекающих к себе внимание водителя. Нельзя помещать знаки вблизи от предметов, среди которых они могли бы затеряться (деревья, кустарник, заборы и т.д.). Маршрутные схемы и указатели должны быть ясными и простыми по содержанию. Недопустимо, когда дополнительные таблички осложняют понимание дорожных знаков.

Знаки должны быть видимы на расстоянии, достаточном для принятия соответствующего решения и маневра, обеспечивающего безопасность дорожного движения.

Необходимо соблюдение строгого единообразия в расстановке знаков, чтобы водитель мог ожидать появления их в своем поле зрения примерно в одном и том же месте по отношению к кромке проезжей части.

Для достаточной видимости знаков ночью их снабжают световозвращающими элементами или освещают и устанавливают на достаточно близком расстоянии от кромки проезжей части.

Число устанавливаемых знаков должно быть минимальным и определяться строгой необходимостью. Неправильная, случайная установка нескольких знаков приводит к тому, что водители перестают уделять должное внимание остальным знакам.

При проезде по дороге выявляют существующие на дороге *ограждения*, их тип, состояние, длину, степень соответствия принятых конструкций ограждений и их расположения требованиям безопасности дорожного движения. Полученные данные наносят на линейный график.

При повторном проезде по дороге намечают участки, на которых необходимо установление дополнительных ограждений или исправление существующих. Перед повторным проездом детально анализируют виды дорожно-транспортных происшествий, их распределение вдоль дороги, фиксируют участки дороги с высокими насыпями.

Для обеспечения максимальной безопасности дорожного движения конструкция и расположение ограждений должны отвечать следующим требованиям:

обладать достаточной прочностью для удержания автомобиля, исключая резкий отброс автомобиля в сторону, заклинивание в ограждении, переезд через ограждение или опрокидывание;
наносить минимальные, легко поддающиеся устранению повреждения наехавшим автомобилям и ограждениям;

плавно замедлять и исправлять траекторию движения автомобиля, не отбрасывая его на проезжую часть после удара и направляя его после удара вдоль линии, параллельной кромке проезжей части;

не ограничивать видимость, служить хорошим зрительным ориентиром в разные периоды года и суток;

соответствовать требованиям технической эстетики;

не препятствовать восприятию водителем других объектов информации бросающейся в глаза пестрой окраской или мельканием ярких стоек;

привлекать к себе внимание водителя и предупреждать его об опасном месте;

подчеркивать контуры опасных зон, дублируя другие технические средства, информирующие о сужении дороги и внезапных изменениях ее плана и профиля;

предотвращать возможность столкновения автомобилей с торцевыми частями опор, перил мостов и самих ограждений;

не затруднять работы по ремонту и содержанию дороги;

не способствовать отложению на дороге снега;

быть долговечными и экономичными, легко разбираться для ремонта и замены поврежденных элементов.

В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют ограждения из прокатных металлических полос.

При разработке практических рекомендаций особое внимание уделяют правильному выбору типа ограждения с учетом дорожных условий.

Тросовые ограждения рекомендуется применять при углах наезда автомобиля более 20° на участках с свободным движением; на снегозаносимых участках; на разделительной полосе в сочетании с сетками; для усиления ограждений из металлических планок на мостах и крутых кривых в плане. Невозможно применение тросового ограждения на мостах, при ограждении пешеходных зон, подпорных стен и обрывов в горной местности.

Железобетонные балочные ограждения применяют в исключительных случаях при углах наезда менее 12° .

На мостах и узких разделительных полосах целесообразно применять ограждение, удерживающее автомобиль.

Важное место в инженерном обустройстве дорог занимают ориентирующие столбики и разметка проезжей части.

Ориентирующие столбики предназначены для ориентирования водителя в направлении дороги ночью. Данные о наличии таких столбиков заносят в тот же журнал, где фиксируют ограждения. Конструкция столбиков должна быть такой, чтобы обеспечивалась ненаносимость повреждения автомобиля при наезде на них.

Данные о существующей *разметке проезжей части* фиксируют на линейном графике. Затем на основании анализа режимов движения и распределения дорожно-транспортных происшествий разрабатывают рекомендации по совершенствованию существующей схемы разметки. Намеченную схему разметки проезжей части корректируют после второго проезда по дороге.

Разметка проезжей части должна четко ориентировать водителя в выборе траектории движения и обязательно соответствовать требованиям установленных дорожных знаков.

Все разработанные рекомендации по инженерному обустройству дороги оформляют в виде альбома, одна страница которого включает в себя 1 км дороги (рис. 7.9). Альбом согласуется с представителями ГИБДД МВД России.

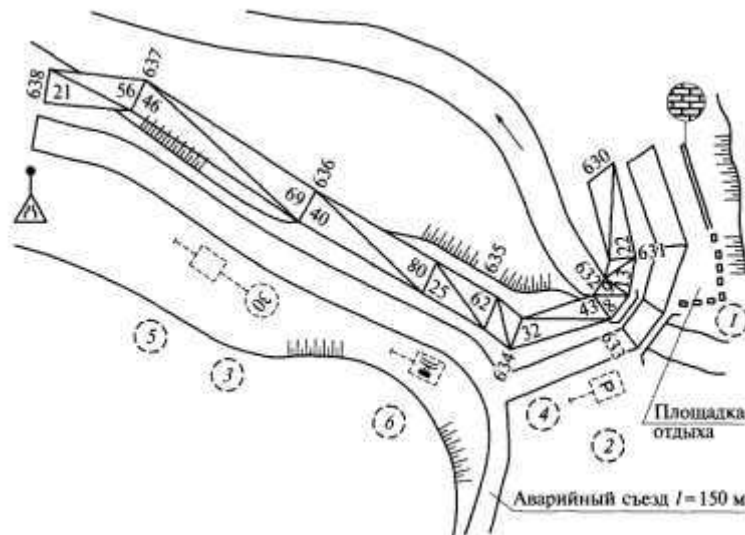


Рис. 7.9. Общий вид одного листа альбома комплексного инженерного обустройства горной дороги (пунктиром показаны намечаемые мероприятия):

- 1 - туалет; 2 - знак «Место стоянки»; 3 - знак «Ограничение скорости»;
- 4 - указание исправить поперечный профиль проезжей части;
- 5 - плакат «До аварийного съезда 100 м»; 6 - знак «Тупик»

Все схемы вычерчивают в масштабах: продольном 1:2000, поперечном 1:5000. На сложных пересечениях используют масштаб 1:5000.

Контрольные вопросы

1. С какой целью проводят обследование автомобильных дорог?
2. Какие существуют виды обследований автомобильных дорог?
3. Как организуются работы по обследованию автомобильных дорог?
4. Как измеряют основные параметры автомобильных дорог?
5. Какие измерения можно выполнять с помощью универсальной линейки?
6. Какими способами можно определить радиус кривой в плане?
7. Как определяют расстояние видимости на дороге?
8. Какие преимущества дает использование фотограмметрической и аэрофотосъемки, ходовых лабораторий для определения геометрических элементов автомобильных дорог?
9. Какие работы выполняют при обследовании состояния земляного полотна дороги?
10. Как определяют прочность грунта?
 11. Какие обследования проводят для оценки условий водоотвода и водного режима?
 12. Какие работы выполняют при обследовании состояния дорожной одежды?
 13. Как определяют прочность дорожной одежды?
 14. Как определяют ровность, степень скользкости и шероховатость дорожного покрытия?
 15. Какое влияние на безопасность и удобство движения оказывает архитектурное качество дороги?
 16. С какой целью строят линейный график архитектурного состояния дороги?
 17. Чем определяется уровень обслуживания проезжающих по дороге?
 18. Что понимается под инженерным обустройством дороги?
 19. Как влияют на безопасность дорожного движения схемы расстановки дорожных знаков и ограничений?

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**8.1. Учет и анализ интенсивности движения и состава транспортного потока, оценка пропускной способности автомобильных дорог**

Учет движения транспортных средств производится с целью получения и накопления информации об общем количестве транспорта, проходящего по автомобильным дорогам. При учете транспортных средств определяется интенсивность движения (число транспортных средств, проходящих через поперечное сечение дороги в единицу времени) и состав транспортного потока.

Состав транспортного потока определяется по относительному количеству отдельных групп подвижного состава (в процентах или относительных единицах), находящихся в общем потоке транспортных средств.

Анализ интенсивности и состава движения позволяет устанавливать соответствие транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог данной технической категории, определять грузонапряженность автомобильных дорог, дает возможность контролировать износ дорожной одежды в межремонтные сроки, а также повышать эффективность использования средств, выделяемых на ремонт и содержание дорог.

Показатели учета движения транспортных средств используют при планировании и организации работ по ремонту и содержанию дорог, их реконструкции, при усилении дорожной одежды, а также при разработке и проведении мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах.

Место ведения подсчета транспортных средств, проходящих по дороге, называется учетным пунктом. Учетные пункты располагаются у пересечений автомобильных дорог; в местах примыканий к основным дорогам других дорог; на подходах к крупным населенным пунктам; на развилках дорог.

Учет движения транспортных средств можно проводить постоянно, используя специальные счетчики (контактные, магнитные, радиолокационные и др.), и периодически - по 16 дней в году. В случае отсутствия счетчиков учет интенсивности движения производится подсчетом транспортных средств визуально.

Учет интенсивности движения должен производиться на всех автомобильных дорогах общего пользования. Число и расположение учетных пунктов определяется организацией, проводящей такой учет. Учету подлежат все транспортные средства независимо от места их регистрации.

При определении интенсивности движения используется международная система классификации транспортных средств, согласно которой они подразделяются на четыре категории: А, В, С, D.

При подсчете транспортных средств мопеды и велосипеды не учитывают.

При проведении визуального учета заполняют карточку учета интенсивности движения, форма которой представлена в Приложении. Учетчик должен быстро и безошибочно различать автомобили по группам и маркам (табл. 8.1) и после прохождения каждого автомобиля делать пометку в карточке против соответствующего вида транспортного средства.

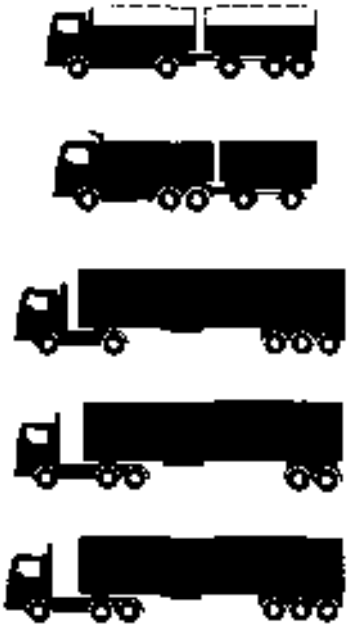



При обработке результатов учета движения транспортных средств определяют следующие показатели:

- суточная интенсивность движения по категориям транспортных средств;
- среднемесячная суточная интенсивность движения по категориям транспортных средств (за квартал);

Таблица 8.1

Система классификации транспортных средств ЕЭК ООН		Номер группы	Графическое обозначение транспортных средств	Виды транспортных средств
Характеристика движения	Категория транспортных средств			
Движение механических транспортных средств	А	1		Двух- и трехколесные мотоциклы, мотороллеры, в том числе с коляской
	В	2		Легковые автомобили, в том числе с прицепом
Система классификации транспортных средств ЕЭК ООН		Номер группы	Графическое обозначение транспортных средств	Виды транспортных средств
Характеристика движения	Категория транспортных средств			

	средств			
Движение механических транспортных средств	В	3		Пассажи́рские, грузо-пассажи́рские и грузовые легкие автомобили, автофургоны допустимая максимальная масса которых до 3,5 т, микроавтобусы вместимостью 9 чел. (РАФ, «Газель», «Форд-транзит» и др.)
Движение тяжелых механических транспортных средств	С	4		Двухосные грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т типа ГАЗ-52, -53, «Бычок» и др.
		5		Двухосные грузовые автомобили грузоподъемностью более 5 т типа МАЗ, ЗИЛ и др.
		6		Трехосные грузовые автомобили типа МАЗ, КамАЗ, КрАЗ, «Урал» и др.
		7		Трехосные автопоезда
Система классификации транспортных средств ЕЭК ООН		Номер группы	Графическое обозначение транспортных средств	Виды транспортных средств
Характеристика движения	Категория транспортных средств			
Движение тяжелых механических транспортных средств	С			

		9		Пятиосные (и более) автопоезда (грузовой автомобиль с прицепом или тягач с полуприцепом)
Система классификации транспортных средств ЕЭК ООН		Номер группы	Графическое обозначение транспортных средств	Виды транспортных средств
Характеристика движения	Категория транспортных средств			
Движение тяжелых механических транспортных средств	С	10		Сельскохозяйственные тракторы
	D	11		Автобусы (междугородные, пригородные и городские) и троллейбусы
		12		Автобусы типа ПАЗ

- среднегодовая суточная интенсивность движения по категориям транспортных средств;
- среднегодовая суточная интенсивность движения всех транспортных средств.

Суточная интенсивность движения транспортных средств по категориям, авт./сут, определяется по формуле

$$N_{\text{сут}} = k_i N, \quad (8.1)$$

где k_i - коэффициент приведения интенсивности движения за 4 ч к суточной; N - число транспортных средств данной категории, подсчитанных за 4 ч, авт./ч.

Для магистральных дорог значения коэффициента k_i следующие:

Час начала замера.....	8	9	10	11	12	13	14	15	16
k_i	3,87	3,87	4	4,08	3,99	3,91	3,86	3,91	4,23

Для уточнения коэффициентов приведения на ряде учетных пунктов проводится круглосуточный почасовой учет движения. На основании анализа полученных данных корректируются значения коэффициентов приве-

дения.

Среднемесячную суточную интенсивность движения транспортных средств по категориям за каждый месяц квартала определяют по формулам

$$N_{1m} = \frac{N_{\text{сут}1}^p \alpha_m + N_{\text{сут}1}^n \beta_m}{\alpha_m + \beta_m}; \quad (8.2)$$

$$N_{2m} = \frac{N_{\text{сут}2}^p N_{1m}}{N_{\text{сут}1}^p}; \quad (8.3)$$

$$N_{3m} = \frac{N_{\text{сут}3}^p N_{1m}}{N_{\text{сут}1}^p}; \quad (8.4)$$

где $N_{\text{сут}1}^p$, $N_{\text{сут}2}^p$, $N_{\text{сут}3}^p$ - уточненная интенсивность движения транспортных средств по категориям в рабочий день соответственно 1, 2 и 3-го месяца каждого квартала m ;

$N_{\text{сут}}^B$ - уточненная интенсивность движения транспортных средств в выходной день 1-го месяца квартала;
 N_{1m} , N_{2m} , N_{3m} - средняя интенсивность транспортных средств по категориям соответственно 1, 2 и 3-го месяца квартала; α_m - среднее число рабочих дней в каждом квартале; β_m - среднее число выходных дней в каждом квартале.

Значения α_m и β_m приведены в табл. 8.2.

Среднесуточную интенсивность движения транспортных средств по категориям за квартал определяют по формуле

$$N_m = \frac{N_{1m} + N_{2m} + N_{3m}}{3}, \quad (8.5)$$

где m - номер квартала (I, II, III, IV).

Таблица 8.2

Значения	Кварталы года			
	I	II	III	IV
α_m	21	21	21,3	21
β_m	9,3	9,3	9,3	9,7

Значение интенсивности движения округляют до целого значения.

Среднегодовую суточную интенсивность движения транспортных средств по категориям i определяют по формуле

$$N_{\text{сут}i}^{\text{год}} = \frac{N_I + N_{II} + N_{III} + N_{IV}}{4}. \quad (8.6)$$

Общую среднегодовую суточную интенсивность движения определяют как сумму интенсивностей движения всех категорий транспортных средств:

$$N_{\text{сут}}^{\text{год}} = N_{\text{сут}A}^{\text{год}} + N_{\text{сут}B}^{\text{год}} + N_{\text{сут}C}^{\text{год}} + N_{\text{сут}D}^{\text{год}}. \quad (8.7)$$

Полученные интенсивности движения транспортных средств изображаются графически в виде эпюр, на картах, схемах автомобильных дорог.

При установке автоматических счетчиков должны предусматриваться мероприятия, исключающие их поломку. Автоматический счетчик устанавливают с расчетом возможности учета движения транспортных средств по всей ширине проезжей части.

Учет транспортных средств автоматическим счетчиком производится непрерывно в течение суток. Показания счетчика снимают 1 раз в сутки в одно и то же время и заносят в карточку автоматического учета интенсивности движения.

Среднемесячную суточную интенсивность движения при автоматическом счете определяют как отношение общего числа транспортных средств, прошедших через поперечное сечение дороги в течение месяца, к числу дней в месяце.

Среднегодовую интенсивность движения определяют как среднее арифметическое значение среднемесячных суточных значений за отчетный период:

$$N_{сут}^{год} = \frac{\sum_{i=1}^{12} N_{сутi}^{мес}}{12}. \quad (8.8)$$

Состав движения по категориям транспортных средств на пунктах установки автоматических счетчиков определяют по данным контрольного визуального учета, проводимого круглосуточно 1 раз в месяц. На основании полученных данных вычисляют интенсивность движения каждой категории транспортных средств. Среднегодовая интенсивность движения на дороге в целом представляет собой средневзвешенное значение среднегодовых суточных значений интенсивности движения на учетных пунктах за отчетный год:

$$N_{год,дор}^{год} = \frac{0,5 \sum_{i=1}^{n-1} (N_{сутi}^{год} + N_{сут(i+1)}^{год}) L_i}{\sum_{i=1}^{n-1} L_i}, \quad (8.9)$$

где L_i - расстояние между соседними учетными пунктами, км; n - число учетных пунктов.

При оценке прочности дорожных одежд среднесуточную интенсивность движения, приведенную к расчетной нагрузке транспортных средств группы А или Б, в пределах одной полосы движения определяют по формуле

$$N_{сут}^{год} = f_{пол} \sum_{m=1}^n N_m S_m, \quad (8.10)$$

где $f_{пол}$ - коэффициент, учитывающий число полос движения (табл. 8.3); n - общее число марок транспортных средств в составе транспортного потока; N_m - число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m -й марки; S_m - суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке транспортного средства группы А или Б (табл. 8.4).

Расчетную суточную интенсивность движения, приведенную к легковому автомобилю, определяют по формуле

$$N_{сут,лег}^{год} = \sum_{m=1}^n N_m K_m, \quad (8.11)$$

Где K_m - коэффициент приведения интенсивности движения транспортных средств m -й марки к легковому автомобилю (см. табл. 8.4).

Таблица 8.3

Число полос движения	Коэффициент, учитывающий число полос движения, $f_{пол}$ для соответствующей полосы движения		
	1	2	3
1	1	-	-
2	0,55	-	-
3	0,5	0,5	-
4	0,35	0,2	-
6	0,3	0,2	0,05

Примечание. Порядковый номер полосы движения считается справа по ходу движения в одном направлении.

Таблица 8.4

Категория транспортных средств	Вид и марка транспортного средства	Коэффициент приведения интенсивности движения K_m	Суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду S_m	
			Группа А	Группа Б
А	Мотоциклы, мотороллеры, мопеды	0,5	-	-
	Мотоциклы с коляской, мотороллеры с прицепом	0,75	-	-
В	Легковые автомобили, автобусы РАФ, ЕрАЗ, УАЗ, малые грузовые автомобили УАЗ	1	-	-

С	Автомобили ГАЗ с прицепом и без	2,2	0,08	0,74
	Тракторы класса «Беларусь» с прицепом и без	2,2	0,08	0,74
	Автомобили на шасси ЗИЛ, «Урал»	2,3	0,22	1,86
	Автомобили на шасси КамАЗ (кроме самосвалов)	2,75	0,27	2,25
	Автомобили на шасси МАЗ и самосвалы КамАЗ	2,7	1,05	8,51
	Автомобили на шасси КраЗ, «Магирус», «Татра»	3	2,34	18,96
	Автопоезда на шасси ЗИЛ, «Урал»	3,5	0,35	2,53
	Автопоезда на шасси КамАЗ	4	0,57	4,63
	Автопоезда на шасси МАЗ	4,5	2,03	16,44
	Автопоезда на шасси КраЗ, «Мерседес-Бенц», «Вольво», «Шкода»	5	3,34	27,06
	Тракторы К-701 «Кировец» и Т-130 с прицепом	3,5	0,57	4,63

Окончание табл. 8.4

Категория транспортных средств	Вид и марка транспортного средства	Коэффициент приведения интенсивности движения K_m	Суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду S_m	
			Группа А	Группа Б
D	Автобусы ПАЗ	2,2	0,03	0,31
	Автобусы ЛАЗ	2,4	0,32	4,02
	Автобусы ЛиАЗ	2,5	0,64	4,36
	Автобусы «Икарус»	2,5	0,85	6,85

Для оценки условий работы дороги эксплуатационной службе необходимо ежегодно иметь сведения не только об интенсивности движения, но и о характере ее изменений.

Оценка изменения интенсивности движения производится путем определения коэффициента интенсивности

$$K_u = \frac{N_p}{N_\phi}, \quad (8.12)$$

где N_p - расчетная интенсивность движения для данной категории дороги, авт./сут; N_ϕ - фактическая интенсивность движения по данным учета, авт./сут.

Коэффициент K_u характеризует степень загрузки дороги автомобильным транспортом.

По коэффициенту K_u судят о необходимости улучшения параметров дороги путем проведения ее реконструкции или капитального ремонта отдельных участков.

Таблица 8.5

Категория дороги	Расчетная интенсивность движения, авт./сут	
	приведенная к легковому автомобилю	в транспортных единицах
I-а	Свыше 14000	Свыше 7000
I-б	Свыше 14000	Свыше 7000
II	Свыше 6000 до 14000	Свыше 3000 до 7000
III	Свыше 2000 до 6000	Свыше 1000 до 3000
IV	Свыше 200 до 2000	Свыше 100 до 1000

V	До 200	До 100
---	--------	--------

Примечание. Расчетная интенсивность движения в транспортных единицах принимается в случае, когда число легковых автомобилей будет составлять менее 30 % общего транспортного потока.

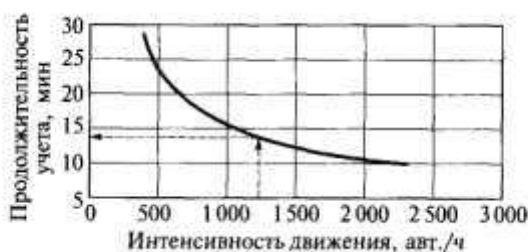


Рис. 8.1. График для определения продолжительности учета часовой интенсивности движения с точностью 10 %

При $K_u > 1$ условия работы дорожной одежды находятся в пределах расчетных.

Значения N_p приведены в СНиП 2.05.02-85 (табл. 8.5).

В период обследований, когда за короткий период необходимо получить предельно полные данные о составе и интенсивности движения, учет ведется в течение 8 ч 3 - 6 раз в месяц.

В течение 3 дней должен быть охвачен учетом период, равный 24 ч суток (например, в течение первых суток с 00⁰⁰ до 8⁰⁰, вторых - с 8⁰⁰ до 16⁰⁰, третьих - с 16⁰⁰ до 24⁰⁰).

Помимо суточной интенсивности движения определяется часовая интенсивность движения. При учете часовой интенсивности движения для оценки продолжительности учета может быть использован график, представленный на рис. 8.1.

С учетом этих данных строится график изменения интенсивности движения в течение суток (рис. 8.2).

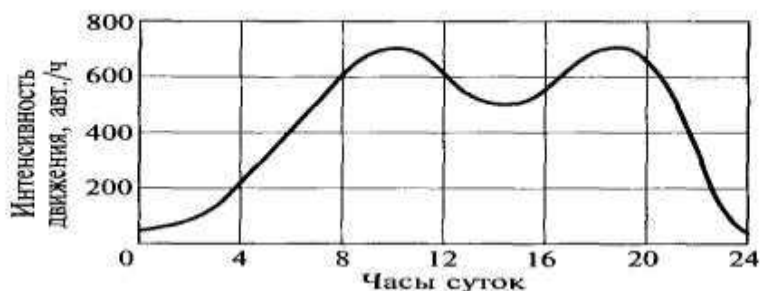


Рис. 8.2. Изменение интенсивности движения в течение суток

На основании анализа данных постоянных учетных пунктов по интенсивности движения и результатов выборочного учета строят линейный график изменения интенсивности движения вдоль дороги, на котором выделяют участки по их соответствию

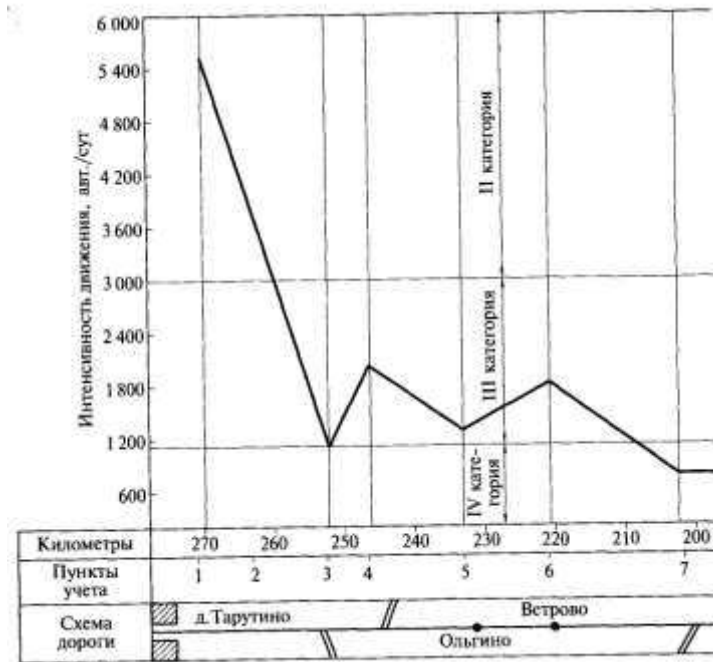


Рис. 8.3. Линейный график изменения интенсивности движения вдоль автомобильной дороги

разным категориям дорог в зависимости от интенсивности движения (рис. 8.3).

Метод выборочного учета с опросом водителей является наиболее трудоемким и проводится при обследовании дорог с целью разработки проекта реконструкции дороги. В этом случае автомобили должны останавливаться, поэтому посты учета организуются совместно с представителями ГИБДД МВД России.

Для обеспечения безопасности работ учетный пункт оборудуют дорожными знаками и предупреждающими плакатами. За 150...250 м до учетного пункта устанавливают знак «Прочие опасности» и плакат «Внимание! Учет движения», за 50 м - знак «Движение без остановки запрещено».

В зависимости от интенсивности движения учет ведется непрерывно по 16...20 ч в течение 1 - 2 суток в один из дней в середине недели (вторник, среда или четверг) во второй - третьей неделе месяца.

Результаты учета движения с опросом водителей обрабатывают для определения интенсивности и состава движения, коэффициента часовой неравномерности, протяженности маршрутов следования автомобилей, средней дальности перевозки грузов и коэффициентов использования пробега и грузоподъемности (по моделям автомобилей).

Средняя дальность перевозки груза

$$L = \sum \frac{l_i}{n_i}, \quad (8.13)$$

где l_i - дальность перевозки груза каждым i -м автомобилем, вычисляемая с использованием данных о маршруте следования, км; n_i - общее число груженых автомобилей в потоке.

Коэффициент использования пробега определяется как отношение числа автомобилей, идущих с грузом, к общему числу автомобилей данной модели, прошедших через учетный пункт.

Коэффициент использования грузоподъемности для каждой модели автомобилей

$$\gamma_i = \sum \frac{q_i}{n_i \Gamma_i}, \quad (8.14)$$

где q_i - количество груза, перевозимого каждым автомобилем данной модели, т; n_i - общее число автомобилей данной модели, прошедших с грузом через учетный пункт; Γ_i - номинальная грузоподъемность автомобиля, т.

Учет движения на сельскохозяйственных дорогах проводится 3 раза в год: весной в период посевной, летом и осенью в период сбора урожая.

На дорогах, расположенных в промышленных районах, учет движения при обследовании организуется 1 раз в год.

Основной задачей учета и анализа данных по интенсивности движения является определение перспективной интенсивности движения на заданный год.

Сроки расчетной перспективы принимают следующими:

при разработке мероприятий по организации дорожного движения - 5 лет;

при проектировании дорожных одежд в зависимости от их типа и срока службы - 5 или 10 лет;

при проектировании элементов плана трассы, продольного и поперечного профилей дороги с учетом ее развития - 25 лет.

В зависимости от сроков расчетной перспективы используют следующие формулы:

при краткосрочных прогнозах (5 - 10 лет) - уравнение сложных процентов

$$N_t = N_0 \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{n-1}, \quad (8.15)$$

где N_0 - интенсивность движения в начале рассматриваемого периода t (исходная база экстраполяции); p - принятый темп прироста интенсивности движения, определяемый по данным учетных пунктов за последние 10 - 15 лет, %; n - число лет до срока перспективы;

при долгосрочных прогнозах (свыше 10 лет) - уравнение логистической кривой

$$N_t = \frac{P}{1 - b \exp(-act)}, \quad (8.16)$$

где P - пропускная способность рассматриваемого участка дороги, авт./ч; a , b , c - постоянные, зависящие от района проложения дороги; t - период прогнозирования, лет.

Для логистической кривой характерно ее приближение к значению пропускной способности дороги (рис. 8.4).

При долгосрочных прогнозах в качестве дополнительного метода используют метод экспертных оценок.

Данные о составе движения оформляют в виде линейного графика, на котором показывают неравномерность изменения состава транспортного потока вдоль дороги.

Одновременно с оценкой интенсивности движения определяют пропускную способность обследуемой дороги:

на дорогах высоких (I, II) категорий с целью выявления участков с недостаточной пропускной способностью, где возможны кратковременные заторы и накопление больших очередей автомобилей;

на дорогах III категории для организации пропуска колонн автомобилей или выявления неблагоприятных для движения участков при организации дорожного движения в период уборочной кампании;

для оценки эффективности мероприятий, направленных на повышение пропускной способности дороги.

Данные о пропускной способности дороги позволяют также оценить степень соответствия существующего поперечного профиля дороги и отдельных ее элементов требованиям требованиям дорожного движения.

Пропускная способность дороги определяется двумя способами:

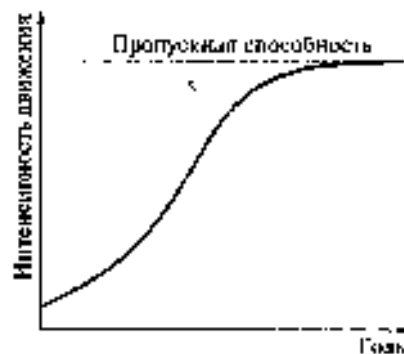


Рис. 8.4. Общий вид логистической кривой

непосредственными изменениями в реальных дорожных условиях и путем построения линейного графика.

Линейный график используется при необходимости оценки пропускной способности большой протяженности дороги или отдельных ее элементов. Исходными данными для построения линейного графика служат результаты обследования геометрических элементов дороги, ее инженерного обустройства.

Для оценки фактической пропускной способности отдельных элементов дороги с целью организации пропуска колонного движения, а также участков с постоянно повторяющимися заторами осуществляют непосредственные измерения пропускной способности на обследуемом участке.

При этом пропускную способность отдельного элемента дороги оценивают двумя методами: на основании измерения свободных скоростей движения и максимальной плотности транспортного потока или путем непрерывного подсчета числа автомобилей, проходящих рассматриваемый элемент (или участок) дороги в течение 1 ч.

При использовании первого метода пропускную способность участка дороги определяют следующим образом:

для двухполосных дорог

$$P = 0,194v_0q_{\max}; \quad (8.17)$$

для многополосных дорог

$$P = 0,23v_0q_{\max}. \quad (8.18)$$

Скорость свободного движения v_0 измеряется в соответствии с методикой, изложенной в подразд. 6.2. Максимальную плотность транспортного потока q_{\max} определяют путем организации с помощью работников ГИБДД МВД России кратковременного затора на рассматриваемом элементе (или участке) дороги и непосредственного подсчета числа автомобилей на единицу длины, обычно на 1 км.

Непосредственный подсчет автомобилей, проходящих через рассматриваемый элемент, ведется в часы пик.

При сравнительно низкой интенсивности движения на рассматриваемом участке обследуемой дороги устраивают кратковременный затор, подсчитывают число автомобилей в момент рассасывания затора.

Наблюдения показывают, что образование очереди автомобилей длиной 350 м во время затора происходит при интенсивности движения в одном направлении 300 авт./ч в среднем за 25 мин, при 400 авт./ч - за 15 мин и при 600 авт./ч - за 10 мин.

Основным документом, оформляемым после оценки пропускной способности дороги, является линейный график пропускной способности и коэффициентов загрузки дороги движением. При этом используют данные учета интенсивности движения.

8.2. Оценка режимов движения транспортных средств и условий труда водителей

Наиболее опасными являются участки дороги с резким изменением режима движения автомобилей. Поэтому режим движения на обследуемой дороге оценивается в два этапа: сначала на всем протяжении дороги, затем детально на неблагоприятных участках, выявленных на первом этапе.

Первому этапу оценки режима движения автомобилей предшествует детальное изучение исходных данных, в первую очередь элементов трассы и данных о дорожно-транспортных происшествиях.

На первом этапе изучается режим движения автомобиля с помощью *ходовой лаборатории* (рис. 8.5), позволяющей фиксировать скорость, время и путь движения, используемую передачу, продолжительность и интенсивность торможения.

Ходовая лаборатория оборудуется прибором для измерения расхода топлива, режимомерами, фиксирующими время, затрачиваемое на преодоление автомобилем каждого километра дороги, продолжительность пользования каждой передачей, число ее включений, число торможений и продолжительность использования тормозов. Показания соответствующих датчиков фиксируются электроимпульсными счетчиками, осциллографами или многоперьевыми самописцами.

По результатам обработки осциллограмм осуществляется определение мгновенных скоростей движения, продольных и поперечных ускорений, времени и пути движения, тяговых и тормозных усилий на ведущих колесах автомобиля. Запись на осциллограф производится на втором этапе обследований.

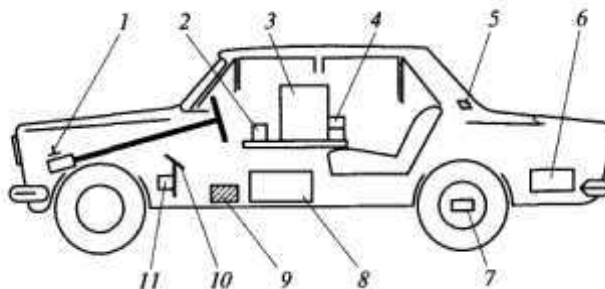


Рис. 8.5. Ходовая лаборатория для оценки режима движения автомобилей:

1 - датчик расхода топлива; 2 - усилитель; 3 - осциллограф; 4 - блок счетчиков; 5 - толчкомер; 6, 9 - аккумуляторы; 7 - датчик пройденного пути; 8 - акселерограф для регистрации продольного, поперечного и вертикального ускорений; 10 - датчик включения тормозной системы; 11 - датчик для фиксации включений передачи

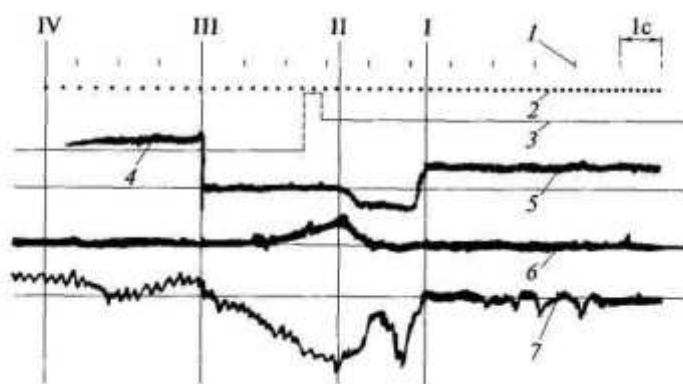


Рис. 8.6. Образец режима движения, полученный с помощью ходовой лаборатории:

1 - время; 2 - путь; 3 - включение прямой передачи; 4 - включение понижающей передачи; 5 - тяговое усилие на ведущих колесах; 6 - тормозной момент; 7 - ускорение автомобиля; I - III - режимы движения; IV - линия привязки записи на осциллограмме к указателю километров

На первом этапе используют электроимпульсные счетчики.

Для получения достоверных данных с помощью ходовой лаборатории достаточно одного проезда опытного водителя с регистрацией нескольких показателей, характеризующих режим движения.

Для ориентировочной оценки качества трассы обследуемой дороги использование ходовой лаборатории, оборудованной точной аппаратурой, является необязательным.

Скорость движения при такой оценке измеряют с помощью протарированного спидометра через каждые 200 м. При измерении скорости движения грузовых автомобилей автомобиль-лаборатория должен двигаться за грузовым автомобилем. Для построения линейного графика скорости необходимы средние значения скорости движения по результатам не менее трех заездов.

На втором этапе проводят детальные исследования режима движения автомобилей на неблагоприятных участках, выявляемых на первом этапе. Работы на этом этапе выполняют как с помощью ходовых лабораторий, так и стационарными методами.

Наблюдения ведут не только на опасном участке, но и в пределах зон влияния этого участка. Таким образом, регистрируют все характеристики движения автомобиля-лаборатории, с подхода к зоне влияния опасного участка, в пределах участка и в зоне влияния за опасным участком.

На рис. 8.6 показан пример осциллограммы, полученной при проезде автомобиля-лаборатории по кривой в плане малого радиуса.

Зона I - начало ухудшения режима движения автомобиля (торможение двигателем, возникновение отрицательного ускорения); зона II - резкое ухудшение режима движения автомобиля (переход на понижающую передачу, интенсивное торможение, нарастание отрицательного ускорения, снижение скорости движения); зона III - конец торможения и переход на режим использования тягового усилия. Линией IV показана привязка записи на осциллограмме к указателю километров на дороге.

Для оценки устойчивости и управляемости автомобиля, особенно в тяжелых и опасных дорожных условиях, на автомобиле-лаборатории устанавливают дополнительное оборудование.

В наиболее сложных дорожных условиях выполняют специальные исследования условий труда водителей и измеряют их психофизиологические показатели:

кожно-гальваническую реакцию (КГР), электрокардиограмму (ЭКГ), распределение взгляда, время реакции.

Для измерения этих показателей используют ходовую психофизиологическую лабораторию (рис. 8.7).

На теле водителя устанавливают специальные датчики, позволяющие регистрировать изменение перечисленных выше показателей во время движения автомобиля-лаборатории по опасному участку (рис. 8.8).

Применение ходовых лабораторий позволяет проводить детальное изучение условий движения на опасном участке и на основе этого разрабатывать наиболее эффективные мероприятия по повышению безопасности и удобства движения.

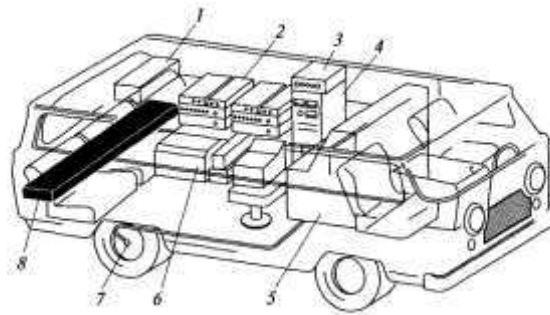


Рис. 8.7. Ходовая психофизиологическая лаборатория:

- 1 - магнитный преобразователь; 2 - усилитель; 3 - прибор регистрации пути и скорости движения;
 4 - пульт управления; 5 - электроэнцефалограф; 6 - самописец;
 7 - тахогенератор переменного тока; 8 - аккумуляторы

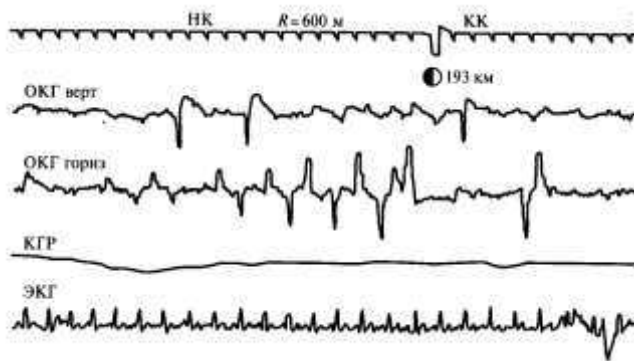


Рис. 8.8. Пример записи психофизиологических показателей водителя с помощью ходовой лаборатории:

- 1 - скорость; ОКГ - движение глаз; КГР - кожно-гальваническая реакция; ЭКГ - электрокардиограмма;
 НК - начало кривой; КК - конец кривой; R - радиус кривой

Для изучения влияния дорожных условий на режимы движения транспортных потоков широкое применение находят также стационарные методы и аэрофотосъемка.

Методами стационарных наблюдений обычно оценивают следующие характеристики движения транспортных потоков: мгновенные скорости движения 15; 50; 85 и 95%-ной обеспеченности, траектории движения, интервалы и дистанции между автомобилями, плотность транспортного потока.

Для измерения применяют секундомеры, кинокамеры, многоперьевые самописцы, радиолокатор, видеомагнитофон, а также методы стереофотограмметрии.

Применение радиолокатора позволяет повысить точность измерений скоростей движения. При высокой интенсивности движения применение радиолокатора оказывается невозможным, поэтому в этом случае используют кинокамеру и видеомагнитофон.

Универсальным методом одновременной оценки всех характеристик движения транспортных потоков является аэрофотосъемка, с помощью которой можно непосредственно проводить измерение таких характеристик транспортного потока, измерение которых невозможно другими способами (например, плотности движения транспортного потока).

При обработке материалов покадровой аэрофотосъемки скорость движения автомобиля определяется по расстоянию, пройденному автомобилем за время $\Delta t = t_2 - t_1$, с, между моментами фотографирования двух смежных кадров:

$$v = \frac{S}{t_2 - t_1} = \frac{H_0 S}{f_k (t_2 - t_1)}, \quad (8.19)$$

где S - путь, пройденный автомобилем (в масштабе снимка), мм; H_0 - высота фотографирования, м; f_k - фо-

кусное расстояние аэрофотокамеры, мм.

Интервал между автомобилями по длине ΔL_i , определяют на основании данных измерений расстояний по аэрофотоснимкам:

$$\Delta L_i = l_i \frac{H_0}{f_k}, \quad (8.20)$$

где l_i - расстояние между автомобилями в масштабе снимка, мм.

Для оценки характеристик движения транспортных потоков монтаж фотосхем выполняют в ступенчатом виде с размещением аэрофотоснимков один под другим с ориентировкой их по линиям, проходящим через одноименные неподвижные точки местности.

Смещение Δl является пройденным путем в масштабе снимка за время Δt между двумя последовательными экспозициями. Тогда скорость движения автомобиля

$$v = \Delta l / M / \Delta t, \quad (8.21)$$

где Δl - пройденный путь автомобиля, м; M - масштаб снимка; Δt - промежутки времени между двумя экспозициями, с.

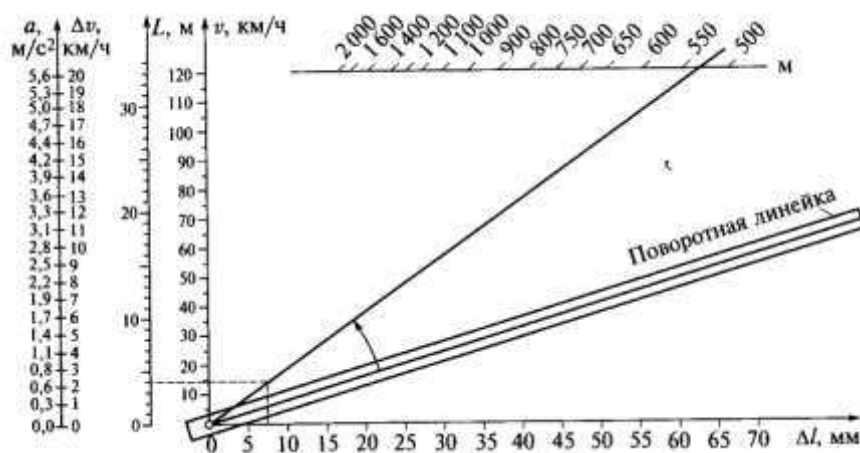


Рис. 8.9. Шаблон для определения скорости движения и ускорения автомобиля при аэрофотосъемке

Для сокращения времени на определение скорости движения и ускорения автомобиля может быть использован специальный шаблон (рис. 8.9).

Скорость движения автомобиля может быть также определена способом, основанным на измерении псевдопараллакса движущегося автомобиля по стереопаре (рис. 8.10):

$$v = \Delta p M / \Delta t, \quad (8.22)$$

где Δp - разность между продольным параллаксом и псевдопараллаксом.

Плотность транспортного потока определяется путем предварительного подбора всех перекрывающихся фотоснимков из материалов разных залетов.

В результате получают данные о числе автомобилей на участке в разные моменты времени. Плотность движения на участке дороги получается путем суммирования числа автомобилей на единицу длины в единицу времени:

$$q = \frac{3600n}{tL}, \quad (8.23)$$

где n - число автомобилей, прошедших по участку за время t ; L - протяженность участка дороги, км.

Аэрофотосъемку выполняют с вертолета или самолета. Масштаб съемки 1:1000 - 1:1500, интервал съемки 0,5...2 сек.

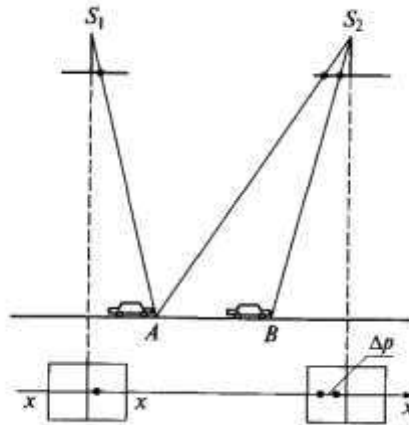


Рис. 8.10. Определение скорости движения автомобиля по способу псевдопараллакса:

S_1, S_2 - местоположение вертолета в моменты съемки автомобиля, находящегося соответственно в точках A и B ; Δp - разность между продольным параллаксом и псевдопараллаксом

Интенсивность движения определяется с использованием результатов подсчета числа автомобилей на маршруте за известный период времени T , в течение которого велась аэрофотосъемка

$$N = \frac{v_B(n_1 + n_2) + v_{cp}(n_1 - n_2)}{v_B T}, \quad (8.24)$$

где v_B - средняя скорость движения вертолета (самолета), км/ч; v_{cp} - средняя скорость движения транспортного потока на участке дороги, км/ч; n_1 - число автомобилей на полосе, на которой автомобили движутся навстречу направлению полета вертолета (самолета); n_2 - число автомобилей на полосе, на которой направление полета вертолета (самолета) и движение автомобилей совпадают; T - продолжительность съемки, ч. Для любой точки дороги, расположенной вдоль оси маршрута съемки, точность определения координат по стереомодели может быть рассчитана по формулам

$$m_x = 1,9M; \quad (8.25)$$

$$m_y = Mm_q; \quad (8.26)$$

$$m_z = 1,6M \frac{f_k}{b} m_q, \quad (8.27)$$

где m_x, m_y, m_z - средние квадратические ошибки определения координат точек местности; M - масштаб съемки; m_q - средняя квадратическая ошибка измерения поперечного параллакса определяемой точки на снимке (точность определения всех характеристик движения транспортного потока составляет 1...22 %); f_k - фокусное расстояние аэрофотокамеры, мм; b - базис фотографирования, принимаемый в масштабе снимка.

Контрольные вопросы

1. Как организуют учет интенсивности и состава движения по дороге?
2. Какие параметры транспортного потока и как определяются при обработке результатов учета движения?
3. Как строят линейный график изменения интенсивности движения вдоль дороги?
4. Как оценивают пропускную способность дороги?
5. Какие параметры движения можно изучить с помощью ходовой лаборатории?
6. Как проводят исследования условий труда водителей?
7. Какие преимущества дает использование аэрофотосъемки при оценке характеристик движения транспортных потоков?
8. Для каких целей и как строят линейные графики скоростей движения и расхода топлива?

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

9.1. 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.

9.2. 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 исполь-

зуют 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 $v_{вх}$:

$$K_{без} = v/v_{вх}. \quad (9.1)$$

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. 9.1). 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,

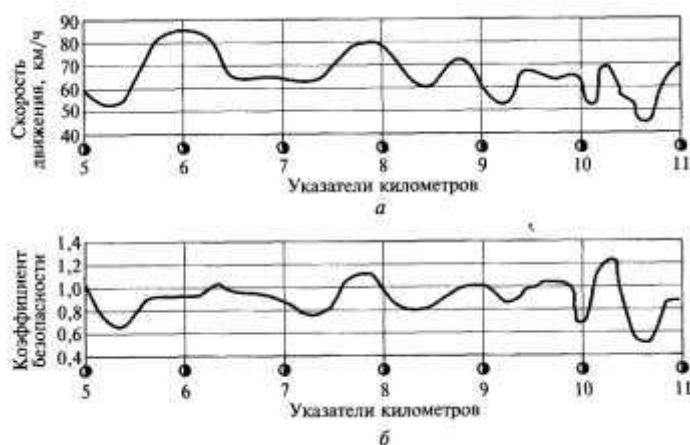


Рис. 9.1. Линейный график скорости движения и коэффициента безопасности

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:

$$K_{ит} = K_1 K_2 \dots K_{17}, \quad (9.2)$$

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:

$$R_{экр} = \frac{\varphi_{кр} \pm i_{кр}}{\varphi_{пр} \pm i_{пр}} R_{кр}, \quad (9.3)$$

где ϕ - 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. 9.2), 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.).

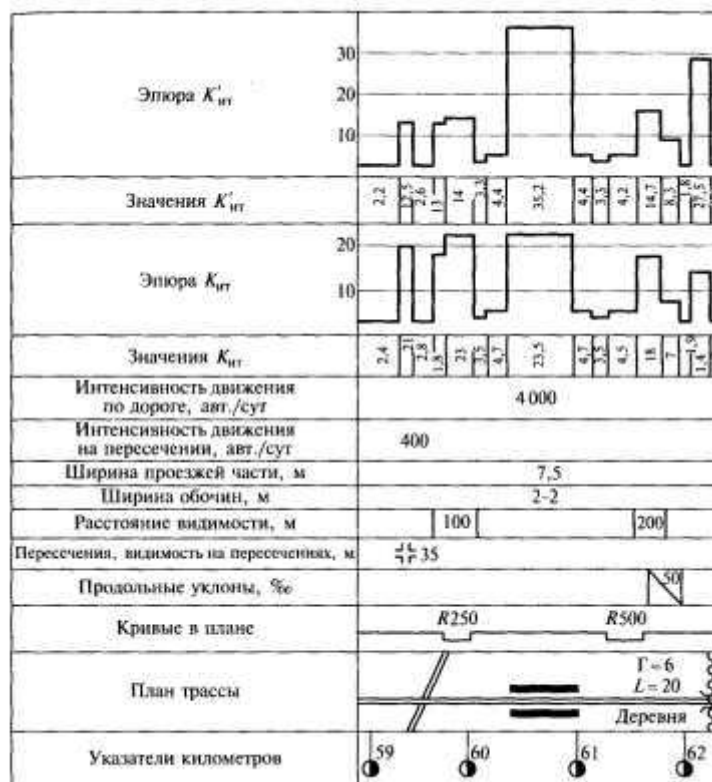


Рис. 9.2. Линейный график итоговых коэффициентов аварийности без учета ($K_{ит}$) и с учетом ($K'_{ит}$) стоимостных коэффициентов

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:

$$M_T = m_1 m_2 \dots m_{11}. \quad (9.4)$$

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:

$$K'_{ит} = K_{ит} M_T. \quad (9.5)$$

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. 9.3), 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.

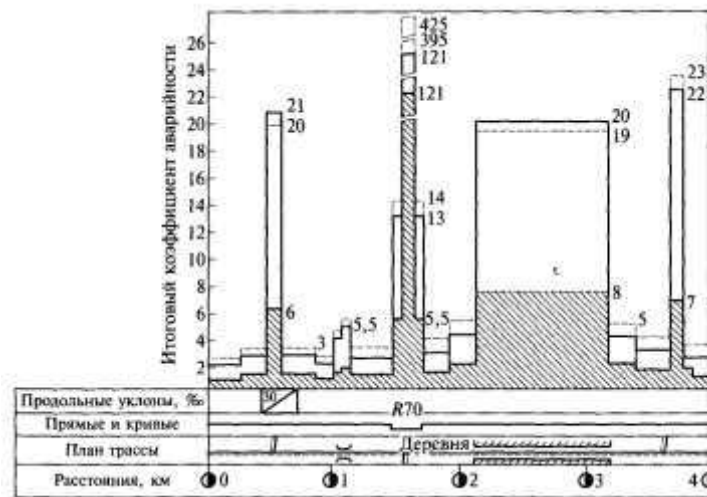


Рис. 9.3. Графики сезонных коэффициентов аварийности:

▨ — лето; --- весна-осень; — — 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.

9.3. 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:

$$K_a = \frac{10^7 G K_r}{25(M + N)}, \quad (9.6)$$

где $G = \sum_{i=1}^n q_i$ - теоретическая вероятность дорожно-транспортных происшествий 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_aМенее 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 9.1

Месяц	Коэффициент годовой неравности движения K_T 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.

9.4. 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; замеряют 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 ин-

формации об условиях, в которых возникло дорожно-транспортное происшествие.

9.5. 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 листов 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.

Суммарные потери от одного дорожно-транспортного происшествия определяют по формуле

$$П = \sum_{i=1}^m (П_{1i} + П_{2i} + П_{3i} + П_{4i} + П_{5i} + П_{6i} + П_{7i}), \quad (9.7)$$

где $П_{1i}$ - затраты на восстановление поврежденных транспортных средств, руб.;

$П_{2i}$ - потери, связанные с простоем транспортных средств с момента происшествия до их восстановления, руб.;

$П_{3i}$ - затраты на ремонт поврежденных улиц, инженерных сооружений (направляющих ограждений, технических средств регулирования, перил мостов, опор путепроводов, дорожных знаков и т.д.), руб.;

$П_{4i}$ - потери от порчи или утраты грузов в результате происшествия, руб.;

$П_{5i}$ - затраты, связанные с нарушением нормальных условий движения в зоне происшествия (задержки и перепробеги транспортных средств при пропуске их по объезду) и с уборкой части дороги после происшествия, руб.;

$П_{6i}$ - экономические потери от вовлечения человека в происшествие (потеря части национального дохода, расход на лечение, оплата листов нетрудоспособности, пенсии, пособия и т.д.), руб.;

$П_{7i}$ - затраты органов ГИБДД, судов и прокуратуры на обследование, оформление материалов по происшествию, ведение дознания, вызов свидетелей по происшествию, рассмотрение дела в суде и т.д., руб.;

m - число транспортных средств, грузов, людей и т.д., включенных в одно происшествие.

Для оценки потерь общества из-за выбытия человека из сферы материального производства используется метод общих доходов. Основой данного метода является выражение в денежной форме экономической пользы, которую общество получило бы в случае предотвращения гибели человека в дорожно-транспортном происшествии. При таком подходе собственное потребление человека рассматривается как составная часть государственной прибыли, полученной от производственной и социально-экономической деятельности отдельных граждан.

Ущерб от гибели и ранения людей в результате дорожно-транспортного происшествия определяют по формуле

$$П_{6i} = П_c + П_б + П_{инр} + П_{инр} + П_p + П_d, \quad (9.8)$$

где $П_c$ - потери, связанные с гибелью людей, имевших семью, руб.; $П_б$ - потери, связанные с гибелью людей без семьи, руб.; $П_{инр}$ - потери, связанные с получением пострадавшими инвалидности, полностью лишившей их трудоспособности, руб.; $П_{инр}$ - потери, связанные с получением пострадавшими инвалидности, частично лишившей их трудоспособности, руб.; $П_p$ - потери, связанные с временной нетрудоспособностью, руб.; $П_d$ - потери, связанные с гибелью детей, руб.

Потери, связанные с гибелью в результате дорожно-транспортного происшествия людей, имевших семью

(Π_c), и людей без семьи (Π_6) определяют по формулам

$$\Pi_c = H_1 K_c; \quad (9.9)$$

$$\Pi_6 = H_2 K_6, \quad (9.10)$$

где H_1 - стоимостная оценка ущерба от гибели человека, имевшего семью, руб.; $K_c = N_n d_{nc}$ - число погибших, имевших семью, чел.; d_{nc} - удельный вес людей из числа погибших, имевших семью, отн. ед.; N_n - общее число погибших в результате происшествия, чел.; H_2 - стоимостная оценка ущерба от гибели человека, не имевшего семью, руб.; $K_6 = N_n - K_c$ - число погибших без семьи, чел.

Потери, связанные с получением инвалидности, в результате которой пострадавшие полностью ($\Pi_{инп}$) или частично ($\Pi_{ир}$) лишены трудоспособности, рассчитывают по формулам

$$\Pi_{инп} = H_3 K_{инп}, \quad (9.11)$$

$$\Pi_{ир} = H_4 K_{ир}, \quad (9.12)$$

где H_3 - стоимостная оценка ущерба от ранения с получением инвалидности без возможности дальнейшей работы, руб.; $K_{инп} = K_n - K_{ир}$ - число инвалидов, которые получают пенсию, чел.; $K_{ир} = K_n d_{ин}$ - число инвалидов, которые получают пенсию и одновременно работают, чел.; $d_{ин}$ - удельный вес инвалидов, которые получают пенсию и одновременно работают, отн. ед.; $K_n = N_p d_{ин}$ - число пострадавших, получивших инвалидность, чел.; N_p - общее число раненых в результате происшествия, чел.; $d_{ин}$ - удельный вес пострадавших, получивших инвалидность, отн. ед.; H_4 - стоимостная оценка ущерба от ранения с получением инвалидности и возможностью дальнейшей работы, руб.

Потери от ранения людей, получивших временную нетрудоспособность в результате дорожно-транспортного происшествия:

$$\Pi_p = H_5 K_p, \quad (9.13)$$

где H_5 - стоимостная оценка ущерба от ранения без получения инвалидности; $K_p = N_p - K_n$ - число пострадавших, получивших временную нетрудоспособность, чел.

Потери от гибели детей в результате дорожно-транспортного происшествия

$$\Pi_d = H_6 K_d, \quad (9.14)$$

где H_6 - стоимостная оценка ущерба от гибели ребенка, руб., K_d - число погибших детей, чел.

К основным составляющим ущерба от гибели или ранения людей в результате дорожно-транспортных происшествий относятся:

потери экономического вклада из-за отвлечения из сферы производства людей, погибших или получивших телесные повреждения;

затраты на оказание пострадавшим первой медицинской помощи и лечение;

выплаты пенсий (инвалидам, семьям погибших);

оплата по временной нетрудоспособности.

При подсчете потерь в результате гибели человека определяется ожидаемая продолжительность его трудовой деятельности до пенсионного возраста и оценивается недополученный вклад во внутренний валовой продукт.

Средний возраст погибших в результате дорожно-транспортных происшествий определяется на основании официальных статистических данных по формуле, отражающей удельный вес числа погибших каждой возрастной категории:

$$D = \sum_{i=1}^n S_i R_i, \quad (9.15)$$

где S_i - средний возраст погибших данной возрастной категории; R_i - удельное число погибших данной возрастной категории, отн. ед.

Расчеты показывают, что средний возраст погибших в результате дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации 39,5 лет. При проведении ежегодных расчетов стоимостной оценки ущерба от гибели человека данная величина должна уточняться исходя из последних статистических данных.

Согласно существующему законодательству пенсионный возраст для мужчин 60 лет, женщин 55 лет. Ожидаемое количество лет, которое не дорабатывают до пенсионного возраста: у мужчин 20,5 лет, у женщин 15,5 лет, что составляет в среднем 18,5 лет.

Потери в рабочих днях, если человек не работает в течение 1 года, 262 рабочих дня.

Для стоимостной оценки ущерба общества в результате гибели и ранения человека методом общих доходов определяется величина D - недопроизведенный им внутренний валовой продукт, которая рассчитывается как частное от деления суммы фактического конечного потребления $\Pi_{\text{кон}}$ населения и государственных учреждений (за вычетом социальных трансфертов в натуральной форме) и валового накопления B_n за год, на который ведется расчет, на среднегодовую численность населения, занятого в экономике за тот же год, $N_{\text{ч}}$:

$$D = \frac{\Pi_{\text{кон}} + B_n}{N_{\text{ч}}}, \quad (9.16)$$

При расчете стоимостных оценок ущерба от гибели или ранения человека за базу принимается прогноз Минэкономразвития России о росте внутреннего валового продукта и оценка индекса-дефлятора внутреннего валового продукта.

Доходы, которые могли бы быть получены в будущем, если бы человек не погиб и работал, приводятся к текущему моменту времени методом дисконтирования.

Составляющими пособий по случаю потери кормильца являются:

пособия детям в возрасте до 16 лет;

пособия другим членам семьи, находящимся на иждивении.

При оценке потерь от ранения человека учитывают две группы пострадавших: получившие инвалидность и получившие временную нетрудоспособность.

При получении инвалидности учитывают стоимость нахождения в стационаре, оплату по временной нетрудоспособности, выплату пенсии по инвалидности, потери доходов обществом. При временной нетрудоспособности учитывают стоимость нахождения в стационаре, оплату по временной нетрудоспособности, потери доходов обществом.

По степени тяжести ранения, полученные в результате дорожно-транспортного происшествия, подразделяют на две категории: тяжелые и легкие.

К тяжелым ранениям относятся:

длительные расстройства здоровья с временной утратой трудоспособности (60 дней и выше);

стойкая утрата трудоспособности (инвалидность).

К легким ранениям относятся расстройства здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней.

При определении потерь, связанных с временной нетрудоспособностью, используют следующие данные: средняя продолжительность временной нетрудоспособности; затраты на медицинское обслуживание при стационарном лечении; потери доходов общества из-за временной нетрудоспособности человека.

Оценка ущерба от гибели человека, не имевшего семьи:

$$H_2 = D_{\text{ин}} + P_{\text{у}}, \quad (9.17)$$

где $P_{\text{у}}$ - расходы на оказание ритуальных услуг, руб.; $D_{\text{ин}}$ - доходы, который принес бы человек, если бы работал с момента гибели до пенсии, руб.:

$$D_{\text{ин}} = \sum_{n=1}^{18,5} D(1+t_p)^n \frac{i^n}{(1+r)^n}, \quad (9.18)$$

где t_p - прогноз темпа роста внутреннего валового продукта, отн. ед. в сопоставимых ценах; i - индекс внутреннего валового продукта за рассматриваемый период, отн. ед. в текущих ценах; r - коэффициент дисконтирования, отн. ед.

Оценка ущерба от гибели человека, имевшего семью:

$$H_1 = H_2 + \Pi_{\text{ижд}}, \quad (9.19)$$

где $\Pi_{\text{ижд}}$ - сумма ожидаемых к выплате пособий по случаю потери кормильца за 12 лет, руб.:

$$P_{\text{ижд}} = \left(\sum_{n=1}^{12} \frac{P_{\text{ижд}} i^n}{(1+r)^n} + P_{\text{ижд}} \right) \cdot 12 \cdot 1,381, \quad (9.20)$$

где $P_{\text{ижд}}$ - пособие по случаю потери кормильца (среднемесячное) в год, на который ведется расчет, руб.; 1,381 - среднее количество человек в семье, получающих пособие по случаю потери кормильца. После ранения в дорожно-транспортном происшествии и получения инвалидности пострадавшему выплачивается пенсия по инвалидности в среднем в течение 10,6 лет. Сумма пенсии определяется следующим образом:

$$P_{\text{инв}} = \left(\sum_{n=1}^{10,6} \frac{P_{\text{пр}} i^n}{(1+r)^n} + P_{\text{пр}} \right) \cdot 12, \quad (9.21)$$

где $P_{\text{пр}}$ - среднемесячная пенсия по инвалидности в год, на который ведется расчет, руб. Продолжительность нахождения пострадавшего в стационаре 120 дней, а временной нетрудоспособности - 150 дней. Потери дохода общества при временной нетрудоспособности

$$D_{\text{бл}} = 150 P_c, \quad (9.22)$$

где P_c - потери в сутки, руб.:

$$P_c = D/262. \quad (9.23)$$

Доходы, которые принес бы человек при условии полноценной работы с момента ранения в течение 10,6 лет:

$$D_{\text{тр}} = \sum_{n=1}^{10,6} \frac{D(1+t_p) i^n}{(1+r)^n}. \quad (9.24)$$

Ущерб от тяжелого ранения человека, получившего инвалидность и неработающего:

$$H_3 = D_{\text{тр}} + P_{\text{инв}} + H_6 + H_T + D_{\text{бл}}, \quad (9.25)$$

где H_6 - затраты на стационарное лечение; H_T - оплата временной нетрудоспособности. Ущерб от тяжелого ранения человека, получившего инвалидность и работающего:

$$H_4 = 0,5 D_{\text{тр}} + P_{\text{инв}} + H_6 + H_T + D_{\text{бл}}. \quad (9.26)$$

Средняя длительность стационарного лечения одного пострадавшего 20 дней, а средняя продолжительность последующей временной нетрудоспособности пострадавшего 30 дней.

Ущерб от легкого ранения складывается из затрат на лечение в стационаре (20 дней) O_6 , оплаты временной нетрудоспособности (30 дней) $O_{\text{бл}}$, потерь общества за время лечения в стационаре и временной нетрудоспособности

$$D_{\text{внт}} = P_c (30 + 20). \quad (9.27)$$

Суммарные потери общества от легкого ранения человека

$$H_5 = O_6 + O_{\text{бл}} + D_{\text{внт}}. \quad (9.28)$$

Анализ проведенных исследований показал, что средний возраст гибели ребенка составляет 11 лет. Расчет ущерба для общества в результате гибели ребенка проводится следующим образом.

Затраты на обучение одного ребенка

$$Z_{\text{обуч}} = Z_{\text{г.об}}/N_{\text{уч}}, \quad (9.29)$$

где $Z_{г.об}$ - затраты на образование в году, на который ведется расчет, руб.; $N_{уч}$ - общее число учащихся в расчетном году, чел.

Доля учащихся в средних специальных учебных заведениях

$$\Delta N_T = N_{техн}/N_{уч}, \quad (9.30)$$

где $N_{техн}$ - число студентов в учреждениях среднего профессионального образования в расчетный год, чел.

Доля учащихся в вузах в расчетном году

$$\Delta N_B = N_{вуз}/N_{уч}, \quad (9.31)$$

где $N_{вуз}$ - число учащихся в вузах в расчетном году, чел.

Затраты общества на обучение, если бы ребенок не погиб:

на обучение в школе (дети в возрасте от 11 до 16 лет)

$$Z_{шк} = \sum_{n=1}^5 \frac{Z_{обуч}(1+t_p)^n}{(1+r)^n}, \quad (9.32)$$

на обучение в учреждениях среднего профессионального образования и высших учебных заведениях

$$Z_{ТнВ} = \sum_{n=6}^9 Z_{обуч} \frac{\Delta N_T \cdot 3 + \Delta N_B \cdot 5 (1+t_p)^n}{8 (1+r)^n}, \quad (9.33)$$

где 3, 5 - продолжительность обучения соответственно в учреждениях среднего профессионального образования и высших учебных заведениях.

Заработная плата родителей, необходимая для того, чтобы вырастить ребенка до трудоспособного возраста: на детей, учащихся в школе:

$$Z_{пл.шк} = \sum_{n=1}^5 \frac{Z_r (1+t_p)^n}{(1+r)^n} \cdot 0,5, \quad (9.34)$$

где Z_r - среднегодовая заработная плата одного работника в расчетный год, руб.;

на детей, учащихся в учреждении среднего профессионального образования или высшем учебном заведении:

$$Z_{пл.ТнВ} = \sum_{n=6}^9 \frac{Z_r (1+t_p)^n}{(1+r)^n} \cdot 0,5. \quad (9.35)$$

Доходы, которые недополучены обществом от ребенка в результате его гибели

$$D_{н.р.сб} = \sum_{n=6}^9 \frac{D(1+t_p)^n}{(1+r)^n} 0,757 + \sum_{n=10}^{42,5} \frac{D(1+t_p)^n}{(1+r)^n} - Z_{шк} - Z_{ТнВ} - Z_{пл.шк} - Z_{пл.ТнВ}, \quad (9.36)$$

где 0,757 - коэффициент, учитывающий долю учащихся, начинающих работать в 16 лет.

При технико-экономических расчетах суммарные экономические потери от дорожно-транспортных происшествий определяются по формуле

$$\Pi = 6,35 \cdot 10 \sum_{t=1}^{T_{сл}} \frac{\Pi_{срт} M_t N_t L}{(1+E_{ин})^t}, \quad (9.37)$$

где $T_{сл}$ - период суммирования, лет; $\Pi_{срт}$ - средние потери от одного происшествия в t -м году, руб.; M_t - коэффициент, учитывающий тяжесть происшествий; N_t - среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут; L - протяженность реконструируемого участка, км; $E_{ин}$ - нормативный коэффициент экономической эффективности, $E_{ин} = 0,08$.

Для оценки степени снижения ущерба от дорожно-транспортных происшествий может быть использован

метод коэффициентов снижения потерь, которые характеризуют уровень снижения потерь от дорожно-транспортных происшествий после проведения соответствующих мероприятий.

Годовой ущерб от дорожно-транспортных происшествий в проектируемых условиях после внедрения мероприятий $P^{\text{пр}}_{\Sigma}$ и годовую экономию от снижения числа дорожно-транспортных происшествий \mathcal{E}_{Σ} можно определить по формулам

$$P^{\text{пр}}_{\Sigma} = P^{\text{сущ}}_{\Sigma} K_{n1}K_{n2}K_{n3}\dots K_{nm}; \quad (9.38)$$

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = P^{\text{сущ}}_{\Sigma} (1 - K_{n1}K_{n2}K_{n3}\dots K_{nm}), \quad (9.39)$$

где $P^{\text{сущ}}_{\Sigma}$ - годовой материальный ущерб от дорожно-транспортных происшествий до реализации мероприятий по снижению числа дорожно-транспортных происшествий; $K_{n1}, K_{n2}, K_{n3}\dots, K_{nm}$ - коэффициенты снижения потерь по отдельным мероприятиям (табл. 9.2).

Таблица 9.2

Мероприятие	Снижение потерь, %	Коэффициент снижения потерь
1. Устройство «карманов» на остановках общественного транспорта	44	0,56
2. Установка пешеходных ограждений	75	0,25
3. Строительство подземного пешеходного перехода	73	0,27
4. Строительство пешеходной дорожки или тротуара	82	0,13
5. Установка дорожных знаков	66	0,34
6. Установка светофорной сигнализации (трехцветный светофор)	65	0,35
7. Установка одноцветного светофора с мигающим желтым сигналом	77	0,23
8. Введение одностороннего движения	60	0,40
9. Строительство велосипедных дорожек	93	0,07
10. Оборудование трамвайных остановок	52	0,48
11. Разметка горизонтальная улицы или дороги	17	0,83
12. Разметка горизонтальная перекрестка	62	0,38
13. Установка пешеходных светофоров	50	0,5
14. Ограничение скорости движения	48	0,52
15. Введение координированного регулирования	46	0,54

Окончание табл. 9.2

Мероприятие	Снижение потерь, %	Коэффициент снижения потерь
16. Освещение проезжей части	67	0,33
17. Установка пешеходного светофора вызывного действия	56	0,44
18. Строительство развязок в разных уровнях	97	0,03
19. Разметка пешеходных переходов типа «зебра»	24	0,76
20. Увеличение радиуса кривых и расширение проезжей части в опасных местах	49	0,51
21. Расширение проезжей части в непосредственной близости от перекрестка	51	0,49

Целесообразность проведения мероприятий, направленных на сокращение ущерба от дорожно-транспортных происшествий:

$$T = C/\mathcal{E}_{\Sigma} \leq T_{\text{сущ}}, \quad (9.40)$$

где T - нормативный максимально допустимый срок окупаемости затрат на реконструкцию дороги, лет; C - капитальные затраты на реконструкцию дороги, руб.; $T_{\text{сущ}}$ - срок окупаемости, лет.

При расчете величины годового ущерба от дорожно-транспортного происшествия в результате повреждения транспортных средств принимаются по данным страховых организаций.

Контрольные вопросы

1. Как производится учет дорожно-транспортных происшествий?
2. Как оценивается степень опасности отдельных участков дороги?
3. Как оценивается безопасность дорожного движения на пересечениях?
4. Как производится обследование аварийных участков дороги?
5. Как определяется величина ущерба от дорожно-транспортных происшествий?
6. Какие мероприятия снижают вероятность дорожно-транспортных происшествий и величину ущерба от них?
7. Как оценивается ущерб от дорожно-транспортного происшествия в результате повреждения транспортных средств?

ЛЕКЦИЯ 10
**ПЛАНИРОВАНИЕ ДОРОЖНО-РЕМОНТНЫХ РАБОТ
НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИАГНОСТИКИ И
ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

10.1. Планирование видов и объемов ремонтных работ на основании анализа фактического состояния автомобильных дорог

Потребность в реконструкции или ремонте во всех случаях устанавливается путем выявления участков дорог, фактическое состояние которых по каким-либо параметрам и характеристикам не удовлетворяет действующим требованиям к обеспеченной скорости, безопасности дорожного движения, пропускной способности, способности пропускать транспортные средства с разрешенной массой и осевыми нагрузками.

Анализ состояния дорог проводится с помощью специальных компьютерных аналитических программ (далее - аналитических программ), позволяющих решать следующие задачи:

- разработка программы ремонта или реконструкции дороги с определением участков, подлежащих ремонту или реконструкции, назначением вида, местонахождения, объема и очередности дорожно-ремонтных работ, а также с расчетом необходимых для этих целей финансовых ресурсов;
- определение годовой потребности в физическом и денежном выражении в ремонте и реконструкции автомобильных дорог;
- распределение между органами управления дорожным хозяйством денежных средств, выделяемых на ремонт и реконструкцию автомобильных дорог;
- разработка программы ремонтных работ по каждому органу управления дорожным хозяйством исходя из объемов выделенных средств.

На практике в зависимости от поставленной задачи в качестве критерия для определения видов работ используется комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния дороги, характеризующий потребительские качества дороги, или показатель индекса соответствия, определяющий очередность проведения дорожно-ремонтных работ на участках, в первую очередь не соответствующих требованиям по безопасности дорожного движения.

Метод планирования, основанный на обеспеченности комплексного показателя транспортно-эксплуатационного состояния дороги, используется для детального анализа состояния дороги и оптимизации плана работ с учетом транспортного эффекта при разных условиях финансирования.

Данный метод является технико-экономическим методом, позволяющим оценивать эффективность планируемых работ и степень их влияния на изменение транспортно-эксплуатационного состояния и потребительских качеств дороги.

Критерий экономической эффективности является наиболее оптимальным при определении экономической целесообразности расходов средств и подразумевает по каждому возможному объекту дорожных работ проведение сравнения затрат на выполнение работ с эффектом, получаемым по результатам их выполнения. К наиболее значимым формам экономического эффекта относятся:

- снижение транспортных издержек;
- снижение дополнительных затрат на ремонт дороги из-за несвоевременности проведения работ или выполнения работ не в полном объеме;
- снижение затрат, связанных с дорожно-транспортными происшествиями;
- стимулирование экономического развития;
- повышенный комфорт и удобство движения.

Система показателей эффективности включает в себя:

интегральный эффект - сумму эффектов за весь период сравнения;

индекс доходности - отношение суммы эффектов к общей сумме единовременных затрат;

внутреннюю норму доходности - ту неизменную в течение расчетного периода норму дисконта, при которой сумма эффектов равна сумме единовременных затрат;

срок окупаемости - такой минимальный интервал времени от начала расчетного периода, за пределами которого интегральный эффект становится и в дальнейшем остается неотрицательным.

Интегральный эффект выбирается в роли основного критерия при оценке суммарного эффекта, получаемого при реализации выбранного решения.

Оценка индекса доходности играет важную роль при выборе в качестве основного критерия ожидаемого эффекта, получаемого на единицу затрат за весь расчетный период.

В случае важности эффекта, получаемого на единицу затрат ежегодно, определяющее значение будет принадлежать на внутреннюю норму доходности. В случае важности значения срока, после которого вложенные средства будут иметь отдачу, лучшим будет считаться вариант с наименьшим сроком окупаемости.

В условиях недостаточного финансирования дорожных работ, когда значительная часть эксплуатируемых автомобильных дорог, нуждающихся в восстановительных работах, в течение ряда лет в полном объеме не ремонтируется, наряду с критерием экономической эффективности допускается использовать индекс соответствия.

Основой данного подхода является классификация выделяемых участков дорожной сети с точки зрения их

соответствия требованиям обеспечения безопасности дорожного движения и другим требованиям, предъявляемым к дороге.

При распределении денежных средств соблюдается принцип предоставления приоритета тем участкам дорог, которые находятся в наиболее критическом с точки зрения выбранного критерия состоянии.

10.2. Планирование ремонтных работ по критерию обеспеченности расчетной скорости движения, транспортного эффекта и экономической эффективности

Потребность в ремонте определяется путем сопоставления значений частных коэффициентов обеспеченности расчетной скорости движения $K_{p.ci}$ (i - номер коэффициента; j - вид ремонтных работ) с нормативными значениями комплексного показателя транспортно-эксплуатационного состояния $KП_n$ (при оценке показателей технического уровня дороги) и с его предельно допустимыми значениями (при оценке показателей эксплуатационного состояния дороги).

При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается уточнение потребности в ремонте при условии обеспечения достаточного фактического комплексного транспортно-эксплуатационного показателя дороги $KП_ф$ (равного итоговому значению коэффициента обеспеченности расчетной скорости движения $K_{p.ci}^{итог}$ и характеризующего потребительские качества дороги) в пределах между нормативными и предельно допустимыми значениями.

Эффективность ремонта в этом случае оценивают по изменению потребительских качеств в результате ремонта дороги.

По результатам анализа фактических частных коэффициентов обеспеченности расчетной скорости движения устанавливают параметры и переменные характеристики дороги, которые являются причиной снижения транспортно-эксплуатационного состояния дороги.

На участках, где частные коэффициенты обеспеченности расчетной скорости движения не отвечают предъявляемым требованиям ($K_{p.ci} < KП_n$), намечают согласно действующей классификации соответствующие виды работ по ремонту и содержанию дороги (табл. 11.1).

Как правило, анализируемым участкам дороги соответствуют два или большее число параметров и характеристик дороги, не отвечающих нормативным требованиям.

В таких случаях должен выполняться комплексный ремонт дороги для устранения всех причин ухудшения ее транспортно-эксплуатационного состояния.

Если в результате ремонта или реконструкции дороги не все параметры и характеристики доводятся до нормативных значений, фактическое состояние дороги должно определяться минимальным значением частного коэффициента обеспеченности расчетной скорости движения, соответствующим показателю (или характеристике) дороги, не доведенному до норматива.

Таблица 11.1

Частный коэффициент обеспеченности расчетной скорости движения $K_{p.ci}$	Влияющий фактор	Вид дорожно-ремонтных работ при $K_{p.ci} < KП_n$
$K_{p.c2}$	Ширина и состояние обочин	Укрепление обочин
$K_{p.c3}$	Интенсивность движения и состав транспортного потока, ширина фактически используемой укрепленной поверхности дорожного покрытия	Уширение проезжей части, устройство укрепительных полос, укрепление обочин, уширение мостов и путепроводов
$K_{p.c4}$	Продольный уклон и видимость поверхности дороги	Смягчение продольного уклона, увеличение видимости
$K_{p.c5}$	Радиус кривых в плане	Увеличение радиусов кривых, устройство виражей, спрямление участка

<p style="text-align: center;">$K_{p.c6}$</p>	<p>Продольная ровность дорожного покрытия</p>	<p>Устройство выравнивающего слоя с поверхностной обработкой или восстановление верхнего слоя дорожного покрытия методами термопрофилирования и регенерации (ремонт дорожного покрытия при $E_{\phi} \geq E_{тр}$). Ремонт (усиление) дорожной одежды при $E_{\phi} < E_{тр}$</p>
<p style="text-align: center;">$K_{p.c7}$</p>	<p>Сцепные качества дорожного покрытия</p>	<p>Устройство шероховатой поверхности дорожного покрытия методом поверхностной обработки, втапливания щебня, укладки верхнего слоя из многощербенистого асфальтобетона</p>

Частный коэффициент обеспеченности расчетной скорости движения $K_{p.ci}$	Влияющий фактор	Вид дорожно-ремонтных работ при $K_{p.ci} < K\Pi_n$
$K_{p.c9}$	Поперечная ровность дорожного покрытия (колеи)	Ликвидация колеи методами перекрытия, заполнения, фрезерования
$K_{p.c10}$	Безопасность дорожного движения	Мероприятия по повышению безопасности дорожного движения на опасных участках

Примечания: 1. Частные коэффициенты $K_{p.ci}$ и $K_{p.c8}$ учитываются при оценке состояния дороги соответственно по $K_{p.ci}$ и $K_{p.c6}$

2. E_Φ и E_{Tp} - соответственно фактический и требуемый модуль упругости дорожной одежды и земляного полотна.,

В этом случае происходит только частичное улучшение состояния дороги и средства, затраченные на ремонт или реконструкцию, оказываются израсходованными неэффективно.

Если частный коэффициент обеспеченности расчетной скорости движения, учитывающий влияние интенсивности движения и состава транспортного потока, меньше $K\Pi_n$ ($K_{p.c3} < K\Pi_n$), то принятие решения о ремонте или реконструкции дороги осуществляется только после оценки возможности доведения значения $K_{p.c3}$ до нормативных значений за счет осуществления более экономичных работ.

Для случая, когда на участке дороги два или более факторов не удовлетворяют требованиям ($K_{p.ci} < K\Pi_n$), при назначении вида дорожных работ необходимо руководствоваться значениями коэффициентов согласно табл. 11.2.

Используя данные табл. 11.2, можно проводить оценку влияния проведения вышеуказанных видов работ на изменение частных коэффициентов обеспеченности расчетной скорости движения $K_{p.ci}$ или их доведения до нормативных значений (т.е. фактического устранения их действия).

Частичное повышение показателей коэффициентов обеспеченности расчетной скорости движения определяется с использованием зависимостей, полученных в результате статистической обработки данных о режимах движения транспортных средств при разных состояниях дорожного покрытия.

При ремонте по $K_{p.c2}$

$$K_{p.c3}^* = K_{p.c3} + \Delta K_{p.c3}; K_{p.c4}^* = K_{p.c4} \Delta K_{p.c4};$$

$$K_{p.c5}^* = K_{p.c5} \Delta K_{p.c5}; K_{p.c7}^* = K_{p.c7} \Delta K_{p.c7}; K_{p.c10}^* = K_{p.c10} \Delta K_{p.c10}.$$

Таблица 11.2

$K_{p.ci}^*$	Влияние ремонта дороги на частные коэффициенты $K_{p.ci}$ при совместном действии факторов на участке дороги								
	$K_{p.c2}$	$K_{p.c3}$	$K_{p.c4}$	$K_{p.c5}$	$K_{p.c6}$	$K_{p.c7}$	$K_{p.c8}$	$K_{p.c9}$	$K_{p.c10}$
$K_{p.c2}^*$		+	+	+		+			+
$K_{p.c3}^*$	•		•	•	•	•	•	•	•
$K_{p.c4}^*$	•			•	•	•	•	•	•
$K_{p.c5}^*$	•		•		•	•	•	•	•
$K_{p.c6}^*$						•		•	+
$K_{p.c7}^*$			+	+	+				+
$K_{p.c8}^*$					•	•		•	+
$K_{p.c9}^*$									•

Примечание. $K_{p.ci}$, $K_{p.ci}^*$ - коэффициент обеспеченности расчетной скорости движения соответственно до и после проведения дорожно-ремонтных работ; • - доведение коэффициента $K_{p.ci}$ до нормативного значения; + - частичное повышение коэффициента $K_{p.ci}$.

При ремонте по $K_{p.c6}$

$$K_{p.c8}^* = 1,05 K_{p.c8}; K_{p.c10}^* = 1,7 K_{p.c10}.$$

При ремонте по $K_{p.c7}$

$$K_{n,c10}^* = 1,15 K_{n,c10}; K_{n,c4-6}^* = 1,15 K_{n,c4-6}$$

При ремонте по $K_{p,c8}$

$$K_{n,c10}^* = 1,7 K_{n,c10}$$

Значения $\Delta K_{p,ci}$ приведены в табл. 11.3, 11.4.

По полученному перечню работ определяют требуемые затраты D на ремонт дороги, которые сравнивают с общей суммой выделяемых средств Φ .

Таблица 11.3

Тип укрепления обочин	$\Delta K_{p,c3}$ для категорий дорог			
	I	II	III	IV, V
Планировка обочин	0	0	0	0
Засев трав	0,05	0,06	0,12	0,14
Слой щебня или гравия	0,05	0,06	0,23	0,31
Асфальтобетонное, цементобетонное покрытие, обработанное вяжущим	0,12	0,15	0,42	0,47

Таблица 11.4

Тип укрепления обочин	$\Delta K_{p,c4}$	$\Delta K_{p,c5}$	$\Delta K_{p,c7}$	$\Delta K_{p,c10}$
Планировка обочин	1	1	1	1
Засев трав	1	1	1	1
Слой щебня или гравия	1	1	1,12	1,12
Асфальтобетонное, цементобетонное покрытие, обработанное вяжущим	1,11	1,12	1,15	1,15

По результатам сравнения выбирают метод планирования ремонтных работ.

При определении стоимости ремонта дорожной одежды $C_{дi}$, руб., и дорожного покрытия $C_{пi}$, руб., необходимо учитывать затраты и по другим видам одновременно выполняемых работ, назначаемых в соответствии с действующей классификацией дорожно-ремонтных работ:

$$C_{дi} = 2500 B_{пi} l_i K_T Z_K [\exp(0,0075 E_{TP}) - \exp(0,0075 E_{\phi})] K_x; \quad (11.1)$$

$$C_{пi} = 1000 B_{пi} l_i C_{пi} K_T Z_c K_x, \quad (11.2)$$

где $B_{пi}$ - ширина проезжей части, м; l_i - длина i -го характерного участка, км; K_T - территориальный коэффициент стоимости согласно нормативам удельных капитальных вложений в строительство автомобильных дорог общего пользования; Z_K, Z_c - коэффициенты, учитывающие затраты по другим видам работ, осуществляемых одновременно с работами соответственно по ремонту дорожной одежды и дорожного покрытия (табл. 11.5);

E_{TP}, E_{ϕ} - соответственно требуемый и фактический модуль упругости дорожной одежды, МПа; $C_{пi}$ - затраты на устройство 1 м² поверхностной обработки (с выравнивающим слоем), руб.; K_x - поправочные коэффициенты, показывающие, во сколько раз стоимость работ в рассматриваемом году изменилась по отношению к базовому году.

Таблица 11.5

Тип дорожной одежды	Категории дорог	Z_K	Z_c
Капитальный	I, II	2,07	1,49
	III	2,13	1,53
Облегченный	III, IV	2,44	1,76

Переходного типа	IV, V	3,7	2,66
------------------	-------	-----	------

При необходимости ремонта, капитального ремонта или реконструкции участков автомобильной дороги затраты на выполнение работ могут рассчитываться с использованием укрупненных показателей согласно действующим нормативам удельных капитальных вложений в строительство автомобильных дорог общего пользования.

При достаточном объеме финансирования ($\Phi \geq D$) в качестве критерия назначения очередности работ принимается транспортный эффект на перевозках пассажиров и грузов.

Для практических целей используется условный относительный показатель себестоимости, позволяющий оценивать приоритеты отдельных видов ремонтных работ, что является важным для организации дорожно-ремонтных работ поточным методом. В этом случае в первую очередь подлежат ремонту участки дороги, для которых обеспечивается наибольший эффект Θ_{dj} :

$$\Theta_{dj} = \sum_{i=1}^n \Delta K_{p.cij} \frac{l_i N_{ci}}{100} \rightarrow \max, \quad (11.3)$$

где $\Delta K_{p.cij}$ - разница между коэффициентами обеспеченности расчетной скорости движения на i -м характерном участке дороги после и до ремонта при рассматриваемом j -м виде ремонтных работ:

$$\Delta K_{p.cij} = K\Pi_{dj}^{\text{после}} - K\Pi_{dj}^{\text{до}}, \quad (11.4)$$

l_i - протяженность i -го участка, подлежащего ремонту, км; N_{ci} - фактическая интенсивность движения на i -м участке дороги, авт./сут; n - число i -х участков.

По формуле (11.4) выполняют относительную оценку эффекта (по отношению к участку дороги длиной 1 км с движением транспортного потока интенсивностью 100 авт./сут) для обеспечения возможности сопоставления разновременных результатов расчета между собой применительно к дорогам разных категорий.

Определяя эффект по конкретному виду работ, следует считать, что другие виды работ на автомобильной дороге не проводятся.

При ограниченных ресурсах ($\Phi < D$) возникает потребность в рациональном распределении ежегодно выделяемых средств по ремонтируемым участкам дороги.

Вид и очередность ремонтных работ определяют по критерию, учитывающему отличия выполняемых ремонтных работ по межремонтным срокам службы.

В первую очередь исправляют те параметры дороги, которые способствуют наибольшему снижению транспортных издержек на единицу вложенных средств в ремонт или реконструкцию участка дороги и недопущению дополнительных затрат из-за недоремонта дороги

$$\Theta_0 = \frac{1}{S_{ij}} \left(\sum_{t=1}^T \Delta S_{ij} + \Delta D_j + \Delta M_j - \Delta P_j \right) \rightarrow \max, \quad (11.5)$$

где S_{ij} - затраты на ремонт i -го участка дороги при j -м виде ремонтных работ, руб.; ΔS_{ij} - экономия затрат на перевозках в t -й год после ремонта дороги, руб.; ΔD_j - эффект,

связанный с недопущением потерь из-за несвоевременности проведения или выполнения работ не в полном объеме, руб.; ΔM_j - дополнительный эффект за счет ремонта искусственных сооружений, руб.; ΔP_j - потери на перевозках из-за ухудшения условий движения в процессе проведения ремонтных работ, руб.; T - фактический период суммирования эффекта на перевозках, лет.

Фактический период суммирования эффекта для случая укрепления обочин (коэффициент $K_{p.c2}$) принимается в соответствии с нормами межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд.

При уширении проезжей части (коэффициент $K_{p.c3}$), исправлении продольного уклона (коэффициент $K_{p.c4}$) и радиусов кривых в плане (коэффициент $K_{p.c5}$) период суммирования принимается равным $t_{рек}$, но не более 20 лет.

Фактический срок службы автомобильной дороги до реконструкции

$$t_{рек} = \frac{1}{\lg q} \left(\lg \frac{N_{расч}}{N_1} + 1 \right), \quad (11.6)$$

где N_j - интенсивность движения транспортного потока (или приведенная к расчетному автомобилю при доле легковых автомобилей в транспортном потоке $p_i > 0,3$) в первый год после ремонта дороги, авт./сут; $N_{расч}$ - расчетная интенсивность движения, авт./сут; q - показатель роста интенсивности движения во времени, $q > 1$.

Эффект от проведения работ по усилению дорожных одежд и устройству выравнивающих слоев с поверхностной обработкой (коэффициент $K_{р.сб}$) рассматривается на период $T = 3 - 20$ лет, но не более $t_{рек}$.

Эффект от устройства поверхностных обработок (коэффициент $K_{р.с7}$) определяется, исходя из норм межремонтных сроков службы дорожных покрытий $T = 2 - 8$ лет в зависимости от интенсивности движения, типа дорожной одежды и региональных условий.

Транспортный эффект, учитывающий межремонтные сроки службы, рост интенсивности движения, изменение состояния дорожного покрытия во времени и отдаленность затрат в любой t -й год эксплуатации.

$$\Delta S_t = \Delta S_1 q^{t-1} \left(1 + \frac{1-t}{T-1} \right) \frac{1}{(1+E_{н.п})^t}, \quad (11.7)$$

где ΔS_1 - экономия издержек на автомобильные перевозки в первый год после ремонта, руб.; $E_{н.п}$ - коэффициент для приведения разновременных затрат, $E_{н.п} = 0,08$.

Экономия издержек на автомобильные перевозки определяют как сумму этих издержек для разных типов автомобилей:

$$\Delta S_1 = \sum_{j=1}^m \Delta S_j, \quad (11.8)$$

где ΔS_j - экономия издержек для j -го типа автомобиля, руб.; m - число типов автомобилей в транспортном потоке.

Экономия издержек автомобиля на участке дороги протяженностью l_j

$$\Delta S_j = 3,65 l_j N_{сi} p_j \times \left[S_{перj} (K_i^{до} - K_i^{после}) + (S_{постj} + d_j) \left(\frac{1}{v_j^{до}} - \frac{1}{v_j^{после}} \right) \right], \quad (11.9)$$

где p_j - доля j -го автомобиля в транспортном потоке, отн. ед.; $S_{перj}$, $S_{постj}$ - расчетные значения соответственно переменных и постоянных затрат в себестоимости пробега j -го автомобиля, коп./маш. • км) и коп./маш. • ч) соответственно; K_i - коэффициент влияния дорожных условий; d_j - часовая заработная плата водителя, коп./маш. • ч); v_j - фактическая средняя скорость движения j -го автомобиля, км/ч.

Показатели $S_{перj}$, $S_{постj}$, d_j , K_i определяются в соответствии с действующим порядком.

Эффект, связанный с недопущением потерь из-за несвоевременности ремонта дорожной одежды, рассчитывают с учетом отдаленности затрат во времени:

$$\Delta D_j = \Delta h \frac{1}{(1+E_{н.п})^t}, \quad (11.10)$$

где Δh - дополнительные затраты на усиление дорожной одежды, определяемые с учетом снижения фактического модуля упругости конструкции, руб.; $t = 1$ год (при ежегодно выделяемых средствах на ремонт дорог).

В рассматриваемом случае пренебрегают малостью затрат на установку дополнительных дорожных знаков, предупреждающих и ограничивающих скорость движения на участках, на которых не удастся своевременное проведение ремонтных работ.

Модули упругости дорожной одежды

$$E_{\text{фг}} = (E_{\text{г}} K_{\text{пр}} K_{\text{рег}} + \Delta) \frac{K_{\text{п}}}{X_j}; \quad (11.11)$$

$$E_{\text{г}} = A + B \left[\lg \left(\gamma \omega N_1 \frac{q^{T_{\text{ф}}} - q^t}{q-1} \right) - 1 \right], \quad (11.12)$$

где $K_{\text{пр}}$, $K_{\text{рег}}$, A , $K_{\text{п}}$, X_j , A , B , γ , ω - параметры, назначаемые в соответствии с ОДН 218.1.052 - 2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд», утвержденном распоряжением Минтранса России от 19.11.2002 № ОС-1040-р; N_1 - интенсивность движения на полосу в первый год после проведения диагностики, приведенная к расчетным автомобилям (осевая нагрузка 100 кН), авт./сут; $T_{\text{ф}}$ - фактический срок службы дорожной одежды с модулем упругости конструкции $E_{\text{ф}}$, лет; $t = 1$ год (при ежегодно выделяемых средствах на ремонт дорог).

Формула (11.12) справедлива при условии $5 < Y < 10000$, где $Y = \gamma \omega N_1 \frac{q^{T_{\text{ф}}} - q^t}{q-1}$.

В случае, когда $Y < 5$, участок требует немедленного ремонта:

$$T_{\text{ф}} = \frac{1}{\lg q} \lg \left[\frac{10^x (q-1)}{\gamma \omega N_{\text{ф}} q} + 1 \right]; \quad (11.13)$$

$$x = \frac{E_i - A}{B} + 1; \quad (11.14)$$

$$E_i = \left(\frac{E_{\text{ф}} X_i}{K_{\text{п}}} - \Delta \right) \frac{1}{K_{\text{пр}} K_{\text{рег}}}, \quad (11.15)$$

где $N_{\text{ф}}$ - фактическая интенсивность движения транспортного потока, приведенная к расчетному автомобилю на полосу, авт./сут.

Потери ΔP_j за счет нарушения режимов движения транспортных средств в процессе ремонта дорог определяют по формуле, аналогичной формуле (11.9), но при этом используют значение скорости движения до ремонта и в процессе ремонта дороги и учитывают затраты за время проведения ремонтных работ, а не за период 365 дней.

Эффект от проведения тех или иных ремонтных работ оценивают с учетом взаимного влияния факторов при их совместном действии (см. табл. 11.2).

Определяя эффект на 1 руб. дорожных затрат по каждому виду работ, осуществляют ранжирование работ по степени убывания эффекта. Последовательно суммируя затраты на ремонт, полученные величины сопоставляют с выделяемыми на ремонт средствами.

Выбор работ по ремонту дороги прекращают в момент равенства фактических затрат и суммы выделяемых денежных средств.

Подобные расчеты проводят при разных требованиях к транспортно-эксплуатационному состоянию дороги:

$$K\Pi_{\text{тр}} = (0,5...1) K\Pi_{\text{н}}.$$

Окончательно выбирают вариант с максимальным значением фактического комплексного транспортно-эксплуатационного показателя $\Pi_{\text{д}}^{\text{после}}$ для рассматриваемых участков дороги в целом.

Выбор видов и очередности работ по ремонту дороги в условиях ограниченных ресурсов может быть выполнен вручную без использования вычислительной программы по более простому критерию оценки транспортных издержек - приросту комплексного показателя транспортно-эксплуатационного состояния (после и до ремонта) $K\Pi_i$:

$$\Theta_i = \frac{C_{\text{г}}}{\Delta K_{\text{р,сг}} N_{\text{с}} l_i} \rightarrow \min, \quad (11.16)$$

где C_{ij} - затраты, определяемые для каждого i -го участка дороги и j -го вида работ, руб.; $\Delta K_{p,ci}$ определяют по формуле (11.4); N_c - интенсивность движения транспортного потока, авт./сут; l_i - длина i -го участка, км. Анализ частных коэффициентов обеспеченности расчетной скорости движения на каждом i -м участке дороги осуществляется аналогично изложенному выше с рассмотрением возможности ремонта по каждому коэффициенту $K_{p,ci} < K_{П}$.

10.3. Планирование ремонтных работ на основании индексов соответствия

Под индексом соответствия, назначаемым экспертным путем, понимается уровень соответствия состояния участков дорог требованиям безопасности дорожного движения в сочетании с соответствием нормативным требованиям сцепных качеств и ровности дорожного покрытия, наличия виража и укрепленных обочин на этих участках.

Индекс соответствия не заменяет экономический критерий, а служит инструментом для анализа результатов диагностики, в первую очередь на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий и планирования дорожно-ремонтных работ в условиях их недостаточного финансирования.

Помимо уровня безопасности дорожного движения критериями распределения выделенных денежных средств на реконструкцию и ремонт автомобильных дорог могут выступать дефектность дорожной одежды, коэффициент прочности дорожной конструкции, показатели ровности и сцепных свойств дорожного покрытия.

Распределение выделенных денежных средств может осуществляться по каждому критерию отдельно или по комбинации перечисленных критериев. Все участки дорог разбивают на группы в зависимости от значения выбранного критерия. Каждой группе присваивают соответствующий ранг.

При определении очередности работ по реконструкции помимо степени опасности участков дорог учитывают уровень загрузки движением. В первую очередь выбирают очень опасные участки с наибольшим уровнем загрузки движением.

При использовании в качестве основного критерия уровня безопасности дорожного движения анализируют фактические данные о дорожно-транспортных происшествиях, произошедших за последние 3 года.

В соответствии с Методическими рекомендациями по назначению мероприятий для повышения безопасности движения на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий устанавливают адреса участков с разной степенью опасности по условиям движения транспортных средств.

Все объекты разбиваются на группы по степени их опасности. При определении очередности ремонтных работ руководствуются табл. 11.6, по которой можно установить средневзвешенный показатель очередности ремонтных работ.

Участкам, не требующим ремонта, присваивается показатель очередности или состояния, равный 5.

При отсутствии средств на реконструкцию дорог и ограниченных финансовых ресурсах на ремонт выполнение работ по реконструкции дорог не предусматривается, а ремонтные работы планируются только на участках с показателями очередности (а, следовательно, и оценкой состояния) 0; 1 и 2. Остаточная неиспользованная часть выделенных средств направляется на ремонт участков с показателем очередности 3.

На участках дорог с повышенной опасностью для дорожного движения, но с транспортно-эксплуатационным состоянием, отвечающим действующим требованиям, проводится дополнительный анализ для назначения необходимых мероприятий.

Таблица 11.6

Очередность ремонтных работ	Состояние участка по условиям безопасности дорожного движения	Показатель очередности и состояния участка
Первая	Очень опасные или опасные и с неудовлетворительным коэффициентом сцепления	0
Вторая	Очень опасные или опасные и с неудовлетворительной ровностью дорожного покрытия, или (и) отсутствием виража, или (и) с неукрепленной обочиной	1
Третья	Малоопасные и неопасные и с неудовлетворительным коэффициентом сцепления	2
Четвертая	Малоопасные и неопасные и с неудовлетворительной ровностью дорожного покрытия, или (и) отсутствием виража, или (и) с неукрепленной обочиной	3
Пятая	Остальные участки, нуждающиеся в ремонте	4

В качестве временной меры на таких участках предусматривается улучшение организации дорожного дви-

жения: ограничение скорости движения, запрещение обгонов и др.

Все другие участки с недостатками дорожных условий рассматриваются только после тех, которые характеризуются повышенной аварийностью.

На основе принципа приоритетов формируется минимальная годовая программа работ - программа-минимум, которая определяет минимально необходимую потребность в ремонтных работах для поддержания требуемого уровня безопасности дорожного движения.

При формировании программы - максимум учитывается полная потребность в работах по реконструкции и ремонту дорог, реализация которых позволяла бы добиться удовлетворения требований индекса соответствия.

Контрольные вопросы

1. Как устанавливается необходимость ремонта или реконструкции дороги?
2. Как производится планирование видов и объемов работ по ремонту или реконструкции дороги?
3. Как производится планирование ремонтных работ по критерию обеспеченности расчетной скорости движения?
 4. Как определяются требуемые затраты на ремонт дороги?
 5. Как определяется эффект по конкретному виду ремонтных работ?
 6. Каковы особенности планирования ремонтных работ на основании индексов соответствия?

ЛЕКЦИЯ 11
**СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГ В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА**

11.1. Охрана автомобильных дорог и ограничение движения в весенний период

Для поддержания нормальных условий движения по автомобильным дорогам большое значение имеет соблюдение правил пользования автомобильными дорогами, охраны дорог и дорожных сооружений. Охрана дорог общего пользования обеспечивается соответствующими дорожными организациями, органами внутренних дел и местной администрацией.

Основным требованием этих правил является разрешение движения по автомобильным дорогам транспортных средств, гарантирующих безопасность дорожного движения, сохранность дорог и дорожных сооружений. Наиболее частым нарушением является выезд на дороги общего пользования гусеничных тракторов, разрушающих дорожную одежду, дорожное покрытие и обочины.

Другим примером нарушений является выезд на дороги общего пользования негабаритных сельскохозяйственных машин без специального сопровождения ГИБДД МВД России, создающих опасные условия движения и заторы.

Для дорожных сооружений большую опасность представляет движение негабаритных большегрузных транспортных средств. Поэтому Правилами дорожного движения предусматривается обязательное согласование маршрута и времени проезда таких транспортных средств.

Большую опасность для проезжающих могут составлять временно хранящиеся на обочинах грузы без специального ограждения и оборудования их знаками, поэтому запрещается использование обочины для перевалки грузов.

Согласно Правилам дорожного движения требуется согласование с дорожными службами возможности использования земли в пределах полосы отвода, собственниками которой являются дорожные службы.

Жесткое соблюдение всех требований правил охраны автомобильных дорог должно обеспечиваться в весенний период, когда дорожная одежда и дорожные сооружения находятся в наиболее ослабленном состоянии.

В земляном полотне дорог, расположенных в районах с характерными сильными зимними морозами и дождливой осенью, происходит значительное перераспределение влаги. Перемещающаяся снизу вверх вода от высоких значений температуры (из талых слоев грунта) к низким (к основанию дорожной одежды) накапливается в грунте в виде кристаллов льда. Разность температур колеблется в пределах от +4...6 °С у уровня грунтовых вод до отрицательных температур в мерзлой зоне грунта.

Перемещение воды в промерзшем грунте происходит по пленкам, обволакивающим грунтовые частицы, от более теплых частиц к более холодным; путем конденсации на поверхности охлажденных грунтовых частиц водяных паров; по тонким капиллярам.

Перемещение влаги и ее накопление в мерзлом грунте наиболее интенсивно происходит в пылеватых грунтах, имеющих большое количество частиц размером 0,002...0,05 мм. Количество влаги, накапливаемой в виде льда, зависит от скорости подъема воды к промерзшему грунту.

Накапливание ледяных прослоек в основании дорожной одежды в течение зимы вызывает увеличение объема грунта и неравномерное взбугривание (пучение) поверхности проезжей части. Весной в процессе таяния льда основание переувлажняется, и дорожная одежда теряет прочность.

Проезд тяжелых транспортных средств в этот период может привести к просадкам, образованию трещин и даже проломам дорожной одежды.

Пучинообразование обычно происходит при наличии грунта, подверженного пучению, его промерзании, интенсивном перемещении влаги. В случае отсутствия одного из этих факторов пучины не образуются. Исследования показали цикличность характера пучинообразования.

В годовом цикле дорожной одежды различают следующие периоды:

- первоначальное переувлажнение земляного полотна поверхностным стоком и грунтовыми водами осенью;
- интенсивное перераспределение влаги зимой и скопление ее в промерзшем грунте земляного полотна; в этот период происходит взбугривание поверхности дорожного покрытия (обычно на высоту 5...10 см, иногда 30 см);
- неравномерное оттаивание (вскрытие пучин) весной с появлением большого количества воды под дорожной одеждой при более быстром ее прогревании под лучами солнца по сравнению с прогреванием земляного полотна, еще покрытого снегом. Этот период наиболее опасен с точки зрения сохранности дорожной одежды;
- восстановление нормального водного режима земляного полотна и дорожной одежды.

Регулярное образование пучин наблюдается на автомобильных дорогах, расположенных к северу от линии, проходящей через Белгород, Воронеж, Димитровград, Уфу, Стерлитамак.

Пучинообразование вызывает значительные разрушения дорожного покрытия и всей дорожной одежды. Эти разрушения становятся еще более существенными при интенсивном движении на дороге и наличии в соста-

ве транспортного потока автомобилей большой массы.

Для обеспечения сохранности дорог службами эксплуатации и организации дорожного движения предусматривается ряд мероприятий, зависящих от интенсивности движения на дороге и возможности ограничения проезда.

В качестве временных мер вводят ограничение или закрытие проезда тяжелых грузовых автомобилей на период наибольшего переувлажнения низа дорожной одежды, а также разрабатывают инженерные мероприятия по уменьшению нагрузки на пучинистых участках дорожных покрытий. Радикальной мерой является полная перестройка пучинистых участков.

Выбор мероприятий по обеспечению сохранности дорожной одежды в весенний период осуществляют по результатам обследования прочностных характеристик дорожной одежды и грунтов земляного полотна.

На основе таких обследований устанавливают фактическое значение модуля упругости дорожной одежды E_{ϕ} , которое сравнивают с требуемым значением $E_{тр}$ (табл. 12.1).

При соотношении $E_{\phi} < E_{тр}$ на дороге предусматривают ограничение проезда тяжелых автомобилей.

Ориентировочная оценка состояния дорожной одежды может быть осуществлена также по прогибу, измеряемому прогибомером.

При планировании ограничения или закрытия проезда по дороге анализируют прогноз температуры воздуха на месяц вперед. Кроме того, ежедневно анализируют темпы оттаивания грунта земляного полотна.

Таблица 12.1

Категория дороги	Минимальный расчетный модуль упругости, МПа, для дорожных покрытий		
	капитальных	усовершенствованных облегченных	переходного типа
I	210	-	-
II	185	150	-
III	165	135	-
IV	150	115	85
V	-	90	65

Проезд закрывают в момент начала наиболее интенсивного оттаивания и резкого повышения температуры воздуха. При этом важна визуальная оценка состояния проезжей части.

Первыми признаками таяния льда под дорожной одеждой являются темные влажные пятна на поверхности дорожного покрытия, особенно заметные на щебеночных покрытиях, обработанных вяжущими. Дорожные покрытия покрываются сеткой трещин из-за наличия под дорожной одеждой разжиженного грунта.

Обычно у работников дорожно-эксплуатационной службы по опыту прошлых лет имеется информация об участках, наиболее подверженных пучению. Такие участки закрывают в первую очередь. О закрытии дороги или отдельных участков на определенный период дорожной службой осуществляется заблаговременное информирование в средствах массовой информации.

При невозможности полного закрытия движения на дороге выполняются инженерные мероприятия, предупреждающие разрушение дорожной одежды. Основное назначение этих мероприятий - снижение нагрузки на дорожную одежду.

Для снижения нагрузки насыпается слой песка на проезжей части в месте пучины (толщина слоя песка должна быть не более 10 см); укладываются фашины из хвороста или бревенчатые настилы. Перечисленные мероприятия выполняются одновременно с открытием дренажных воронок, обеспечивающих отвод воды из-под низа дорожной одежды.

Наиболее существенными являются следующие мероприятия: поднятие низа дорожной одежды над горизонтом грунтовых вод; замена пучинистого грунта высококачественным грунтом; устройство совершенных дренажных сооружений; устройство теплоизоляционных слоев.

Полная ликвидация пучин возможна только после проведения всего комплекса мероприятий.

11.2. Защита автомобильных дорог от снега

Зимний период является наиболее сложным с точки зрения организации дорожного движения и всего транспортного процесса.

Большие трудности для движения возникают в районах с интенсивными снежными осадками. Отложение снега приводит к значительному снижению скоростей движения, а на снегозаносимых участках в период больших снежных осадков - к полному прекращению движения.

Накопленный в разных странах опыт показывает невозможность полного предотвращения отложения снега даже при наличии мощных снегоуборочных машин.

В ряде случаев на дорогах низших категорий при определенных климатических условиях и интенсивности

движения целесообразно сохранение снега, добываясь его хорошего уплотнения. Для районов с устойчивыми отрицательными температурами рекомендуются следующие значения толщины уплотненного снега:

Интенсивность движения авт./сут.....	Менее 100	100-150	150-300	300-500	Более 500
Толщина уплотненного снега, см.....	Не ограничена	30...40	20...25	12...15	8...10*

* Как исключение.

Наличие снежного покрова на проезжей части необходимо учитывать при организации дорожного движения введением ограничения скорости на всем протяжении дороги и, особенно, на опасных участках, где возможны заносы автомобиля.

С целью правильности выбора мероприятий по предупреждению заноса дороги снегом проводят обследование дорог в зимний период и анализируют данные многолетних наблюдений за снежными осадками, накопленные на метеостанциях.

Существуют три формы снежных осадков, приводящих к появлению снежного покрова на проезжей части дорог: снегопад без переноса ветром ранее выпавшего снега; метель без выпадения нового снега; снегопад в сочетании с ветром, перемещающим ранее выпавший снег.

При второй и третьей формах на дорогах образуются снежные заносы. Их возникновение зависит от следующих факторов: скорости и направления ветра; количества приносимого ветром снега; рельефа окружающей местности; наличия снегозадерживающих препятствий.

Отложение снега происходит при резком уменьшении скорости ветра в отдельных зонах около дороги. Сухой, рыхлый снег переносится при скорости ветра 3...4 м/с.

При уменьшении скорости ветра происходит отложение снега. С увеличением скорости ветра увеличивается количество снега, переносимого и откладываемого в зонах снижения скорости ветра. Наиболее подвержены снежным заносам участки дороги, ось которых расположена перпендикулярно преобладающему зимой направлению ветра.

Опасность заноса отсутствует при углах между направлением ветра и осью участков дороги менее 20...30 °.

Для правильного выбора мероприятий по снегозащите дорог определяется количество приносимого к дороге снега, м³/м:

$$Q_n = 0,012 \sin \alpha \sum_{i=1}^n q_i t_i; \quad (12.1)$$

$$q = 0,013 w^3, \quad (12.2)$$

где α - угол между направлением ветра и направлением снегозащитных ограждений; q_i - интенсивность переноса снега, г/см; t_i - продолжительность метели, ч, интенсивностью q_i ; w - скорость ветра, измеренная на высоте 10 м над поверхностью земли, м/с; n - число случаев снежных заносов при разной интенсивности q_i в течение зимы.

Общий объем снегопереноса равен сумме объемов снега, нанесенного к дороге с разных направлений:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\alpha 1} + Q_{\alpha 2} + Q_{\alpha 3} + \dots + Q_{\alpha n}. \quad (12.3)$$

Формулы (12.1) - (12.3) применимы при $w = 8...20$ м/с и $\alpha > 30$ °.

Ниже приведены максимальные объемы (в скобках - в исключительных случаях) снегопереноса в районах Российской Федерации, м³/м:

Крайний Север.....	600...1500 (2000...3000)
Равнинные территории европейской части.....	100...150 (200...1400)

С целью недопущения заноса дороги снегом необходима разработка комплекса мероприятий двух видов: направленных на предупреждение заноса и оперативных работ по снегоочистке.

Наиболее действенным является правильное проектирование трассы дороги по отношению к господствующему зимой направлению ветра. При невозможности уменьшения угла между осью дороги и направлением ветра дорогу проектируют в насыпи. Возвышение бровки насыпи над поверхностью земли, м, должно быть не менее

$$H = H_{\text{сн.п}} + \Delta H, \quad (12.4)$$

где $H_{\text{сн.п}}$ - наибольшая высота снежного покрова в районе проложения дороги, м; ΔH - превышение насыпи над снежным покровом, необходимое для повышения скорости ветра до значения, при котором не происходит отложение снега, м.

Значение H рекомендуется принимать в 2 - 2,5 раза больше многолетней высоты снежного покрова в рассматриваемом районе. Снегоотложение у насыпи не происходит при крутизне откоса снежного шлейфа 1:5 - 1:6.

Наиболее подвержены заносу снегом выемки. Менее заносимы глубокие выемки, так как много снега откладывается на откосах, имеющих большую площадь. Глубину снегонезаносимой выемки определяют по формуле

$$H_{\text{в}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{п}}}{0,3}} \cdot c, \quad (12.5)$$

где $Q_{\text{п}}$ - количество снега, приносимого к дороге, м³/м; c - коэффициент, зависящий от направления ветра, $c = 0,5$; ρ - плотность снега на откосах выемок, кг/м³.

Для снегозадержания используют комплекс ограждений (табл. 12.2, рис. 12.1). В некоторых районах с постоянным направлением зимних ветров устраивают снегозащитные заборы, каменные и бетонные стены, а в горных районах - снегозащитные галереи.

Наиболее надежно защищают дорогу от снега лесонасаждения. Тип деревьев и кустарников, из которых составляют снегозащитные полосы, выбирается по следующим признакам: условия произрастания в данной местности; темпы роста; снегозащитные свойства (теснота расположения ветвей и густота кроны).

Важной работой, выполняемой дорожно-эксплуатационными службами, является очистка дорог от снега, обеспечивающая бесперебойное, безопасное и удобное движение транспортных средств с заданными скоростями и нагрузками.

Существуют следующие способы снегоочистки: патрульная; усиленная; уборка сосредоточенных масс снега; авральная.

Таблица 12.2

Вид снегозащитного ограждения	Характеристики снегозащитного ограждения	Объем снегозадержания, м ³ /м
Кустарниковые лесонасаждения	Полосы распределенной конструкции	100
Двухрядные снегозадерживающие заборы	Просветность заборов - 50...70 %	90...95
Трехрядные линии (два ряда снегозадерживающих заборов и один ряд решетчатых щитов со стороны поля)	Просветность заборов - 50...70 %, решетчатых щитов - 50 %	90...95
Двухрядные решетчатые щиты	Просветность решетчатых щитов - 57 %	90...95
Однорядные снегозадерживающие заборы	Просветность снегозадерживающих заборов - 50...65 %	70...85
Однорядные решетчатые щиты	Просветность решетчатых щитов - 57 %	65

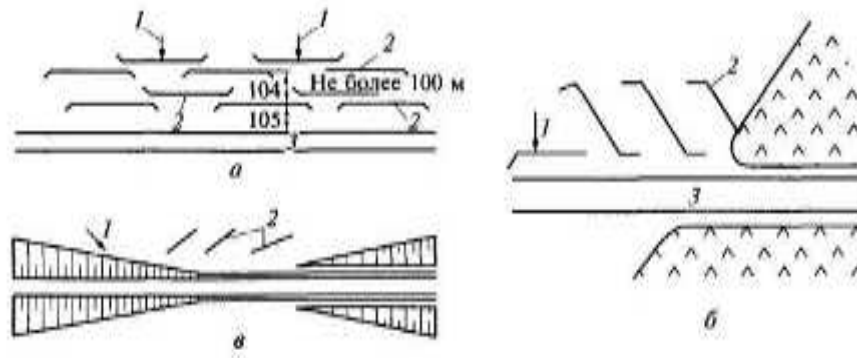


Рис. 12.1. Расположение снегозадерживающих заборов по отношению к автомобильной дороге:

a - сбоку от дороги; *б* - при входе дороги в лес; *в* - при переходе дороги из выемки в насыпь;
 1 - направление ветра; 2 - снегозадерживающие заборы; 3 - дорога

Основным снегоочистительным мероприятием является патрульный способ очистки дорог, который заключается в очистке дороги путем регулярных проездов (патрулирования) снегоочистительных машин в течение всего времени продолжения метели или интенсивного снегопада.

Дежурство бригад, работающих на патрульной очистке с целью оперативного выполнения работы, организуется круглосуточно.

Потребность в количестве снегоуборочных машин зависит от объема работ по уборке снега, срока их выполнения и производительности машин:

$$n = \frac{Q_{уб}}{P_э T_d}, \quad (12.6)$$

где $Q_{уб}$ - объем снега, подлежащего уборке за один цикл снегоочистки на рассматриваемом участке дороги, $м^3$; $P_э$ - эксплуатационная производительность одной снегоуборочной машины, $м^3/м$; T_d - время, в течение которого необходимо выполнить очистку дороги от снега, ч.

В формуле (12.6) величина T_d зависит от административного значения дороги: для дорог общегосударственного значения и подъездов к больницам $T_d = 2...4$ ч; для дорог местного значения $T_d = 6...8$ ч; для остальных дорог $T_d = 4...6$ ч.

Производительность снегоуборочных машин следующая:

автогрейдеров $250...800$ $м^3/ч$; бульдозеров $400...600$ $м^3/ч$; роторных снегоочистителей $1300...2000$ $м^3/ч$.

Для хорошей видимости снегоуборочных машин на дороге их окрашивают в ярко-оранжевый цвет. Во время работы включают сигнальные маяки.

11.3. Повышение сцепных качеств дорожных покрытий

Важнейшей задачей службы эксплуатации автомобильных дорог является поддержание высоких сцепных качеств дорожных покрытий. Сцепные качества дорожных покрытий меняются в течение эксплуатации автомобильных дорог, поэтому наряду с обеспечением шероховатости нового дорожного покрытия применяют методы, позволяющие повысить шероховатость находящихся в эксплуатации дорожных покрытий.

Высокие сцепные качества новых дорожных покрытий обеспечиваются применением каркасного (многощелебистого) асфальтобетона (содержание щебня $50...65$ %). На таком дорожном покрытии коэффициент сцепления более $0,5$.

В последние годы широкое распространение получило строительство шероховатого покрытия с втапливанием щебня, обработанного битумом, в мелкозернистый асфальтобетон. Достоинствами этого метода являются простота осуществления и достижение необходимого коэффициента сцепления сразу после укладки асфальтобетонной смеси. При этом длительное время не требуется устройство поверхностной обработки.

Для втапливания используется гранитный щебень размером 18 или 12 мм, обработанный битумом. Расход щебня - 12 $кг/м^2$.

Мелкозернистый асфальтобетон, в который втапливается щебень, имеет следующий состав, % по массе: щебень размером $9,5...15$ мм - 30 ; песок - $51,7...54,7$; минеральный порошок - $7,9...9,9$; битум - $7,4...8,4$.

При устройстве такого дорожного покрытия применяется следующая технология. Сначала укладывают мелкозернистую асфальтобетонную смесь. Следом за укладчиком движется самоходный распределитель щебня,

затем катки разной массы, уплотняющие смесь и втапливаемый щебень.

В США предложена дренирующая шероховатая дорожная одежда, состоящая из трех конструктивных слоев: нижнего водонепроницаемого, укладываемого с большим поперечным уклоном для отвода воды, и двух дренирующих, уложенных без поперечного уклона.

Достоинствами такого покрытия являются быстрое удаление воды из зоны контакта шины с дорожным покрытием, предупреждение аквапланирования; высокая шероховатость дорожного покрытия; отсутствие брызг при проезде грузовых автомобилей.

Резкое снижение аварийности на влажном дорожном покрытии (в 5 раз) достигается в случае, когда слой износа укладывают из смеси, содержащей 76 % каменного материала размером до 9 мм и 15 % битумной эмульсии.

В некоторых странах для получения высокого коэффициента сцепления дорожного покрытия сразу же после укладки в горячий асфальтобетон втапливают дробленый песок.

Разработаны битумные шламы, укладываемые в качестве верхнего слоя износа и обеспечивающие коэффициент сцепления 0,4...0,6. Коэффициент сцепления увеличивается при втапливании в шлам щебня размером 5...10 или 10...15 мм. Битумные шламы можно применять только при интенсивности движения не более 3000 авт./сутки.

Повышение коэффициента сцепления обычного асфальтобетонного покрытия может быть достигнуто путем введения в асфальтобетонную смесь добавок из полимерных материалов.

Мероприятия по повышению сцепных качеств дорожных покрытий можно подразделить на периодически повторяемые и повседневные.

К периодически повторяемым мероприятиям относятся текущий ремонт, удаление волн и гребенки, возобновление слоев износа с выравниванием поперечного профиля, шероховатую поверхностную обработку, укрепление обочин, устройство твердых покрытий на съездах, въездах и пересечениях. К повседневным мероприятиям относятся регулярная очистка дорожного покрытия, россыпь каменной мелочи в жаркое время по выступающему битуму, борьба с гололедом и снежными заносами.

Для повышения коэффициента сцепления дорожных покрытий, находящихся в эксплуатации, чаще всего проводят поверхностную обработку, которая предназначена для повышения не только коэффициента сцепления, но и прочности всей дорожной одежды. Применяется одиночная и двойная поверхностная обработка.

Поверхностную обработку выполняют следующим образом. На отремонтированное и тщательно очищенное дорожное покрытие разливают органическое вяжущее (битум или деготь) в количестве 0,5...0,8 л/м². Затем рассыпают щебень, обработанный битумом, и уплотняют его. Температура разлива битума 60... 80 °С. Наилучшую шероховатость обеспечивает применение одноразмерного щебня кубовидной формы размером 5...10; 10...15; 15...20 мм. Работы должны выполняться только в сухую погоду. Температура воздуха должна быть не ниже +15 °С. Осенью работы заканчиваются за 15 - 20 дней до наступления дождливого и холодного периода. Движение после устройства обработки открывается через 7...8 ч.

В течение 10 - 15 суток после устройства поверхностной обработки скорость движения ограничивается до 30...40 км/ч. Это связано с тем, что при движении автомобилей происходит окончательное уплотнение и формирование дорожного покрытия.

Самым опасным оказывается появление свободных щебенки, вырываемых автомобилями, проезжающими с большой скоростью. Отлетающие щебенки могут попасть в ветровое стекло. Поэтому необходимо строго контролировать выполнение водителями введенного ограничения скорости движения. Особенно важно это в холодную погоду, когда вероятность вырывания щебенки наибольшая.

Резкое снижение коэффициента сцепления наблюдается в осенне-зимний и ранневесенний периоды при образовании на поверхности дорожного покрытия гололеда.

Ухудшение состояния дорожного покрытия приводит к резкому увеличению тормозного пути.

Для борьбы с зимней скользкостью дорожного покрытия применяются разные методы. Наиболее широко используется россыпь песка с размером частиц 0,2...5 мм, имеющих кубическую форму и острые грани. Могут применяться также топливные дробленые металлургические шлаки, высевки и др. Для предупреждения смораживания частиц песка, предупреждения сбрасывания его с дорожного покрытия автомобилями и сдувания ветром добавляют гигроскопические соли (хлорид натрия или хлорид кальция). Расход соли 30...40 кг на 1 м³ песка. Такая смесь песка с солью хорошо удерживается на проезжей части.

Радикальным методом борьбы с зимней скользкостью является предотвращение образования на дорожном покрытии корки снега и льда или полное ее удаление. С этой целью в ряде стран широко применяют растворы солей. Однако существует мнение об их вредном влиянии на окружающую природную среду и ускорение коррозии кузова автомобиля.

Обогрев дорожного покрытия является наиболее энергоемким и дорогостоящим методом удаления льда, поэтому его применяют обычно на городских дорогах (на путепроводах, эстакадах, где раньше появляется гололед).

В Швейцарии предложен новый материал Verglimit, препятствующий образованию гололеда. Этот материал выпускается в виде многослойных гранул, которые в количестве 5...6 % по массе добавляют в асфальтобе-

тонную смесь. Размер гранул до 5 мм. В каждой грануле имеется хлорид кальция.

Под действием колес проходящих автомобилей происходит истирание гранул и высвобождение хлорида кальция, который препятствует появлению корки льда на дорожном покрытии.

Материал может быть применен только при интенсивности движения не менее 5 000 авт./сутки и износе дорожного покрытия примерно 1 мм/год. На бетонном покрытии материал Verglimit не дает эффекта. Этот материал особенно эффективен с точки зрения охраны окружающей природной среды, так как количество хлорида кальция, приходящегося на единицу площади, значительно меньше, чем при использовании других методов борьбы со скользкостью, а, следовательно, и меньше его влияние на окружающую природную среду.

Очень эффективным и экономичным является противогололедный реагент, не оказывающий коррозионного воздействия на кузов автомобиля.

Во многих странах для повышения сцепления при движении по обледенелому дорожному покрытию применяют шины с шипами. Однако после нескольких лет эксплуатации большинством стран принято решение о запрете широкого применения таких шин, так как ими были вызваны серьезные разрушения дорожных покрытий. Применение шин с шипами разрешено только на автомобилях скорой медицинской помощи и специальных автомобилях.

Контрольные вопросы

1. Кем и как осуществляется охрана автомобильных дорог общего пользования от повреждения?
2. Почему в весенний период на некоторых дорогах вводится ограничение движения транспортных средств?
3. Какие мероприятия проводят по предупреждению заносимости дороги снегом?
4. Как повысить сцепные качества дорожного покрытия?
5. Какие методы борьбы со скользкостью применяют в осенне-зимний и ранневесенний периоды?
6. Как обеспечить поддержание высоких транспортных качеств дорог в период интенсивных перевозок?
7. Какое влияние оказывает уровень удобства движения на вид возможных дорожно-транспортных происшествий?
8. Какая взаимосвязь существует между уровнями удобства и средствами регулирования движения?
9. В чем заключается выборочное улучшение условий движения?
10. В чем заключается поэтапное улучшение условий движения?
11. Какие исследования проводят при оценке охраны окружающей среды и природных ресурсов?
12. Как оценивается уровень транспортного шума и уровень загазованности воздуха отработавшими газами двигателей транспортных средств?
13. Что представляет собой геоинформационная система?
14. Какие геоинформационные системы существуют?
15. Что понимается под слоями электронной карты геоинформационной системы?

Антон Алексеевич Хохлов
Алексей Леонидович Хохлов
Ильмас Рифкатович Салахутдинов

КОНСТРУКЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА:

краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 159 с.